

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

3052

WALTON



KENNT JHR EUER SCHIFF?

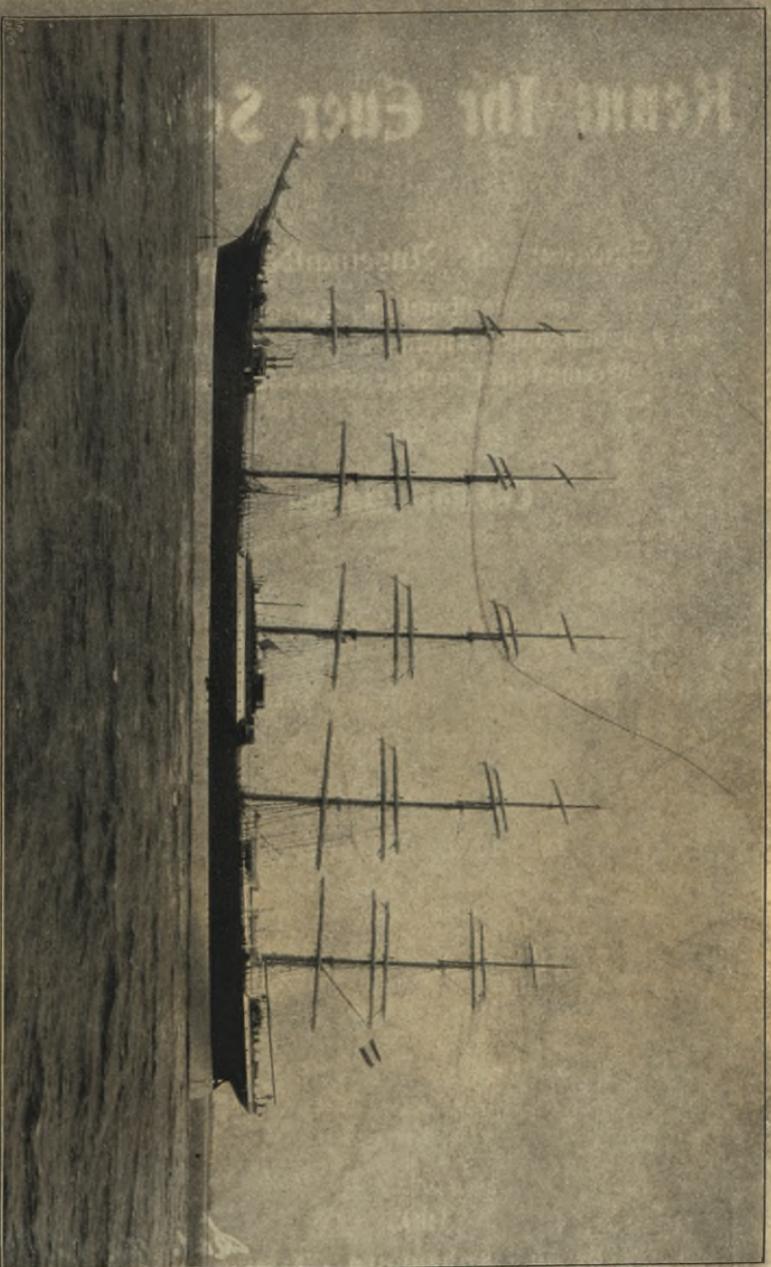
Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297536



X
515



Erbauer: Joh. G. Seefenberg, Wesfahlende.

Größe: Brutto Reg. Tonn . . . 5081
 Netto . . . 4765
 Tragfähigkeit: Tonn . . . 8000

Fünfmast-Dampfschiff „Preußen“

1902.

Bauort: N. Laeisz, Hamburg.

Ganze Länge 437'
 Länge in der Registerlinie . . . 400'
 Breite über Spanten 53'6"
 Tiefe: Kiel bis Deck 33'8"

Kennt Ihr Euer Schiff?

Eine einfache Auseinandersetzung

über Stabilität, Trim, Konstruktion, Tonnage und Freibord der
Schiffe, nebst vollständiger Ausführung der gewöhnlichen Schiffs-
berechnungen nach gegebenen Plänen

von

Thomas Walton,

Schiffbau-Ingenieur, zuletzt Lehrer des Schiffbaues an der Königl. Navigationsschule in Leith.

Autorisierte Uebersetzung nach der sechsten Auflage des
englischen Originals

von

Kapt. C. Fesefeld,

Großherzogl. Oldenburg. Navigationslehrer in Esbstedt, Mitglied des Kaiserl. Obersekamts
und der Kaiserl. Technischen Kommission für Seeschifffahrt.



1903.

— Berlin · Oldenburg · Leipzig —

Druck und Verlag von Gerhard Stalling.

Tab. Nr. 129.

12044
1936

462.370

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

II 3052

Akc. Nr. 2652/49

Vorrede des Verfassers zur ersten Auflage.

Die Erfahrung ist ein ausgezeichnete Lehrmeister, nur ist ihr Lehrgang oft ein sehr langsamer. Im Laufe der Zeit wird ein Seemann mit ihrer Hülfe ansehnliche Kenntnisse davon erwerben, wie sich sein Schiff unter verschiedenen Umständen benimmt und bewährt — welches seine Stärke, seine Tragfähigkeit, seine Stabilität, also kurz gesagt, seine Eigenschaften auf See sind.

Diese Art und Weise, Kenntnisse zu erlangen, ist indessen heutzutage für den intelligenten Seemann weitaus zu kostspielig. Er weiß, daß manches gute Schiff und was schlimmer ist, viele kostbare Menschenleben verloren gegangen sind, ehe solche Kenntnisse erlangt werden konnten und alles aus purer — obwohl man nicht sagen kann, starrsinnig festgehaltener Unkenntnis.

Was die Stabilität anbelangt, so ist hervorgehoben worden, daß es nutzlos sei, den Kapitän mit Stabilitätskurven auszurüsten, denn er verstehe sie nicht und wenn er sie auch verstehe, so würden sie doch wenig Zweck haben, da er nur die Angabe gewisser Bedingungen beim Laden brauche, über welche er nicht hinausgehen dürfe, ohne sein Schiff zu gefährden. Dies ist alles in seiner Weise recht schön und gut, aber warum versteht der Kapitän keine Stabilitätskurven, oder im allgemeinen gesprochen, so wenig über Stabilität? Liegt die Antwort nicht darin, daß bislang sehr wenig gethan worden ist, um dem Seemann die Mittel an die Hand zu geben, derartig wichtige Kenntnisse zu erlangen? Außerdem muß man, wenn die Kurven auch wenig Wert haben und eine allgemeine Angabe der für die Sicherheit des Schiffes notwendigen Bedingungen genügt, doch der Intelligenz unserer Seeleute Rechnung tragen. Er soll nicht maschinenmäßig sein Schiff lenken, unfähig zu begreifen, was sich doch verhältnismäßig einfach auseinander setzen läßt. Andererseits muß man nicht denken, daß lange Erfahrung im Navigieren notwendigerweise die Fähigkeit mit sich bringt, ein Schiff unter allen Umständen so zu beladen, daß dasselbe gute See-Eigenschaften hat. Die Unwissenheit, welche oft beim Beladen und Ballasten zu Tage tritt, und die Verluste, welche aus diesem Grunde entstehen, beweisen häufig das

Gegenteil. Es herrscht vielfach die Meinung, daß tüchtige, schätzenswerte und lehrreiche Schriften und Vorträge über wichtige Gegenstände des Schiffswesens nur Interesse für Schiffsbau-Konstrukteure und Experten haben, während sie für den Seemann entweder überflüssig sind, oder wenigstens bei solcher Art der Belehrung kein Interesse bieten. Eine verkehrtere und weniger berechnete Meinung giebt es wohl kaum. Da die Stabilität eines Schiffes so sehr von der Beladung abhängig ist und die Schiffsoffiziere das Stauen der Ladung in erster Linie zu beaufsichtigen haben, so ist die Wichtigkeit einer vernünftigen Kenntniß der Stabilität augenscheinlich.

Und ist es nicht eine Thatsache, daß der mit solchen Kenntnissen ausgerüstete Schiffsoffizier imstande sein wird, dem Schiffsbau-Konstrukteur manche nützliche Winke zu geben über das Verhalten seines Schiffes und dessen Fähigkeiten bei jedem Wetter und mit den verschiedensten Ladungen, und würden nicht diese Angaben für die Konstruktion neuer Schiffe von sehr großem Wert sein? Hierdurch würde der Konstrukteur, welcher meistens nach einer kurzen Probefahrt unter den günstigsten Umständen nichts weiter von dem Schiffe sieht, besser in der Lage sein, ein Schiff zu bauen, welches den an dasselbe zu stellenden Anforderungen vollkommener entspräche.

Daß dies in der That der Fall ist, wird durch die Thatsache bewiesen, daß einige hervorragende Schiffbau-Firmen alles, was in ihrer Macht steht, thun, um die Kapitäne zu veranlassen, ihnen jede mögliche Auskunft über das Verhalten und die Leistungen der von ihnen gebauten Schiffe zu geben.

Die denkbar beste Methode, den Seeleuten diese Art von Kenntnissen zu erteilen, ist diejenige, daß öffentliche Vorträge gehalten und durch Zeichnungen und Experimente erläutert werden.

Während der letzten Jahre hat der Verfasser an der Königlichen Navigationschule in Leith Kurse gehalten, welche speziell für Seeleute bestimmt waren. Der Eifer und der Enthusiasmus, mit welchem dieser Unterricht aufgenommen wurde, zeigte deutlich, daß die Seeleute sich seiner Wichtigkeit voll bewußt sind und seinen Werth schätzen und verstehen.

Die ausführliche Diskussion, welche oft den Vorträgen folgte, brachte häufig neue Gesichtspunkte in Verbindung mit persönlicher Erfahrung zu Tage und bewies vollkommen, daß Seeleute keine Faustregel zu ihrer Richtschnur zu nehmen brauchen, sondern daß eine gründliche Erfassung der leitenden Grundsätze erforderlich ist. — Hierdurch und durch das wiederholte Ersuchen, diese Vorträge zu veröffentlichen, wurde der Verfasser zur Herausgabe des vorliegenden Buches veranlaßt. Die alte Methode „mit dem Anfange anzufangen“ ist als die verlässlichste gewählt und der Grundsatz befolgt worden, möglichst viel in möglichst knapper und verständlicher Form zu geben. Der Ausdruck ist derart, daß er von jedem Seemann verstanden

werden wird und mühsamer mathematischer Formeln möglichst entkleidet; auch wird durch den niedrigen Preis die Anschaffung jedem Seemann, auch mit noch so beschränkten Mitteln, ermöglicht.

Wir glauben, daß die Herausgabe dieses Buches keiner Rechtfertigung bedarf, denn obgleich die vortrefflichen Werke von Sir E. J. Reed und Sir W. S. White für die Bedürfnisse der Schiffbauer und Konstrukteure vorzüglich geeignet sind, ist bislang kein Versuch gemacht worden, dem Standpunkt der Seeleute Rechnung zu tragen.

Ferner hoffen wir, daß die Kapitel über Schiffbau, Tonnage und Freibord, welche während sie für Seeleute interessant und wichtig sind, gleichzeitig das Buch auch Schiffskreedern, Inspektoren und anderen Interessenten des Seewesens annehmbar erscheinen lassen werden.

Der Verfasser ist besonders den Herren W. Denny & Brothers, Dumbarton, Herren J. L. Thompson & Sons, Sunderland, Herren Ramage & Ferguson Ltd., Leith, für die Erlaubnis aufrichtigen Dank schuldig, die Stabilitätskurven bei ihnen gebauter Schiffe zu benutzen; ferner auch Herrn J. Volam, Direktor der Königlich-navigationschule in Leith, für die freundliche Teilnahme und das Interesse, welches derselbe der Ausarbeitung des Buches entgegengebracht hat.

Ratschläge und Mitteilungen, besonders von Schiffsoffizieren und anderen die den Wunsch hegen, zur Förderung dieses Zweiges der Nautik beizutragen, werden gern entgegengenommen und in einer weiteren Auflage, falls eine solche nötig sein sollte, nach Möglichkeit verwertet werden.

Leith, März 1896.

Vorrede zur vierten Auflage.

Während der drei Jahre, welche seit dem Erscheinen der ersten Auflage verfloßen sind, erhielt der Verfasser zahlreiche Antworten auf seine damalige Aufforderung zu „Vorschlägen und Mitteilungen“. Diese Antworten kamen von Kapitänen, Schiffs-Offizieren, Ingenieuren und solchen jungen Leuten, welche auf Werften den Schiffbau praktisch erlernen.

Obgleich es zuerst beabsichtigt war, die etwas mühsamen Berechnungen über Deplazement, Trägheitsmoment, Stabilitätsmoment u. weg zu lassen, so haben die erhaltenen Mitteilungen doch zur Genüge bewiesen, daß derartige Berechnungen einem großen Teil unserer Leser als wertvolle Zugabe zu diesem Buche willkommen sein werden.

Der Verfasser war angenehm überrascht, als er entdeckte, daß viele Seeleute nicht damit zufrieden sind, die Resultate von Berechnungen zu kennen und zu gebrauchen, sondern daß sie auch begierig sind zu erfahren und zu verstehen, auf welche Weise man zu diesen Resultaten gelangt. Es läßt sich ja nicht leugnen, daß einige mathematische Kenntnisse erforderlich sind, um schwierigere Probleme lösen zu können; indessen wird man mit Hilfe der einleitenden Rechnungen des zehnten Kapitels die später folgenden wirklichen Schiffs-Berechnungen, wofür die nötigen Zeichnungen gegeben sind, besser verfolgen und verstehen können.

Beträchtliche Zusätze sind in dem dritten Kapitel, das den Druck des Wassers behandelt, hinzugekommen; ebenso in dem sechsten Kapitel, über Wasserballast, das durch verschiedene neue Diagramme erläutert ist. Das siebente Kapitel (Trim) ist ganz neu hinzugefügt und wird hoffentlich den Wünschen derjenigen von unsern Lesern genügen, auf deren Vorschläge hin es aufgenommen wurde. Das Kapitel wurde in Form einer Abhandlung der Shipmasters Society in London im März 1898 vorgelegt und es trat dort wiederholt der Wunsch zu Tage, daß es in „Know your own ship“ einen Platz finden möge.

Die andern Abschnitte des Buches sind revidiert und möglichst auf den heutigen Stand der Kenntnisse gebracht worden.

Weitere Details über Schiffbau wird man in dem ergänzenden Werke „Construction and Maintenance of Steel Ships“ finden, welches der Verfasser auf besonderen Wunsch der Verleger bearbeitet.

Der Verfasser giebt sich der Hoffnung hin, daß das Buch in seiner erweiterten und verbesserten Gestalt denselben herzlichen Empfang finden möge, welcher für dessen Auflagen in den letzten drei Jahren bezeichnend ist.

London, im April 1899.

Vorrede des Übersetzers.

Den Worten des Verfassers hat der Übersetzer nur hinzuzufügen, daß auch in Deutschland bis jetzt kein Werk existiert, aus dem sich der Seemann über die ihn interessierenden Fragen des Schiffbaus, der Stabilität u. s. w. ohne besonderes mühevolltes Studium unterrichten könnte und es scheint daher eine deutsche Ausgabe des ungemein klar und verständlich geschriebenen und in England zu allgemeiner Beliebtheit gelangten Buches von Wert zu sein, da abgesehen von der Schwierigkeit der fremden Sprache auch gewisse nationale Eigentümlichkeiten in der englischen Redaktion hervortreten, die auf den deutschen Leser störend und hemmend wirken und die der Übersetzer nach Möglichkeit zu beseitigen gesucht hat.

Ich glaube mich daher der Hoffnung hingeben zu können, daß das Buch in der vorliegenden Form namentlich meinen Kollegen und auch solchen Personen, die sich für die Sache im allgemeinen interessieren, willkommen sein wird.

Bei den Dimensionen und Berechnungen habe ich das englische Maß beibehalten, einmal weil die Text-Figuren beibehalten worden sind und ferner auch, weil die meisten Seeleute noch immer mit engl. Fuß rechnen; ebenso wie man Länge, Breite, Tiefe und Tiefgang auch auf deutschen Schiffen noch gewöhnlich nach englischen Maßen anzugeben pflegt. Für solche Leser, welche eine Umrechnung in Meter wünschen, habe ich im Anhange eine Tafel für die Umrechnung von engl. Fuß in Meter und umgekehrt eingeschaltet. Das Beispiel auf der zweiten Seite ist nach dieser Tafel umgerechnet.

Im allgemeinen ist das englische Original dem Inhalte nach getreu wiedergegeben und es ist nur an einzelnen Stellen durch Anmerkungen ergänzt worden und, wo eine Unklarheit entstehen konnte, hat der Übersetzer sich gestattet, die Darstellung so abzuändern, daß ein Mißverständnis ausgeschlossen wird.

Hinzugefügt ist ein Anhang über die Klassifikation der Schiffe, sowie über periodische Besichtigungen; dafür sind die im Originale

enthaltenen Probefragen (Test questions) fortgelassen, da sie den Gepflogenheiten deutscher Lehrbücher nicht entsprechen.

Für die Durchsicht des Manuskriptes und das Interesse, welches sie dem Buche entgegengebracht haben, spreche ich meinen verehrten hiesigen Kollegen, den Herren Oberlehrer Preuß und Dr. Timmerding, sowie dem Herrn Oberlehrer Grabowski vom Technikum in Bremen meinen verbindlichsten Dank aus

Meinem geschätzten Herrn Verleger bin ich für die schöne typographische Ausstattung, welche er dem Buche hat zu teil werden lassen, ebenfalls zu vielem Danke verpflichtet.

Elisbeth, im Dezember 1902.

Tonnage-Berechnungen bei wirklichen Schiffen — Segelschiffe — Suez-Kanal Tonnage — Tonnage bei Yachten . . .	249—261
Neuntes Kapitel. — Freibord.	
Definition — Methode der Bestimmung des Freibords — Typ des Schiffes — Wesen der Verringerung und der Ver- mehrung des Freibords — Freibord-Berechnungen für ver- schiedene Schiffstypen	262—277
Tafel der natürlichen Sinus, Kotangenten u. s. w.	278—280
Zehntes Kapitel (Erster Abschnitt). — Berechnungen.	
Nützliche Tabellen und Regeln — Gewichtsberechnung einer Stahlplatte — Stütze — Hohlstütze — Inhalt eines Wasser- tanks — Inhalt eines Kohlenbunkers — Displacement und „Tons pr. Zoll“ eines rechteckigen Leichters — Die drei Simpson'schen Regeln und graphische Erklärung derselben — Berechnung des Areal's eines Decks oder einer Schwimmbene — „Tons pr. Zoll“ Eintauchung der Schwimmbene eines Schiffes — Displacement eines Schiffes — Schwerpunkt einer Schwimmbene, longitudinal und transversal — Displacements- schwerpunkt, vertikal und longitudinal — Trägheitsmoment — Quer-Metacentrum über Displacementschwerpunkt — System- schwerpunkt — Longitudinales Metacentrum über Displace- mentschwerpunkt — Trimänderung — Areal des Querschnitts, körperlicher Inhalt und Schwerpunkt eines Ein- oder Aus- tauchungssteils — Segel-Systemschwerpunkt	281—310
Zehntes Kapitel (Zweiter Abschnitt). — Eine Reihe von Schiffs-Berechnungen nach wirklichen Rissen.	
Displacement — Longitudinaler Displacementschwerpunkt — Vertikaler Displacementschwerpunkt — Transversales Meta- centrum über Displacementschwerpunkt nach zwei Methoden berechnet — „Tons pr. Zoll“-Eintauchung — Eingetauchte Oberfläche und Displacement der Außenhaut — Longitudinales Metacentrum über Displacementschwerpunkt — Resultate von Kurven-Berechnungen — Stabilitäts-Berechnung	311—334
Anhang A.	
Dynamische Stabilität und Schlingerbewegung im Seegange	335—339
Anhang B.	
Einige Bemerkungen über Klassifikation von Schiffen	340
Anhang C.	
Englische Fuß und Meter	356
Alphabetisches Inhaltsverzeichnis	357

Kennt Ihr Euer Schiff?

Erstes Kapitel.

Displacement und Ladefähigkeit an Schwergut.

Inhalt: Displacement — Displacementskurven — Schwergutskala — „Tons pr. Zoll“-Eintauchung — Beispiele von praktischer Anwendung der „Tons pr. Zoll“-Eintauchungskurve — Displacementskoeffizienten.

„Displacement“, „Ladefähigkeit an Schwergut“ und „Tonnengehalt“ sind oft gehörte Ausdrücke, und werden namentlich von solchen Personen angewandt, welche mit Schiffen und Schifffahrt in irgend welcher Form zu thun haben; indessen werden dieselben nicht immer genau verstanden. Wir wollen unsere Aufmerksamkeit vorerst den beiden ersten — Displacement und Ladefähigkeit an Schwergut — zuwenden. Der letzte Ausdruck — Tonnengehalt — bedeutet einen Gegenstand, welcher, obgleich einfach in seinem Charakter, doch von größerer Ausdehnung ist; deshalb wollen wir ihm später ein besonderes Kapitel widmen.

Displacement. Jeder im Wasser schwimmende Körper verdrängt eine bestimmte Menge desselben und das Gewicht dieses verdrängten Wassers ist gleich dem Gewicht des Körpers. Displacement bedeutet etwas von seinem Platz Verdrängtes und im technischen Sinne, in welchem es auf Schiffe oder andere schwimmende Körper angewandt wird, die Verdrängung des Wassers durch gänzliche oder teilweise Eintauchung eines in dasselbe gesetzten Körpers. Die Menge des verdrängten Wassers kann in Kubikfuß, Kubikmeter oder Tons angegeben werden und das Gewicht desselben wird einfach Displacement genannt. Von diesem Begriffe kann man sich am besten eine

Vorstellung machen, indem man annimmt, ein Tank sei bis zum Rande mit Wasser gefüllt; dann setze man ein kastenförmig gestaltetes Schiff hinein, das 3 Fuß lang, 2 Fuß breit und 2 Fuß tief ist; dieses soll einen Fuß sinken. Es ist augenscheinlich, daß jetzt ein Teil des Wassers aus dem Tank abfließen muß. Hat man nun einen größeren Behälter zum Auffangen des Wassers unter den Tank

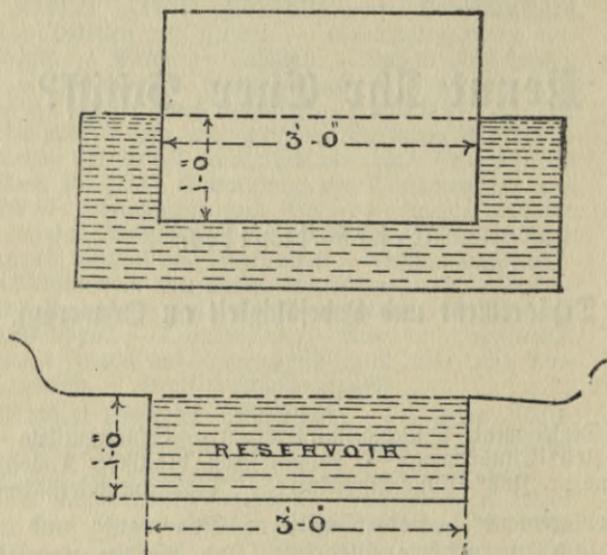


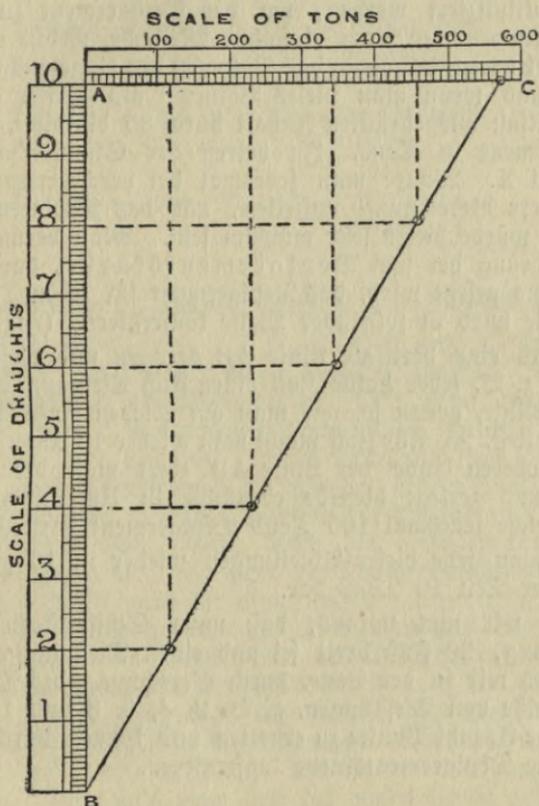
Fig. 1. — Displacement.

gestellt und diesen Behälter mit einem Reservoir versehen, das 3 Fuß lang, 2 Fuß breit und 1 Fuß tief ist (also dieselben Dimensionen, wie der eingetauchte Teil des Schiffes, hat), so wird man finden, daß, sobald das Überfließen des Tanks aufhört, das Reservoir ganz gefüllt ist. Dadurch ist bewiesen, daß das verdrängte Wasser genau gleich dem Volumen (körperlichen Inhalt) des eingetauchten Schiffskörpers ist. Könnte man das Schiff auf die eine Wagschale einer Wage bringen und das verdrängte Wasser auf die andere, so würde man finden, daß die Wage im Gleichgewicht ist. Einfacher findet man das Displacement durch Rechnung.

Ein Kubf. (engl.) Seewasser wiegt 64 Pfd. (engl.), mithin wiegen 35 Kubf. eine Tonne. Multiplizieren wir Länge, Breite und Tiefgang des obigen Schiffes, so erhalten wir $3 \cdot 2 \cdot 1 = 6$ Kubf., welche $64 \cdot 6 = 384$ Pfd. wiegen und so das Gewicht des Schiffes in seinem derzeitigen Zustande darstellen.

Würde man nun ein unbekanntes Gewicht in das Schiff setzen, wodurch der Tiefgang auf $1\frac{1}{3}$ Fuß gebracht würde, so wäre das Deplacement $3 \cdot 2 \cdot 1\frac{1}{3} = 9$ Kubf. = $64 \cdot 9 = 576$ Pfd. Da das Deplacement des leeren Schiffes aber 384 Pfd. war, so muß das eingenommene Gewicht = 192 Pfd. sein.*)

Hat man mit schwimmenden Körpern von anderer Form, also z. B. mit wirklichen Schiffen zu thun, so kann man wegen der ver-



Scale of Draughts = Tiefgang-Stafa. Scale of Tons = Tonnen-Stafa.

Fig. 2. — Deplacementskurve.

schiedenen Form nicht dieselbe Methode anwenden, um das Deplacement zu ermitteln, obgleich der Grundsatz, daß das Gewicht des verdrängten Wassers gleich dem Totalgewicht des Schiffes ist, derselbe bleibt.

*) Für die Umrechnung in Meter beachte man, daß 1 Kubikmeter Frischwasser = 1 Tonne von 1000 kg ist; ferner ist das mittlere spezifische Gewicht des Seewassers = 1,025 und schließlich ist ein Ton von 2240 Pfd. engl. = 1016 kg. Anmerk. d. Übersetzers.

Diese wichtige Thatsache ist selbstverständlich sowohl für Schiffsbauer als auch für Schiffszeeber von großem Wert; denn sollte man das Totalgewicht des Schiffes finden, indem man alle einzelnen Teile (Kumpf, Maschinen, Kessel, Masten etc.) besonders abschätzte und dann zusammenzählte, so würde dieses, abgesehen von großen Fehlern, eine höchst langwierige Arbeit sein.

Länge, Breite und Tiefgang eines Schiffes können nicht miteinander multipliziert werden, um das Displacement zu ermitteln; aber durch Anwendung einer einfachen Methode, welche man Simpson'sche Regel nennt, kann man das Volumen des eingetauchten Schiffes bestimmen und wenn man dieses Volumen als Wasser ansieht und den in Kubikfuß ausgedrückten Inhalt durch 35 dividirt, erhält man das Displacement in Tons. In betreff der Simpson'schen Regeln siehe Kapitel X. Wollte man jedesmal bei verändertem Tiefgange eine besondere Berechnung anstellen, um das Displacement zu bestimmen, so würde dieses sehr mühsam sein. Man vermeidet solches durch Einführung der sog. Displacementskurve, durch die man in den Stand gesetzt wird, das Displacement für jeden Tiefgang abzulesen. Sie wird in folgender Weise konstruirt. (Fig. 2.)

Es wird eine vertikale Linie AB gezogen und dieselbe so eingeteilt, daß z. B. jeder halbe Zoll einen Fuß Tiefgang bedeutet, bis zur Tiefadellinie, genau so, wie man am Steven eines Schiffes den Tiefgang abliest. — Für Zoll macht man wieder 12 Unterabteilungen. Von dem oberen Ende der Linie AB zieht man die horizontale Linie AC und zerlegt dieselbe ebenfalls in Unterabteilungen von $\frac{1}{2}$ Zoll, welche jedesmal 100 Tons Displacement darstellen.

Teilt man jede dieser Abteilungen wieder in 10 gleiche Teile, so stellt jeder Teil 10 Tons dar.

Setzen wir nun voraus, daß unser Schiff Kastenform hat: 100 Fuß lang, 20 Fuß breit sei und einen Tiefgang von 10 Fuß habe, so sind wir in der Lage, durch Berechnung des Displacements für eine Reihe von Tiefgängen, z. B. 2, 4, 6, 8 und 10 Fuß, eine entsprechende Anzahl Punkte zu erhalten und können durch Verbinden derselben die Displacementskurve konstruieren.

Um engl. Fuß in Meter oder Meter in engl. Fuß zu verwandeln, kann man sich der Tafel im Anhang bedienen, welche den Nautischen Tafeln des Direktors der Großherzoglich. Navigationschule in Elsfleth, Herrn Dr. Behrmann, entlehnt ist.

Um nun das Displacement des vorstehenden Schiffes nach metrischem Maße zu berechnen, hätte man

3 Fuß \cdot 2 Fuß \cdot 1 Fuß = 0,914 Meter \cdot 0,61 Meter \cdot 0,305 Meter = 0,17005 Kubikmeter
 = 170,05 kg für frisches Wasser,
 = 170,05 \cdot 1,025 = 174,3 kg für Salzwasser.

Probe.

$$174,3 \text{ kg} = \frac{174,3 \cdot 2240}{1016} = 384 \text{ Pfd. engl.}$$

Auf diese Weise lassen sich alle Rechnungen in dem vorliegenden Buche auf metrisches Maß zurückführen, falls solches gewünscht wird. Anmerk. des Übersetzers.

Das Displacement ist bei

2' Tiefgang = 100 · 20 · 2 = 4000 Kubf.	$\frac{4000}{35} = 114,2$ Tons
4' Tiefgang = 100 · 20 · 4 = 8000 Kubf.	$\frac{8000}{35} = 228,5$ Tons
6' Tiefgang = 100 · 20 · 6 = 12 000 Kubf.	$\frac{12\ 000}{35} = 342,8$ Tons
8' Tiefgang = 100 · 20 · 8 = 16 000 Kubf.	$\frac{16\ 000}{35} = 457,1$ Tons
10' Tiefgang = 100 · 20 · 10 = 20 000 Kubf.	$\frac{20\ 000}{35} = 571,4$ Tons.

Um die Kurve zu zeichnen, verfährt man folgendermaßen:

Durch die Merkzeichen für 2, 4, 6, 8 und 10 Fuß Tiefgang auf der Skala zieht man Linien parallel zu A C. Nun ist das Displacement für 2 Fuß Tiefgang = 114,2 Tons gefunden. Von dem Punkte in der horizontalen Tonnenkala, welcher 114,2 Tons darstellt, fälle man ein Lot. Der Schnittpunkt des Lotes mit der zuerst gezogenen Parallelen giebt uns den ersten Punkt der Kurve. Nun wiederholt man dieselbe Operation für die andern Displacements in deren Wasserlinien. Eine durch die verschiedenen erhaltenen Schnittpunkte gezogene Linie giebt die Displacementskurve. Für ein kastenförmiges Schiff wird die Linie, wie die Figur zeigt, eine grade. Wenn man die Kurve gezogen hat, kann man das Displacement für jede andere Wasserlinie zwischen Kiel und Tiefadellinie ablesen. Die Displacementskurve für ein wirkliches Schiff wird in derselben Weise konstruiert. Fig. 3 zeigt uns eine solche. Die Tiefadellinie ist in diesem Falle 14 Fuß über der Unterkante des Kiels und zeigt ein Displacement von 1400 Tons an. Der mittlere Tiefgang des leeren Schiffes ist 7 Fuß und man liest bei dieser Stelle auf der Kurve 550 Tons Displacement ab. Folglich kann das Schiff an Schwergut 1400 — 550 = 850 Tons laden. Wir wollen die Sache noch etwas weiter verfolgen. Das Gewicht des ganzen Schiffes mit mehr oder weniger Ladung und bei größerem oder geringerem Tiefgang ist gleich dem Displacement bei diesem Tiefgang. Ladefähigkeit an Schwergut bedeutet nun Tragfähigkeit exkl. des Gewichtes des leeren Schiffes nebst Ausrüstung. Man versteht also darunter Ladung und Bunkerkohlen. Die Tragfähigkeit eines Schiffes für einen gegebenen Tiefgang ist

Freibord.
Schwergut.
Tiefgang.
Displacement.

7	6	5	4	3	2	1
DISPLACEMENT	1000	12000	11000	10000	9000	8000
DRACHT	15	12	11	10	9	8
DEADWEIGHT	1000	12000	11000	10000	9000	8000
FREIGHT	1	2	3	4	5	6

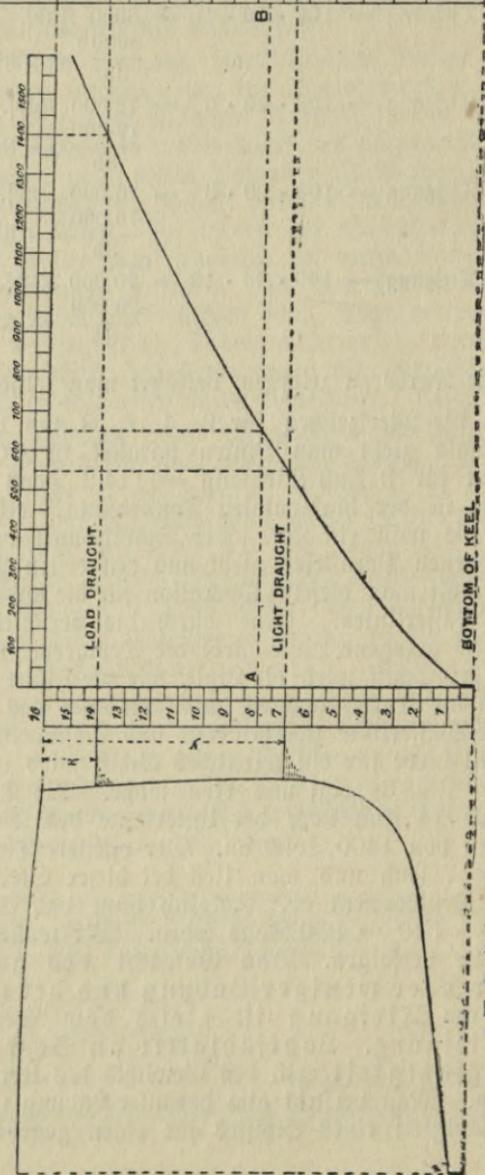


Fig. 3. — Displacementskurve.
x = Weinglatter Freibord 2 Fuß 0 Zoll.
Bottom of Keel = Unterflanke des Kiels.

Fig. 4. — Vertikale Displacements- und Schwergutskurve.
y = Freibord (unbeladen) 9 Fuß 0 Zoll.
Light Draught = Leichter Tiefgang.
Load Draught = Geladener Tiefgang.

daher der Unterschied zwischen dem Deplacement des leeren Schiffes und demjenigen bei dem gegebenen Tiefgang.

Aus der Deplacementskurve kann man eine noch einfachere Methode ableiten, das Deplacement zu finden. Diese Methode ist namentlich für Offiziere von Handelsschiffen von Vorteil.

Die Figuren 3 und 4 stellen die vertikale Deplacementskala dar, womit gewöhnlich eine Schwergutskala (Lastenmaßstab) verbunden ist.

Die zweite Kolumne (Reihe) ist eine Skala von Tiefgängen, welche genau den Tiefgängen der Deplacementskurve entspricht. Die Kolumne I giebt die Deplacements an, welche den gegenüberstehenden Tiefgängen entsprechen und die Werte sind dieselben wie die der Kurve, indem die Kolumne aus der Kurve abgeleitet ist. Man ziehe z. B. eine horizontale Linie AB von der Deplacementskurve nach der vertikalen Skala bei, sagen wir 8 Fuß Tiefgang. Die Ablegung der Kurve giebt 655 Tons, also dasselbe, wie bei der vertikalen Skala. Kolumne III ist eine Schwergutskala oder ein Lastenmaßstab. Wie schon angegeben, ist Tragfähigkeit an Schwergut der Unterschied zwischen dem Deplacement bei einem gegebenen Tiefgang und dem Gewicht oder Deplacement des leeren Schiffes.

Im obigen Falle hat das leere Schiff einen Tiefgang von 7 Fuß, welcher 550 Tons der Deplacementskala entspricht, dagegen finden wir quer davon auf der Skala für Ladefähigkeit an Schwergut die Zahl 0.

Der Unterschied der Deplacements beim leeren Schiff und bei 1 Fuß größerem Tiefgang wird gleich der Ladefähigkeit an Schwergut bei diesem Tiefgange sein.

Kolumne IV stellt die Auswässerung (Freibord) dar. Näheres über diesen Gegenstand wird man in Kapitel IX finden. Für jetzt mag es genügen hervorzuheben, daß Freibord den Abstand von der Oberkante des Oberdeckes an der Seite auf der halben Länge des Schiffes bis zur Wasserlinie bedeutet. In unserm Falle war der kleinste Freibord (die kleinste Auswässerung) 2 Fuß.

Auf solche Weise kann der Schiffs-offizier mittelst der vertikalen Skala auf einen Blick das ganze Deplacement — das im Schiffe befindliche Schwergut und den dazu gehörigen Freibord — bei jedem Tiefgange ablesen.

„Tons per Zoll Eintauchung.“ Es läßt sich noch eine andere, sehr nützliche Kurve, welche auch mit dem Deplacement in Zusammenhang steht, konstruieren; nämlich die „Tons per Zoll“-Kurve. Unter „Tons per Zoll“ versteht man die Anzahl Tons, welche geladen oder gelöscht werden müssen, um den mittleren Tiefgang einen Zoll zu vermehren oder zu verringern.

Deshalb bedeutet der Ausdruck „Tons per Zoll“ eigentlich Deplacement per Zoll. Man findet dessen Wert, wenn man das

Displacement für einen Fuß des gegebenen Tiefgangs berechnet und das Resultat durch 12 dividiert.

Dieses ist die Zu- oder Abnahme des Displacements für einen Zoll Änderung im Tiefgang oder „Tons per Zoll“.

Das Areal der Wasserlinie wird zuerst berechnet, und wenn man diese als einen Fuß tief annimmt, so sind dadurch gleich die Quadratfuß in Kubikfuß verwandelt. Teilt man die erhaltenen Kubikfuß durch 35, so erhält man die Anzahl Tons per Fuß und indem man weiter durch 12 teilt, erhält man die „Tons per Zoll“.

Man kann diese Rechnung auf folgende Weise in eine Formel fassen:

$$\frac{\text{Fläche i. d. Wasserlinie}}{35 \cdot 12} = \frac{\text{Fläche i. d. Wl.}}{420} = \text{Tons per Zoll.}$$

Die „Tons per Zoll“ für das Kastenschiff, für welches wir die Displacementskurve (Fig. 2) konstruiert haben, würde sein:

$$\begin{aligned} 100 \cdot 20 &= 2000 \text{ Quadratfuß Wasserlinienfläche} \\ 2000 \cdot 1 &= 2000 \text{ Kubikfuß Displacement} \\ \frac{2000}{420} &= 4,7 \text{ Tons per Zoll.} \end{aligned}$$

Weil der horizontale Querschnitt des Kastenschiffes sich nicht ändert, müssen die Tons per Zoll bei jedem Tiefgang dieselben bleiben und macht dieser Umstand die Konstruktion einer Kurve unnötig.

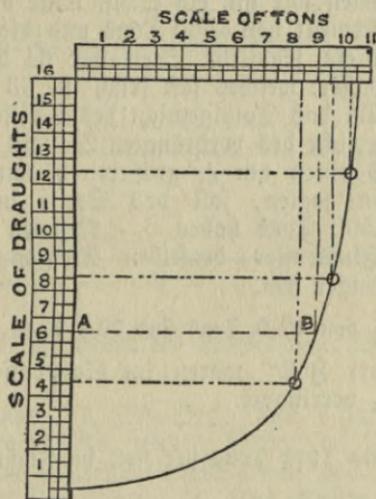
Bei einem wirklichen Schiffe ist Ähnliches nicht der Fall; die Querschnitte ändern sich von der Oberkante des Kiels bis zur Tief-ladelinie beständig, da alle in der Form verschieden sind.

Daher wird die Konstruktion einer Kurve nötig, damit man die „Tons per Zoll“ für jeden Tiefgang schnell und bequem finden kann.

Die Kurve wird in derselben Weise, wie die Displacementskurve konstruiert. Die „Tons per Zoll“ bei 4, 8, 12 und 16 Fuß Höhe über der Oberkante des Kiels sind beziehungsweise 8,4, 9,7, 10,36 und 10,6. Man fällt Lote von diesen Stellen der Tonskala bis zu den zugehörigen Wasserlinien und die Schnittpunkte derselben ergeben die Punkte, welche man zur Konstruktion der Kurve braucht (Fig. 5). Die Gestalt derselben weicht von der Displacementskurve etwas ab und zwar aus folgendem Grunde. Mit jeder Zunahme des Tiefganges nimmt das Displacement zu und besonders in der Höhe der Tief-ladelinie, wo fast alle Schiffe von gewöhnlicher Bauart am vollsten sind. Hierdurch gewinnt die Kurve an Ausdehnung. Andererseits nehmen die „Tons per Zoll“ rasch zu, bis die Nähe der Tief-ladelinie erreicht ist, und da von hier aus bei gewöhnlichen Frachtdampfern die Seiten des Schiffes nahezu senkrecht aufsteigen, so ist wenig Unterschied im Flächeninhalt der Wasserlinien und

bleiben daher die „Tons per Zoll“ dieselben; die Kurve biegt deshalb mehr und mehr um, bis sie schließlich vertikal nach oben verläuft, wie die Figur zeigt. Um an einem Beispiel die Ableseung der Kurve bei $6\frac{1}{2}$ Fuß Tiefgang zu zeigen, ziehen wir die horizontale Linie AB nach der Kurve. Von ihrem Schnittpunkte mit derselben zieht man eine vertikale Linie nach der Tonskala, wodurch die Zahl 9,1 als „Tons per Zoll“ angezeigt wird.

Der Gebrauch der Kurve läßt sich auf verschiedene Weise erläutern. Nehmen wir z. B. an, ein Schiff habe einen gewissen Tiefgang und die „Tons per Zoll“ bei diesem Tiefgang seien 15. Man läuft einen Hafen an, wo ein Teil der Ladung, dessen Gewicht man nicht genau weiß, gelöscht werden soll. Nach der Entlöschung des



Scale of Draughts = Tiefgang-Skala.

Scale of Tons = Tonnen-Skala.

Fig. 5. — Kurve für die „Tons pr. Zoll“.

Quantums findet man, daß der Tiefgang $4\frac{1}{2}$ Zoll abgenommen hat; daher ist das Gewicht der gelöschten Ladung = $15 \cdot 4\frac{1}{2} = 67\frac{1}{2}$ Tons. Oder angenommen, die „Tons per Zoll“ bei einem beladenen Dampfer wären 15. Würde derselbe nun während einer Reise 100 Tons Kohlen verbrauchen, so würde sich sein Tiefgang um etwa $\frac{100}{15} = 6,6$ Zoll verringern.

Jedem Seemann ist bekannt, daß beim Übergang vom Salzwasser in Frischwasser der mittlere Tiefgang zunimmt, während im entgegengesetzten Falle eine Abnahme erfolgt. Der Grund liegt in der verschiedenen Dichtigkeit und der dadurch bedingten verschiedenen

Tragfähigkeit des Wassers. Zu einer Tonne Gewicht gehört ein Deplacement von 36 Kubikfuß frischen Wassers, während das dichtere und schwerere Salzwasser, welches insfolgedessen größere Tragfähigkeit besitzt, einer Gewichtstonne bei einem Deplacement von 35 Kubikfuß das Gleichgewicht hält.

Will man mit seinem Schiffe in ein Dock, wo nur mäßige Tiefe in der Schleuse herrscht, so ist es sehr wichtig zu wissen, welcher Unterschied im Tiefgang entstehen wird, wenn das Schiff vom Salzwasser in Frischwasser übergeht oder umgekehrt. Bei der Tiefadelinie wird dieses auf der Schiffseite vom „Board of Trade“ oder von einer Klassifikationsgesellschaft vermerkt. Vermittelt der „Tons per Zoll“-Kurve sind wir in der Lage, auch die Aenderung im Tiefgang zu bestimmen. Nehmen wir an, ein Schiff hätte bei einem gewissen Tiefgang ein Deplacement von 4500 Tons und die „Tons per Zoll“ seien 20. Da nun ein Kubikfuß Seewasser 64 Pfund wiegt und ein Kubikfuß Flußwasser, welches fast frisch ist, 63 Pfund, so ist der Unterschied $\frac{1}{4}$.*) Da das Totalgewicht des Schiffes dasselbe bleibt, so muß das Totalgewicht des verdrängten Wassers ebenfalls dasselbe bleiben, obgleich es einen um $\frac{1}{4}$ größeren Raum einnehmen muß.

Wie wir schon sagten, soll das Schiff im Seewasser ein Deplacement von 4500 Tons haben. — Nehmen wir nun an, das Schiff habe im Flußwasser denselben Tiefgang, so wird sein Deplacement $\frac{1}{4}$ weniger sein.

$\frac{1}{4}$ von 4500 Tons sind 70,3 Tons.

Die „Tons per Zoll“ waren im Salzwasser 20; aber diese werden auch um $\frac{1}{4}$ verringert.

$$\frac{20 \cdot 63}{64} = 19\frac{1}{4} \text{ Tons per Zoll im Flußwasser.}$$

Der Unterschied im Tiefgang ist daher

$$70,3 : 19\frac{1}{4} = 3,57 \text{ Zoll.}$$

Die Formel läßt sich folgendermaßen kurz ausdrücken:

$\frac{1}{4}$ des Deplacements durch $\frac{3}{4}$ der Tons per Zoll dividirt ist gleich der Zunahme im Tiefgang, also $\frac{4500}{64} : \frac{63}{64} \cdot 20 = \frac{4500 \cdot 64}{64 \cdot 63 \cdot 20} = \frac{4500}{63 \cdot 20} = 3,57 \text{ Zoll.}$

Deplacements - Koeffizienten. Wenn man die Deplacements oder die eingetauchten Schiffsformen mit einander vergleicht, so genügt es nicht zu sagen, daß das eine Schiff lang und das andere kurz, eins breit und das andere schmal, oder eins tief und das andere flach ist. Auch erhält man noch keine richtige Vorstellung, wenn gesagt

*) Frischwasser kann man zu $62\frac{1}{2}$ Pfund per Kubikfuß rechnen.

wird, ein Schiff ist scharf oder voll gebaut, sondern man muß sich einen genauen Maßstab für die Art der Schiffsförm bilden und diesen erhält man durch Koeffizienten.

Nehmen wir an, daß aus einem Stück Holz von 6 Fuß Länge, $1\frac{1}{2}$ Fuß Breite und 1 Fuß Dicke das Modell eines Schiffskörpers, d. h., so weit der eingetauchte Teil desselben in Betracht kommt, ausgeschnitten sei, wie Fig. 6 zeigt. Die äußersten Dimensionen

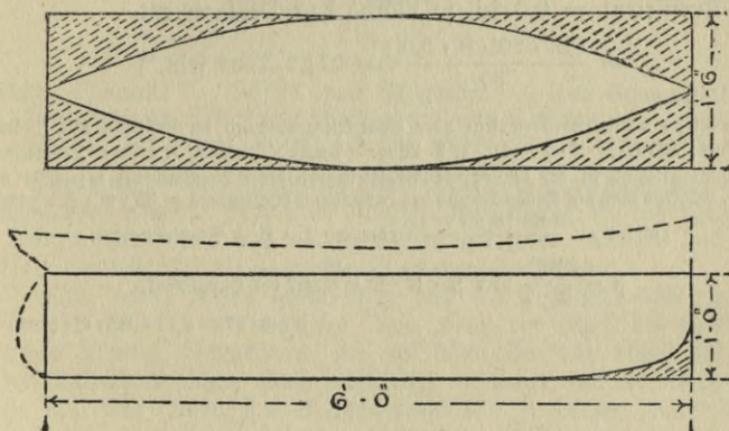


Fig. 6. — Modell des Schiffes unter Wasser.

würden 6 Fuß Länge, $1\frac{1}{2}$ Fuß Breite und 1 Fuß Tiefe sein. Ehe das Stück Holz zugeschnitten wurde, betrug der Inhalt $6 \times 1\frac{1}{2} \times 1 = 9$ Kubikfuß. Die äußersten Dimensionen des Modells sind noch dieselben, nämlich 6 Fuß Länge, $1\frac{1}{2}$ Fuß Breite und 1 Fuß Tiefe; indessen ist ein bedeutender Teil von dem Volumen des Holzes verschritten worden, wie durch die schraffierten Linien angedeutet, so daß vielleicht nur 6 Kubikfuß geblieben sind, welches $\frac{2}{3} = \frac{2}{3}$ oder 0,66 des ganzen Blockes ausmacht.

Diesen Bruchteil nennt man den Koeffizienten, oder mit andern Worten, das „Verhältnis der Völligkeit“. Also ist der Völligkeits-Koeffizient eines Schiffes der, gewöhnlich in Decimalen ausgedrückte, Bruchteil zwischen dem Displacement und dem umschriebenen Parallelepipedon.

0,8 würde ein sehr voll gebautes Schiff darstellen.

0,7—0,75 einen gewöhnlichen Frachtdampfer.

0,65 einen ziemlich scharfen Frachtdampfer.

0,6 einen scharfen Passagierdampfer.

0,5 eine Dampfjacht oder sehr scharfen Dampfer.

0,4 eine sehr scharfe Dampfjacht.

Schiffe von denselben extremen Dimensionen und denselben „Völligkeits-Koeffizienten“, welche daher auch dieselben Displacements haben, können trotzdem bedeutend in der Form von einander abweichen, wodurch wieder die Schnelligkeit beeinflusst werden kann.

Kennt man die extremen Dimensionen eines Schiffes und den „Völligkeits-Koeffizienten“, so kann man leicht das Displacement berechnen. Nehmen wir beispielsweise ein Schiff von 100 Fuß Länge, 20 Fuß Breite und einem Tiefgang von 8 Fuß an, dessen Völligkeits-Koeffizient = 0,6 sei, so würde das Displacement

$$= \frac{100 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 0,6}{35} = 274,2 \text{ Tons sein.}^*)$$

*) Dieser Völligkeits-Koeffizient oder Völligkeitsgrad wird im Schiffbau mit δ (delta) bezeichnet; also $L \cdot B \cdot T \cdot \delta = D$, d. h. Länge \times Breite \times Tiefgang \times delta = Displacement. Der Völligkeitsgrad in der Wasserlinie (Völligkeitsgrad der Schwimmbene) bezeichnet man mit α , während man den Völligkeitsgrad des Hauptspants (Hauptspant = \mathcal{D}) mit β bezeichnet,

$$\text{also } \alpha = \frac{\text{Schwimmbene}}{L \cdot B} \text{ oder } \alpha \cdot L \cdot B = \text{Schwimmbene,}$$

$$\beta = \frac{\mathcal{D}}{B \cdot T} \text{ oder } \beta \cdot B \cdot T = \text{Areal des Hauptspants.}$$

Anmerkung des Übersetzers.

Zweites Kapitel.

Momente.

Inhalt: Momente — Beispiel von Momenten — Der Schwerpunkt — Wirkungen auf den Schwerpunkt, wenn man Gewichte auf einem Schiffe hin und her bewegt, sowohl auf und nieder als auch querschiffs.

Momente. Das Moment einer Kraft in Beziehung auf einen bestimmten Punkt. Wenn ein Schiff übergeneigt ist (übergehellet), so können wir sagen, daß es ein Moment habe, welches das Bestreben darstellt, in die aufrechte Lage zurückzukehren.

Man nennt dieses gewöhnlich das aufrichtende Moment. Andererseits kann es sich ereignen, daß, wenn ein Schiff bis zu einem gewissen Winkel übergeneigt ist, es keine Tendenz mehr hat, zu seiner aufrechten Lage zurückzukehren; es neigt sich im Gegentheil mehr und mehr über, bis es ganz umfällt. In solchem Falle könnte man sagen, das Schiff habe ein kippendes Moment (capsizing). Der Ausdruck „Moment“ ist leicht verständlich. Jedermann kennt die Bedeutung von Fuß und Zoll als Maß von Entfernungen, so wie von Pfund und Tons als Maß von Gewichten. Nun müssen wir uns an Größen gewöhnen, welche man erhält, indem man Gewichte mit Entfernungen multipliziert.

Hätten wir z. B. 5 Fuß mit 8 Tons zu multiplizieren, so würde das Produkt = 40 „Fußtons“ sein. Sollten wir dagegen 5 Zoll mit 8 Tons multiplizieren, so würden wir 40 „Zolltons“ erhalten. Nun ist das Gewicht eine Art von Kraft, und andere Kräfte, als Druck oder Widerstand (z. B. Wind- oder Dampfdruck und Widerstand des Wassers) werden auch passender Weise durch Pfund oder Tons gemessen.

Daher werden Pfund oder Tons irgend einer Kraft (z. B. als Widerstand oder Druck) auch mit Fuß- oder Zoll-Entfernungen multipliziert, wodurch man „Zolltons“ oder „Fußpfund“ etc. erhält, je nachdem der Fall liegt. — Nun erhält man das Moment einer Kraft (das einzige Moment, welches wir für jetzt gebrauchen), indem man ein Gewicht oder eine durch ein Gewicht ausgedrückte Kraft mit dem, was man passender Weise Hebelarm nennt, multipliziert.

Dieser Hebelarm ist die senkrechte Entfernung in der Richtung, in welcher die Kraft wirkt, von einem Angriffspunkte. In einem

Schiffe wird zu diesem Zwecke oft der Schwerpunkt desselben gewählt. So würden z. B. 5 Tons Winddruck auf die Segel multipliziert mit einem Hebelarm von 30 Fuß vom Schiffschwerpunkt ein Kraftmoment für jenen Punkt von $30 \cdot 5 = 150$ Fußtons geben.

Ebenso würde ein Wasserdruck von 1000 Tons multipliziert mit einem Hebelarm von 3 Zoll ein Kraftmoment von $1000 \cdot 3 = 3000$ Zolltons geben.

Durch Hebel lassen sich Momente der Kraft leicht veranschaulichen. Es sei z. B. Fig. 7 ein 5 Fuß langer Hebel, welcher an einem Ende A unterstützt ist und am andern Ende ein Gewicht von 4 Tons trägt, welches rechtwinkelig zum Hebel angehängt ist. In dieser Lage wirkt ein Moment von $4 \cdot 5$ (dem Gewicht multipliziert mit der Entfernung vom Mittelpunkt des Gewichts bis zum Unterstützungspunkt) = 20 Fußtons, welches das Bestreben hat, den Hebel im Punkte A zum Umfallen, Brechen oder Biegen zu bringen und man könnte die 20 Fußtons das kippende oder biegende Moment nennen.

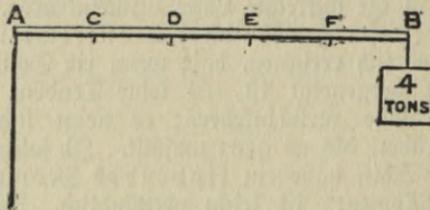


Fig. 7. — Gewicht, welches an einem Hebel wirkt.

Es sei nun der Hebel bei den Punkten C, D, E, F eingeteilt in 5 Abschnitte von je einem Fuß. Bewegt man dann das Gewicht nach dem Punkte F, der 4 Fuß von A entfernt ist, so wird das in A wirkende Moment = $4 \cdot 4 = 16$ Fußtons sein. Gleicher Weise würde das Moment, falls man das Gewicht

	bis E bewegt	=	$4 \cdot 3 = 12$	Fußtons sein,
	in D würde es nur	$4 \cdot 2 = 8$	" "	
	in C	$4 \cdot 1 = 4$	" "	
und schließlich im Punkte A		$4 \cdot 0 = 0$	" "	

Im letzten Falle verschwindet das Moment, weil die niederdrückende Kraft des Gewichts in derselben vertikalen Richtung wirkt, wie die aufrecht stehende Stütze; es existiert daher kein kippendes Moment oder, da wir von einem Hebel oder einer Stange sprechen, kein brechendes oder biegendes Moment.

Noch ein anderer Punkt (aus der Lehre von den Momenten), wird uns helfen, die Bauart und die Beanspruchung (engl. strain) zu studieren (das sog. Begeben der Schiffe). In den meisten Fällen

ist die Hebelkraft der veränderliche Faktor, welcher den Betrag der Fußtons beeinflusst, während das Gewicht konstant bleibt. Man muß nun bedenken, daß das Moment immer im Unterstützungspunkt am größten ist, wenn die Last am weitesten davon entfernt ist. Hält man das Gewicht in B, so wird die Neigung zum Brechen bei C bedeutend geringer sein, da die Hebelkraft geringer ist. Das Moment in letzterem Punkt wird nur $4 \cdot 4 = 16$ Fußtons sein, und wird nach B zu beständig abnehmen, bis es in diesem Punkt gänzlich verschwunden ist. Noch ein anderes einfaches Beispiel wollen wir uns vor Augen führen. Fig. 8 stellt einen Hebel dar, welcher in A unterstützt und an dessen Endpunkten Gewichte von 3 und 4 Tons hängen, welche beziehungsweise 8 und 5 Fuß vom Unterstützungspunkt entfernt sind. Wir werfen nun zuerst die Frage auf, welche Neigung zum Bruch man

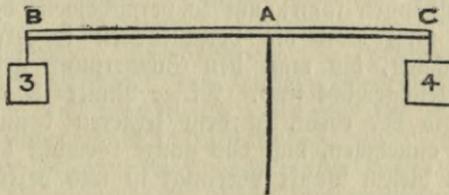


Fig. 8. — Wirkung von Gewichten in einem Unterstützungspunkt.

in dem Punkt A verspüren wird. Nach B zu tritt ein Moment von $3 \cdot 8 = 24$ Fußtons in Wirksamkeit und nach C zu ein solches von $4 \cdot 5 = 20$ Fußtons. Die Frage ist, ob es auch ein kippendes Moment giebt und wie groß dieses ist.

Wie wir schon gesehen haben, ist nach B zu ein Moment von 24 Fußtons vorhanden, während auf der andern Seite ein solches von 20 Fußtons auftritt. Da also das Moment auf der B-Seite $24 - 20 = 4$ Fußtons größer ist, so muß der Hebel nach B zu umkippen.

Schwerpunkt. Nun wünschen wir zu wissen, wohin wir den Stützpunkt verlegen müssen, damit die Momente einander das Gleichgewicht halten und somit der Hebel im Zustande des Gleichgewichts verharret. Man findet diesen Punkt, indem man den Unterschied der Momente, also 4, durch das totale Gewicht, also 7, teilt. Das Resultat ist $\frac{4}{7}$. Man muß also den Stützpunkt um $\frac{4}{7}$ Fuß nach der Seite des größeren Moments, nach B, verrücken. Der Beweis ist leicht.

Der Stützpunkt ist jetzt $8 - \frac{4}{7} = 7\frac{3}{7}$ Fuß von B entfernt und $5\frac{4}{7}$ Fuß von C. Daher ist

$$\begin{aligned} \text{nach B zu das Moment } & 3 \cdot 7\frac{3}{7} = 22\frac{2}{7} \text{ Fußtons.} \\ \text{nach C zu das Moment } & 4 \cdot 5\frac{4}{7} = 22\frac{2}{7} \text{ Fußtons.} \end{aligned}$$

Da demnach die Momente genau gleich sind, so muß der Hebel im Gleichgewicht sein.

Dieser „Gleichgewichtspunkt“ oder Moment=Mittelpunkt ist ein sehr wichtiger Punkt. Der Punkt, in welchem sich ein schwerer Körper im Gleichgewicht befindet, wird nämlich sein Schwerpunkt genannt. Ebenso wird ein Punkt, in welchem sich eine größere Anzahl Körper, also gleichsam ein System von Körpern, im Gleichgewicht befindet, als System=Schwerpunkt bezeichnet. — Als Beispiel eines Systems von Körpern nehmen wir ein Schiff mit oder ohne Ladung. Da man nun aber ein Schiff nicht wohl wie einen Hebel aufhängen kann, um so versuchsweise den Schwerpunkt zu finden, so muß man die verschiedenen in Frage kommenden Momente berechnen, bis man den Schwerpunkt gefunden hat, wo dieselben im Gleichgewicht sind. Dieser Punkt ist der Schwerpunkt des Schiffes und der event. in dem letzteren befindlichen Ladung und man kann annehmen, daß das ganze Gewicht des Schiffes und der Ladung in diesem Punkt vereinigt ist und vertikal durch diesen Punkt nach unten drängt.

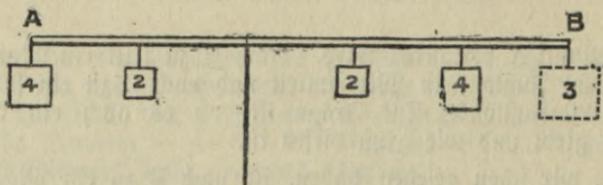


Fig. 9. — Schwerpunkt.

AB in Fig. 9 ist ein Hebel mit einem Gewicht von 2 Tons in 2 Fuß Entfernung vom Unterstützungspunkt und einem Gewicht von 4 Tons in 4 Fuß Entfernung von diesem Punkte, beide auf derselben Seite; ebenso befinden sich Gewichte von 2 und 4 Tons in 2 und 4 Fuß Entfernung auf der anderen Seite. Da die Momente dieselben sind, so ist es augenscheinlich, daß der Hebel im Schwerpunkt des ganzen Gewichtes zu unterstützen ist. — Nun wollen wir noch ein Gewicht von 3 Tons in B, 6 Fuß vom Unterstützungspunkt anhängen, wie es durch das punktierte Viereck angedeutet wird, und versuchen, den Schwerpunkt

ausfindig zu machen. Da die Momente der B-Seite um $3 \times 6 = 18$ Fußtons größer sind, so dividieren wir 18 durch die Summe der Gewichte, also 15 Tons, und erhalten somit $\frac{18}{15} = 1\frac{1}{5}$ Fuß als Entfernung, um welche der Schwerpunkt nach B zu verschoben wird.

Nehmen wir dagegen an, daß, anstatt ein Gewicht hinzuzufügen, das Gewicht von 2 Tons auf der B-Seite entfernt sei, dann liegt der Schwerpunkt offenbar weiter nach A, denn die Momente der A-Seite überwiegen um $2 \cdot 2 = 4$ Fußtons und dividieren wir diese 4 durch das ganze Gewicht ($2 + 4 + 4$), so erhalten wir $\frac{4}{10} = \frac{2}{5}$ Fuß als Maß, wie weit der Schwerpunkt nach A zu verrückt worden ist.

Der Leser muß sich mit den Grundsätzen der Momente, wie sie hier dargestellt sind, durchaus vertraut machen, da dieses zum gründlichen Verständnis der folgenden Kapitel erforderlich ist. Wo immer mehrere Gewichte wie oben verbunden sind, wirken sie durch einen gemeinsamen Schwerpunkt, welchen man den Systemsschwerpunkt nennt; denn in diesem Punkt unterstützt, würde sich das ganze System von Gewichten oder Körpern im Gleichgewicht befinden. Wendet man diese Methode, den Systemsschwerpunkt zu finden, auf ein Schiff an, so sucht man zuerst, wie weit der Schwerpunkt vom Vorder- und Hinterteil des Schiffes liegt und wie er sich ändert, wenn man Gewichte von vorn nach hinten bringt oder umgekehrt. Durch dieselbe Rechnung findet man, wie weit oberhalb des Kiels der Schwerpunkt liegt und um wie viel er sich ändert, wenn man Gewichte von unten nach oben bewegt oder umgekehrt. In diesem Falle haben wir nur die Länge der Hebelarme in vertikaler Richtung

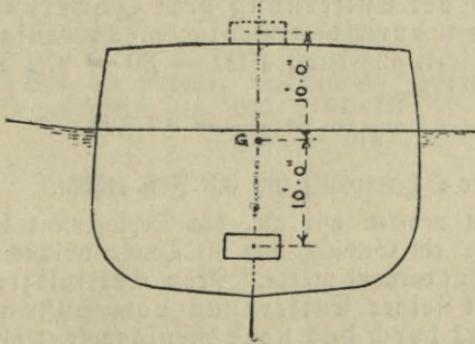


Fig. 10. — Schwerpunkt eines Schiffes (Systemsschwerpunkt).

über und unter einem angenommenen Schwerpunkt zu messen und die Gewichte damit zu multiplizieren, um die Momente zu erhalten. Wir wollen dieses an einem Beispiel erläutern.

Einfluß der Bewegung von Gewichten (Lasten) auf den Schwerpunkt des Schiffes. Wir nehmen an, der Schwerpunkt eines Schiffes sei G. (Fig. 10.) (Vorweg sei bemerkt, daß die Lage des Schwerpunktes beim leeren Schiffe von dem Baumeister angegeben werden kann, so daß es für den Schiffsführer genügen würde, den Schwerpunkt bei verschiedenen Ladungen zu berechnen. Da aber nicht alle Baumeister dieses thun, so geben wir später ein einfaches Beispiel, wie der Kapitän diese Berechnung selbst ausführen kann).

Das ganze Gewicht (Displacement) sei 1000 Tons. Nun wollen wir ein Gewicht von 30 Tons aus dem Raumbau an Deck bringen, so daß es 20 Fuß von seiner früheren Lage entfernt wird, wie in Fig. 10. — Da der System-Schwerpunkt in der Mitte des ganzen Gewichtes liegt, so ist es augenscheinlich, daß, wenn man eine Last in die Höhe bringt, man auch den System-Schwerpunkt nach oben zu verschiebt. Um die genaue Strecke zu finden, um welche der Schwerpunkt sich verschiebt, verfährt man genau so, wie beim Hebel. Man multipliziere die Last, welche bewegt wurde, mit der Länge des Weges und dividire durch das Gesamt-Displacement.

$$\frac{30 \cdot 20}{1000} = \frac{600}{1000} = 0,6 \text{ Fuß.}$$

Diese 0,6 Fuß sind das Stück, um welches der Schwerpunkt gehoben ist.

Nehmen wir nun an, daß das Gewicht ganz aus dem Schiff entfernt worden sei. In diesem Falle multiplizieren wir das Gewicht mit der Entfernung vom Schwerpunkt (10 Fuß) und dividieren durch das Displacement weniger dem entfernten Gewicht, also durch $1000 - 30 = 970$ Tons.

$$\frac{30 \cdot 10}{970} = \frac{300}{970} = 0,3 \text{ Fuß.}$$

Also wurde der Schwerpunkt um 0,3 Fuß erhöht.

Wiederum nehmen wir an, das Displacement sei 1000 Tons und man lade ein Gewicht von 30 Tons, welches 10 Fuß unter dem Schwerpunkt verstaub würde. Man multipliziert das neue Gewicht mit seiner Entfernung vom System-Schwerpunkt und dividirt durch das neue Displacement ($1000 + 30 = 1030$ Tons). Also kommt der Schwerpunkt um

$$\frac{30 \cdot 10}{1030} = \frac{300}{1030} = 0,28 \text{ Fuß}$$

niedriger zu liegen.

Schließlich wollen wir ein Gewicht querschiffs bewegen (Fig. 11). Der Systemsschwerpunkt sei G und das Displacement 1000 Tons.

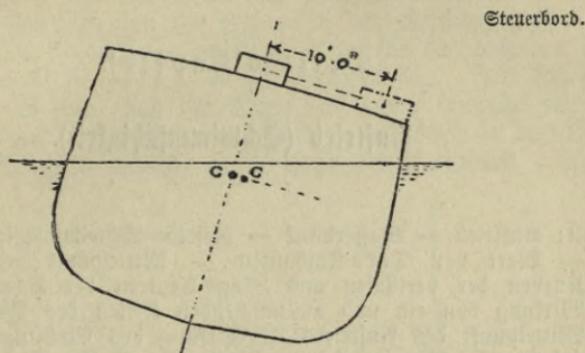


Fig. 11. — Wirkung eines querschiffs bewegten Gewichtes.

Ein Gewicht von 20 Tons, welches schon an Bord ist und sich an Deck befindet, wird 10 Fuß nach St.-B. bewegt. Der Systemsschwerpunkt muß sich in derselben Richtung bewegen und zwar läuft diese Richtung parallel zu der Verbindungslinie der Schwerpunkte des Gewichtes in dessen erster und zweiter Lage. Um die Verschiebung des Schwerpunktes zu finden, multipliziere man das Gewicht mit dem Wege, welchen dasselbe zurücklegt, und dividiere durch das Displacement

$$\frac{20 \cdot 10}{1000} = \frac{200}{1000} = 0,2 \text{ Fuß,}$$

folglich ist 0,2 Fuß der Betrag, um welchen sich der Schwerpunkt nach Steuerbord verschoben hat.

Drittes Kapitel.

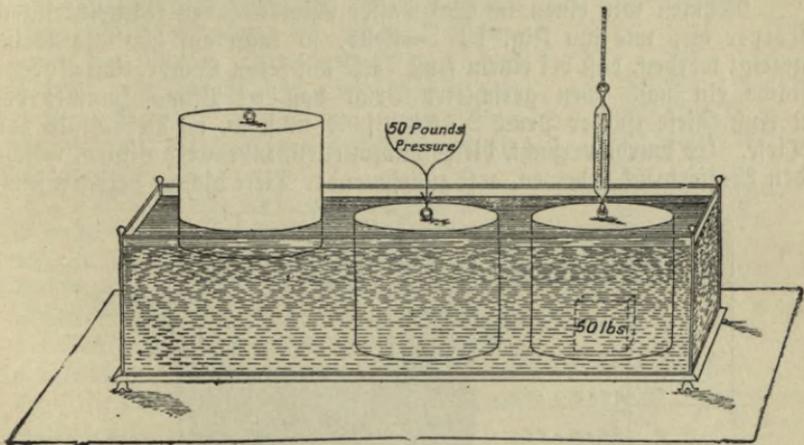
Auftrieb (Schwimmfähigkeit).

Inhalt: Auftrieb — Wasserdruck — Reserve Schwimmfähigkeit — Sprung — Wert von Deck-Aufbauten — Mittelpunkt des Auftriebs — Kurven der vertikalen und Längs-Centren der Schwimmfähigkeit — Wirkung von ein und austauchenden Keilen des Auftriebs auf den Mittelpunkt des Auftriebs — Wirkung des Eindringens von Wasser auf die Schwimmfähigkeit — Nutzen der Balken-Bucht — Erprobung von Wasserballast-Danks.

Auftrieb. Auftrieb bedeutet Schwimmkraft. — Unter welchen Bedingungen schwimmt ein Schiff? Offenbar, wenn das eingeschlossene wasserdichte Volumen größer ist, als dessen totales Gewicht in Tons, multipliziert mit 35, da 35 Kubikfuß Salzwasser verdrängt werden müssen um eine Gewichtstonne zu tragen. Ist das eingeschlossene wasserdichte Volumen des Schiffes in Kubikfuß kleiner als dessen Totalgewicht in Tons, multipliziert mit 35, so ist es augenscheinlich, daß das Schiff sinken wird. Diese Thatsache haben wir in dem Kapitel „Displacement“ kennen gelernt. Aber, kann man fragen, warum schwimmt ein Schiff überhaupt? oder, wie ist die Art und Wirkung der Druckes, welcher durch das Wasser hervorgerufen wird, und einen Gegenstand von größerem oder geringerem Gewicht schwimmend erhält? Wir werden hierfür die Erklärung suchen.

Wasserdruck. Fig. 12 stellt einen Tank dar, welcher fast ganz mit frischem Wasser angefüllt ist. Links in dem Tank befindet sich ein hohler Cylinder aus Eisenblech, welcher vollständig wasserdicht gemacht ist, indem ihn ein wasserdicht schließender Deckel bedeckt. Die Bodenflächen seien 1 Quadratfuß und die Höhe 1 Fuß, also ist der Kubikinhalte 1 Kubikfuß. Ist dieser Cylinder ganz leer und an beiden Enden geschlossen, so sei sein Gewicht genau $12\frac{1}{2}$ Pfund. — Ein flaches Stück Eisenblech, von derselben Art, aus welcher der Cylinder gemacht ist, würde sofort sinken, falls man es in den Tank würde werfen, während unser Cylinder durchaus keine Neigung dazu zeigt, sondern mit mehr als $\frac{3}{4}$ seines Volumens aus dem Wasser ragt, wie in Fig. 12 dargestellt. Um den Cylinder so weit einzutauchen, daß sein Deckel in der Oberfläche des Wassers liegt, würde die

Anwendung eines beträchtlichen, nach unten wirkenden Drucks nötig sein, welcher, wenn man ihn mässe, gleich einem Gewicht von 50 Pfund gefunden werden würde. (Siehe zweite Lage des Cylinders.) Oder, angenommen, statt des von außen und nach unten wirkenden Druckes habe man ein Gewicht von 50 Pfund in den Cylinder gethan und denselben an eine Federwage gehängt, so würde das von der Wage angezeigte Gewicht $50 + 12\frac{1}{2} = 62\frac{1}{2}$ Pfund sein. Frei schwebend aufgehängt ist es klar, daß die Wage das ganze Gewicht allein zu tragen hat. Nun lasse man den Cylinder allmählich in das Wasser des Tanks eintauchen. (Siehe dritte Lage des Cylinders.) Sobald



50 Pounds Pressure = 50 Pfd. Druck.

50 lbs. = 50 Pfd.

Fig. 12. — Darstellung der Tragkraft des Wassers.

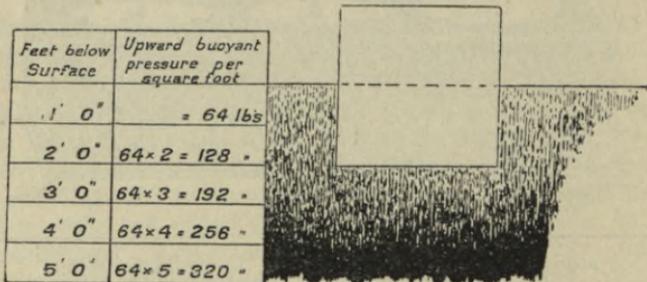
der Boden des Cylinders das Wasser berührt und sowie die Eintauchung zunimmt, zeigt die Wage eine Verringerung des Gewichts an und diese Verringerung nimmt genau proportional der Eintauchung zu; ist der Cylinder halb eingetaucht, so wird die Wage $31\frac{1}{4}$ Pfund anzeigen, und schließlich, wenn der Deckel mit der Oberfläche des Wassers gleich ist, wird die Wage auf 0 stehen und der Cylinder kaum an der Oberfläche des Wassers bleiben. Würde man noch das allerkleinste Gewicht hinzufügen, so würde dieses den Cylinder zum Sinken bringen. Dieses Experiment zeigt uns, daß ein schwimmender Körper immer denselben Gesetzen der Schwere unterworfen ist, indem der nach unten wirkende Druck der Schwere aufgehoben wird durch einen gleichen nach oben wirkenden Druck des Wassers, in das der Körper eintaucht.

Nun ist dieser nach oben gerichtete Druck von ungemeiner Wichtigkeit für ein schwimmendes Schiff, denn er gewährt nicht nur,

wie wir gesehen haben, einem Schiffe die Möglichkeit auf dem Ocean zu schwimmen, sondern er liefert ihm auch eine Unterstüzung, sich aus einer geneigten Lage wieder in die aufrechte zu begeben, obgleich er andererseits auch helfen kann, daß das Schiff ganz und gar umkippt, wenn es übergehell ist. (Die Beziehung dieses Gegenstandes zur Stabilität werden wir im 6. Kapitel behandeln.)

Das besprochene Experiment setzt uns auch in den Stand, die Art und Weise des nach oben gerichteten Druckes zu beurteilen, denn die Federwage zeigte deutlich die Druckverschiedenheit bei wechselnder Tiefe an.

Nehmen wir einen im Salzwasser schwimmenden rechtwinkligen Körper an, wie ihn Fig. 13 darstellt, so kann auf ähnliche Weise gezeigt werden, daß bei einem Fuß Tiefe auf jeden Quadratfuß Bodenfläche ein nach oben gerichteter Druck von 64 Pfund kommt; bei 2 Fuß Tiefe ist der Druck $2 \cdot 64$ Pfund u. s. w. im Verhältnis zur Tiefe. Es wurde versucht, dieses darzustellen, indem die Linien, welche den Wasserdruck bedeuten, mit zunehmender Tiefe dichter gezogen sind.



Feet below Surface = Fuß unterhalb der Oberfläche. Upward buoyant pressure per square foot = Auftriebskraft des Wassers per Quadratfuß.

Fig. 13.

Darstellung wie der Wasserdruck proportional dem Tiefgang zunimmt.

Nun wollen wir zu bestimmen suchen, in welcher Richtung dieser Wasserdruck wirkt.

Nimmt man ein Gefäß, ähnlich wie in Fig. 14, dessen Seiten mit einer Anzahl von kleinen Löchern versehen sind und füllt dieses Gefäß mit Wasser, so wird man finden, daß das Wasser in einer Richtung ausströmt, welche rechtwinkelig zu der Oberfläche des Gefäßes ist. — Oder wenn man dasselbe, aber leere, Gefäß in Wasser taucht, so wird man das Wasser in einer Richtung einsprudeln sehen, welche ebenfalls rechtwinkelig zur Oberfläche des Gefäßes ist. Aus diesen beiden Beispielen ist klar ersichtlich, daß das Wasser in einem Gefäß, sei es klein oder groß, einen Druck auf jeden Teil der

inneren Fläche ausübt, welcher senkrecht zur Fläche ist. Andererseits drückt beim eingetauchten Gefäß das Wasser auf jeden Teil der eingetauchten Fläche in einer zu dieser Fläche senkrechten Richtung.

Hierdurch sind wir zu dem Schlusse gelangt, daß ein schwimmender Gegenstand, sei es nun ein Cylinder, ein Stück Holz oder ein Schiff von 20 000 Tons, unterstützt, getragen oder zum Schwimmen befähigt wird durch den aufwärts gerichteten Druck des Wassers, und weiter, daß dieser Wasserdruck in einer Richtung wirkt, welche senkrecht zur eingetauchten Fläche ist, ob diese Richtung nun schräg oder vertikal. Der Druck hat also, wie es durch die Linien des Wasserdrucks in Fig. 15 angedeutet wird, das Bestreben, die Seiten, Enden und den Boden einzudrücken oder das Schiff aus dem Wasser zu drängen, mit andern Worten, den Raum, welchen der eingetauchte Schiffskörper ausfüllt, wieder einzunehmen.

Dieses ist sehr leicht zu verstehen, wenn man bedenkt, daß, sobald ein schwimmender Körper aus dem Wasser genommen wird, dieses von allen Seiten herbeiströmt, und schneller, wie man es beobachten kann, ist die Höhlung, welche früher von dem Körper eingenommen wurde, wieder ausgefüllt und die gleichmäßige Oberfläche des Wassers wieder hergestellt.

Warum es dem Wasser nicht gelingt, das Schiff zusammenzudrücken, werden wir in dem Kapitel, welches die „Bauart der Schiffe“ behandelt, sehen.

Warum das Schiff nicht aus dem Wasser gedrängt wird, ist schon durch die Thatsache erklärt, daß ein Druck nach unten vermöge des eigenen Gewichts des Schiffes vorhanden ist. Demgemäß wird ein Schiff bis zu einem solchen Tiefgang sinken, daß der nach oben gerichtete Druck des Auftriebs genau gleich dem Gewicht des Schiffes ist.

Ein Schiff von, sagen wir, 5000 Tons Gewicht in der Luft im Gleichgewicht zu erhalten, etwa durch eiserne Pfeiler und dergl., würde keine leichte Aufgabe sein.

Bei einem so großen Körper, wie ein Schiff ist, würde eine sehr sorgfältige Berechnung u. nötig sein, um die Unterstützungspunkte richtig zu wählen. Aber im Wasser ist die Unterstützung und das Gleichgewicht vollkommen. Wiegt das Schiff 5000 Tons, so wird dieses Gewicht durch einen Wasserdruck von ebenfalls genau

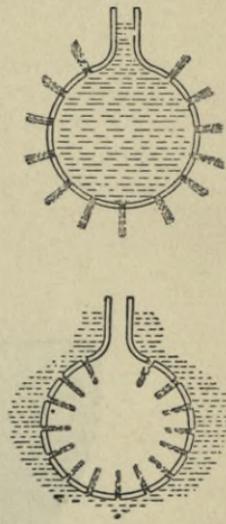


Fig. 14. — Wasserdruck.

5000 Tons aufgehoben, und das Gleichgewicht wird vollkommen hergestellt durch die Resultante aller nach oben gerichteten Druckmomente. Der Schwerpunkt des Schiffes liegt genau in derselben vertikalen Ebene wie der Schwerpunkt des Auftriebes, und diese Bedingung ist nötig, damit vollkommenes Gleichgewicht bestehe. In anderen Worten, der Angriffspunkt, in welchem die Resultante

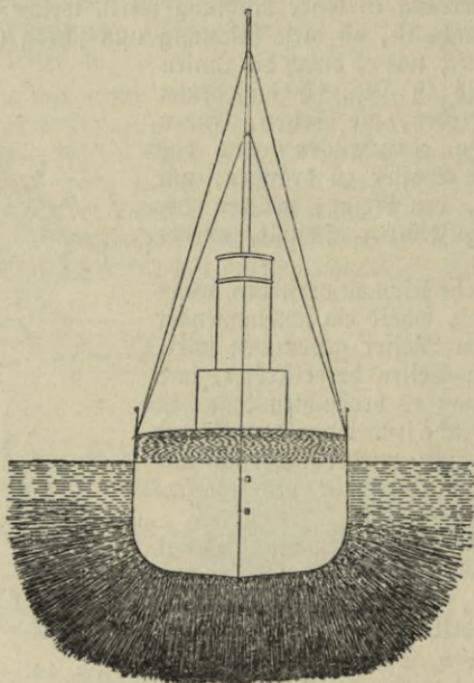


Fig. 15. — Linien, den Wasserdruck darstellend.

Eingetauchter körperlicher Inhalt des Schiffes = Auftrieb. Körperlicher Inhalt über dem Wasserspiegel = Reserve-Auftrieb.

G = Systemsehwerpunkt. B = Mittelpunkt des Auftriebes.

des Auftriebes wirkt (B, Fig. 15), nämlich der Schwerpunkt des Displacements oder des eingetauchten Körpers und der Systemsehwerpunkt müssen in derselben vertikalen Linie liegen, damit Gleichgewicht bestehe. — Das Endergebnis ist, daß, wenn ein Schiff ruhig schwimmt, wir zwei sich entgegengerichtete Kräfte haben, welche sich gegen einander vollständig aufheben und daher keine Bewegung hervorbringen.

Fig. 16 zeigt dasselbe Schiff stark übergehellet, und jetzt fallen die Linien der Schwere und des Auftriebs nicht mehr zusammen. G ist noch in derselben Position, aber B ist jetzt in den Mittelpunkt des neuen eingetauchten Körpers verlegt.

Ein Schiff oder ein sonstiger ins Wasser gesetzter Körper nimmt eine solche Lage ein, wie wir vorhin beschrieben haben; in der That

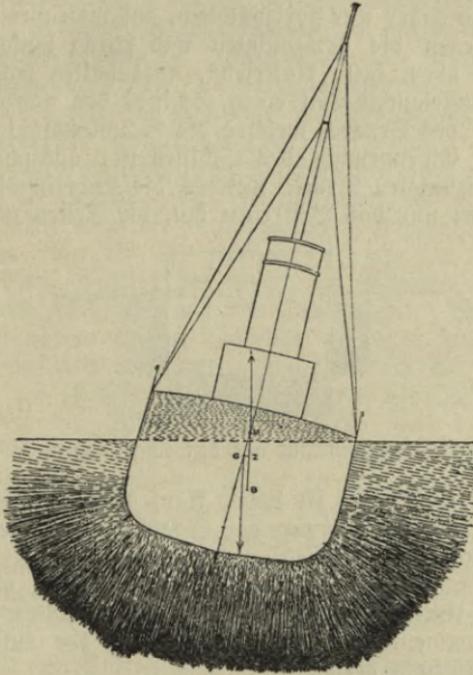


Fig. 16. — Linien, den Wasserdruck darstellend.
(Wegen der Erklärung vergleiche Figur 15).

muß er dieses thun, ehe er zur Ruhe kommt. Diese Lage ist nicht immer die aufrechte, weder von querschiffs noch von längschiffs betrachtet, sondern besondere Bauart oder Beladung können veranlassen, daß ein Schiff in der Ruhelage ist, wenn es entweder nach einer Seite übergeneigt ist oder auch, wenn es kopf- oder steuerlastig liegt. Während nun die Kraft des totalen Auftriebs und das Gewicht des Schiffes einander vollständig gleich sind, muß man nicht denken, daß diese Auftriebskräfte den einzigen Druck bilden, welchen der eingetauchte Schiffskörper auszuhalten hat.

Fig. 17 zeigt ein kastenförmiges Schiff teilweise eingetaucht. Die Linien des Wasserdruckes sind vertikal gegen die Bodenfläche und horizontal gegen die Seiten resp. Enden gezeichnet, nämlich überall senkrecht zur eingetauchten Oberfläche.

Der horizontale Druck gewährt keine Unterstützung, sondern hat nur das Bestreben, das Schiff in der Stoßrichtung fortzudrängen. Diesem Bestreben wird jedoch durch den Druck auf die andere Seite das Gleichgewicht gehalten. Die vertikalen Oberflächen von schwimmenden Körpern sind daher nur horizontalem, zusammenpressendem Druck ausgesetzt, wogegen die horizontalen und schräg laufenden Flächen den Druck nach oben, den „Auftrieb“, auszuhalten haben. Demgemäß hat der eingetauchte Teil eines Schiffes den ganzen, nach oben gerichteten Teil des Druckes, welcher die Schwimmfähigkeit darstellt, und gleich dem Eigengewicht des Schiffes ist, auszuhalten; außerdem allen horizontalen Druck, welcher die Schwimmfähigkeit nicht verstärkt, sondern nur das Bestreben hat, die Seiten und Enden des

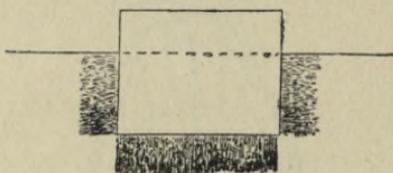


Fig. 17 zeigt den Gesamtdruck auf den eingetauchten Schiffskörper.

Schiffes einzudrücken. Es ist daher klar, daß es falsch sein würde, wenn man bei der Berechnung der Schwimmkraft die ganze eingetauchte Oberfläche des Schiffes zu Grunde legte. Man muß genau beachten, daß nur ein nach oben entweder vertikal oder schräg gerichteter Druck Unterstützung gewährt, dagegen aller sonstige Druck nur starke zusammendrückende Beanspruchung der äußern Haut des eingetauchten Körpers hervorruft.

Wenn man sich vergegenwärtigt, daß der aufwärts wirkende Druck mit der Tiefe zunimmt, so erscheint es mitunter schwierig, die Natur dieses Druckes bei ganz untergetauchten Körpern zu verstehen. Denn, könnte man sagen, wenn es wahr ist, daß der nach oben gerichtete Druck mit der Tiefe zunimmt, wie kommt es dann, daß ein Schiff, welches zu schwer geworden ist, um zu schwimmen, nicht eher aufhört zu sinken, bis es den Boden erreicht. Die Antwort ist einfach genug. Es ist ja richtig, daß der nach oben gerichtete Druck auf die Bodenfläche in direktem Verhältnis zur Tiefe steht, und wenn man sich vergegenwärtigt, daß der Druck immer lotrecht zur Fläche ausgeübt wird, so muß der Druck auf die obere Fläche auch im direkten Verhältnis zur Tiefe zunehmen. Es ist wohl vollkommen richtig, daß je weiter ein Körper sinkt, er einen desto größeren Druck

auszuhalten hat, aber es wird dem größeren Druck nach oben auch durch einen größeren Druck nach unten das Gleichgewicht gehalten.

Weil das Gesetz so streng innegehalten wird, daß kein Schiff ausgehen darf, welches über seine Tieflademarke beladen ist, so ist es von größter Wichtigkeit, daß die Hafensbehörden ihre äußerste Sorgfalt denjenigen Schiffen zuwenden, welche während des Ladens an Grund waren. Denn es passiert mitunter, daß ein Schiff gleich nach dem Flothwerden einen geringeren Tiefgang hat, wie vorher. Nachdem unsere Aufmerksamkeit einmal auf den nach oben stattfindenden Wasserdruck gelenkt ist, können wir den Grund leicht erraten. Könnten wir z. B. einen der Cylinder (Fig. 12) nehmen und die Bodenfläche desselben in so innige Berührung mit dem Boden des Tanks bringen, daß weder Luft noch Wasser Zutritt hätte, so würden wir finden, daß, obgleich er rundherum bis nach oben von Wasser umgeben ist, kein Druck nach oben sich bemerkbar machen würde, und daß der Cylinder nicht die geringste Schwimmfähigkeit hätte, obgleich er in leichter Lage ist und nur ein Gewicht von $12\frac{1}{2}$ Pfund hat. Wie wir wissen, beträgt der Druck der Atmosphäre an der Oberfläche der Erde 15 Pfund auf den Quadratfuß. Wenn daher weder Luft noch Wasser unter den Cylinder gelangen kann, so kann nicht allein kein Auftrieb stattfinden, sondern auch die Luft drückt mit einer Kraft von 15 Pfund pro \square -Zoll auf die Oberfläche, und vorausgesetzt, daß der Cylinder voll Luft ist, wird derselbe Druck auf die innere Bodenfläche ausgeübt. Da diese Bodenfläche 1 \square -Fuß groß ist, also 144 \square -Zoll, so hat sie demgemäß einen Druck von $144 \cdot 15 = 2160$ Pfund oder ca. einer Tonne auszuhalten, und dabei ist der nach oben gerichtete Druck des Wassers ganz aufgehoben. Nun wollen wir aber annehmen, daß nur der zehnte Teil der Bodenfläche des Cylinders in so inniger Berührung mit dem Boden des Tanks sei. Der nach oben gerichtete Wasserdruck würde $\frac{9}{10} \cdot 64$ Pfund (bei Salzwasser) = 57,6 Pfund betragen, während der Luftdruck $\frac{2160 \cdot 1}{10} = 216$ Pfund sein würde. Der Letztere überwiegt also noch um $216 - 57,6 = 158,4$ Pfund, und der Cylinder würde noch keine Schwimmkraft besitzen, sondern am Boden bleiben.

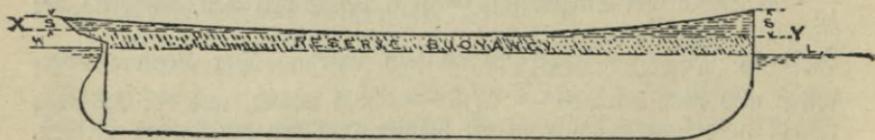
Es ist allerdings wahr, daß dieses nur theoretische Erwägungen sind, obgleich in gewissem Grade ähnliche Fälle bei wirklichen Schiffen vorkommen. Es wird von der Natur des Bodens abhängen, auf dem das Schiff liegt, desgl. von dem Teil des Schiffsbodens, welcher in inniger Berührung mit dem Grunde kommt. Es ist dieses die einzige Erklärung, welche man für den oben beschriebenen Fall geben kann, daß ein Schiff, nachdem es flott geworden, einen geringeren Tiefgang hat, wie vorher, als es am Grunde saß.

Reserve-Schwimmfähigkeit. Wir wollen uns vorstellen, daß ein Schiff in einer Wasserlinie schwämme, bei der seine „Tons per Zoll“ 12 Tons betragen. Bei diesem Schiffe werden nun noch 60 Tons Gewicht an Bord gebracht. Da das Gewicht des ganzen Schiffes um 60 Tons vermehrt wird, so wird das Schiff weiter eintauchen, und da 1 Tonne Schwimmfähigkeit gleich 1 Tonne Displacement ist, wie wir gesehen haben, so wird das Schiff sinken, bis es 60 Tons mehr Wasser verdrängt hat, und dies bedeutet eine Zunahme von $\frac{60}{12} = 5$ Zoll Tiefgang.

Wenn andererseits 60 Tons aus dem Schiffe herausgenommen werden, so wird die Schwimmkraft 60 Tons größer sein, wie das vorherige Displacement, und das Schiff wird um 5 Zoll weniger tief eintauchen.

Hier kommt also eine der Bedingungen für ein bei ruhigem Wasser schwimmendes Schiff zur Geltung, nämlich, „daß das totale Gewicht des Schiffes gleich ist dem totalen Gewicht des verdrängten Wassers oder gleich dem Auftrieb“. Der Auftrieb des eingetauchten Schiffskörpers stellt die Kraft dar, welche nötig ist, um das Schiff schwimmend zu erhalten. Die Schwimmfähigkeit alles geschlossenen, wasserdichten Raumes oberhalb der Wasserlinie ist daher Überschuß an Auftrieb oder Sicherheitsauftrieb, welchen man für gewöhnlich „Reserve-Schwimmfähigkeit“ nennt (Fig. 15, 16 und 18).

Sprung. Es ist nicht genügend, daß ein Schiff grade so viel Schwimmfähigkeit habe, daß es über Wasser bleibt, denn dann würde es von jeder Welle unter Wasser gesetzt werden. Durch die „Reserve-Schwimmfähigkeit“ erhält es die Kraft, über Wasser zu bleiben und wie wir in Kapitel VI sehen werden, außerdem die Kraft, sich wieder aufzurichten, wenn es übergehellt wird. Der große Vorteil des „Sprunges“ (Fig. 18), welcher den Enden des Schiffes



S = Sprung. Volumen oberhalb der Linie XY = Reserve-Auftrieb, welchen man durch den Sprung erhält.

Fig. 18. — Sprung.

„Reserve-Schwimmfähigkeit“ verleiht, wird hierdurch augenscheinlich, denn sobald ein Schiff in ein Wellenthal hineinstampft, so verdrängt es mehr Wasser, als sein Gewicht und wird daher wieder in die Höhe gedrängt.

Wert der Deckaufbauten. Das „Board of Trade“ erkennt den Wert des Sprunges so sehr an, daß es einen gewissen Betrag empfiehlt je nach dem Typ des Schiffes. Ist dieser Betrag überschritten, so wird eine Reduktion des Freibords gestattet und im entgegengesetzten Falle wird der Freibord vergrößert (siehe Kapitel über Freibord). Der Wert von „poops“ (hohen Hinterdecks) und hohen Backs, der letzteren besonders, wenn sie gehörig an den Enden geschlossen werden können, wird jetzt jedem einleuchten, da sie die Schwimmfähigkeit erhöhen und besonders dort, wo dieselbe am nötigsten ist. Ebenso gewähren alle Brücken mit wasserdichten Enden, Deckhäuser, Luken, kurz alle geschlossenen, wasserdichten Aufbauten „Reserveauftrieb“, wenn auch in geringerem Maße.

Mittelpunkt des Auftriebs. Ebenso, wie man nun den Schwerpunkt von verschiedenen Gewichten, welche an einem Hebel wirken, findet, so kann man auch den Mittelpunkt der verschiedenen Auftriebskräfte bestimmen; da man annehmen kann, daß alle verschiedenen Kräfte in einem bestimmten Punkte angreifen, so wird man die Wichtigkeit dieses Punktes leicht einsehen, besonders wenn wir uns mehr mit der „Stabilität“ beschäftigen werden.

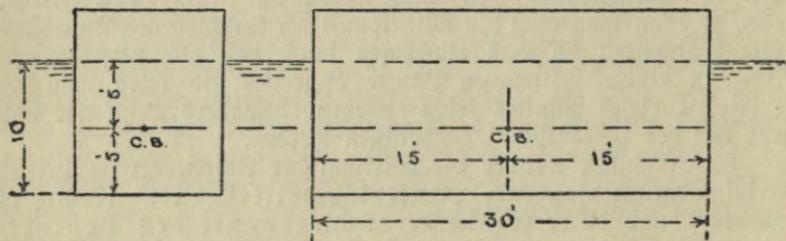
Diesen Punkt, welcher die Wirkung der Auftriebskräfte in sich vereinigt, nennt man kurz „Auftriebsmittelpunkt“ (Centre of buoyancy), und da er zugleich der Schwerpunkt des Displacements ist, so nennt man ihn auch Displacementsschwerpunkt (B in Fig. 15 und 16). Um also den Mittelpunkt des Auftriebs zu finden, braucht man nur den Schwerpunkt des Displacements oder den „Displacementsschwerpunkt“ zu berechnen, da beide dasselbe bedeuten. Da dieser Punkt mit jedem Tiefgang wechselt, so muß man eine bestimmte Methode anwenden, um leicht den „Mittelpunkt des Auftriebs“ oder den „Displacementsschwerpunkt“ bei jedem Tiefgang bestimmen zu können. Dieses erreicht man, indem man den „Displacementsschwerpunkt“ bei verschiedenen Tiefgängen, parallel der „Tiefadelinie“, berechnet und darnach die zugehörigen Kurven konstruiert. Durch Berechnung von Momenten, indem man horizontale Wasserliniensflächen, anstatt der Gewichte beim Hebel, benutzt, findet man die Lagen der vertikalen Displacementsschwerpunkte bei den in Betracht kommenden Tiefgängen. In ähnlicher Weise findet man die longitudinalen Displacementsschwerpunkte bei verschiedenen Tiefgängen, indem man vertikale Querschnitte des Displacements zu Grunde legt. (Siehe wegen Beispiele und Berechnungen Kapitel X.)

Kurven von vertikalen und longitudinalen Displacementsschwerpunkten. Um den wirklichen Displacementsschwerpunkt zu finden, ist es nötig, zwei Kurven zu konstruieren, eine für die vertikale und eine für die longitudinale Linie der Mittelpunkte des Auftriebs. Wo sich die beiden Linien schneiden, liegt der Displacementsschwerpunkt.

Diese Kurven können dem Schiffsoffizier mit wenig Zeit und Mühe von dem Baumeister oder Konstrukteur geliefert werden. Kurven für ein kastenförmiges Schiff zu konstruieren, würde unnötig sein, da es klar ist, daß die vertikalen Mittelpunkte des Auftriebs immer in der Höhe des halben Tiefgangs liegen müssen und die Longitudinalpunkte in der halben Länge, wenn der Schiffsboden parallel der Wasserlinie ist.

Demgemäß würde bei 10 Fuß Tiefgang der vertikale Mittelpunkt des Auftriebs 5 Fuß unterhalb der Wasserlinie sein, bei 6 Fuß Tiefgang 3 Fuß zc.

Kurve der vertikalen Displacementschwerpunkte. Die Höhen der vertikalen Displacementschwerpunkte, welche bei der Konstruktion der Kurve in Fig. 20 zur Anwendung kamen, beziehen sich auf ein



C. B. = Mittelpunkt des Auftriebs.

Fig. 19. — Auftriebs-Mittelpunkt eines kastenförmigen Schiffes.

Schiff, das ungefähr 200 Fuß lang ist und einen beladenen Tiefgang von 14 Fuß hat. Wir wollen annehmen, daß die vertikalen Displacementschwerpunkte bei 4, 8, 12 und 16 Fuß Tiefgang zu 1,2, 2,9, 4,9 und 6,6 Fuß unterhalb der zugehörigen Wasserlinien gefunden wären. Um nun die Kurve zu konstruieren, verfährt man wie folgt: Die Linien AB und AC werden rechtwinkelig zu einander gezogen. Es sei AB die Höhenkala und AC die Tiefgangskala. Von dem Punkt B, welcher 16 Fuß Höhe darstellt, ziehe man eine horizontale Linie und von dem Punkt C, welcher 16 Fuß Tiefgang darstellt, eine vertikale Linie; die beiden schneiden sich in D. Von D aus setze man die Entfernung unterhalb der 16 Fuß Wasserlinie = 6,6 Fuß ab. Ebenso verfährt man bei 12 Fuß Höhe und 12 Fuß Tiefgang. Die Linien schneiden sich in E und von hier aus setze man die 4,9 Fuß (unterhalb der Wasserlinie) ab. — Auf gleiche Weise findet man die Punkte für 8 und 4 Fuß Tiefgang. Indem man die auf diese Weise gefundenen Punkte verbindet, erhält man die Linie xy, welche die Kurve für die vertikalen Displacementschwerpunkte darstellt. Vermittelt dieser Kurve kann man die Höhe der vertikalen Displacementsentren über der Unterkante des Kiels bei jedem Tiefgang angeben.

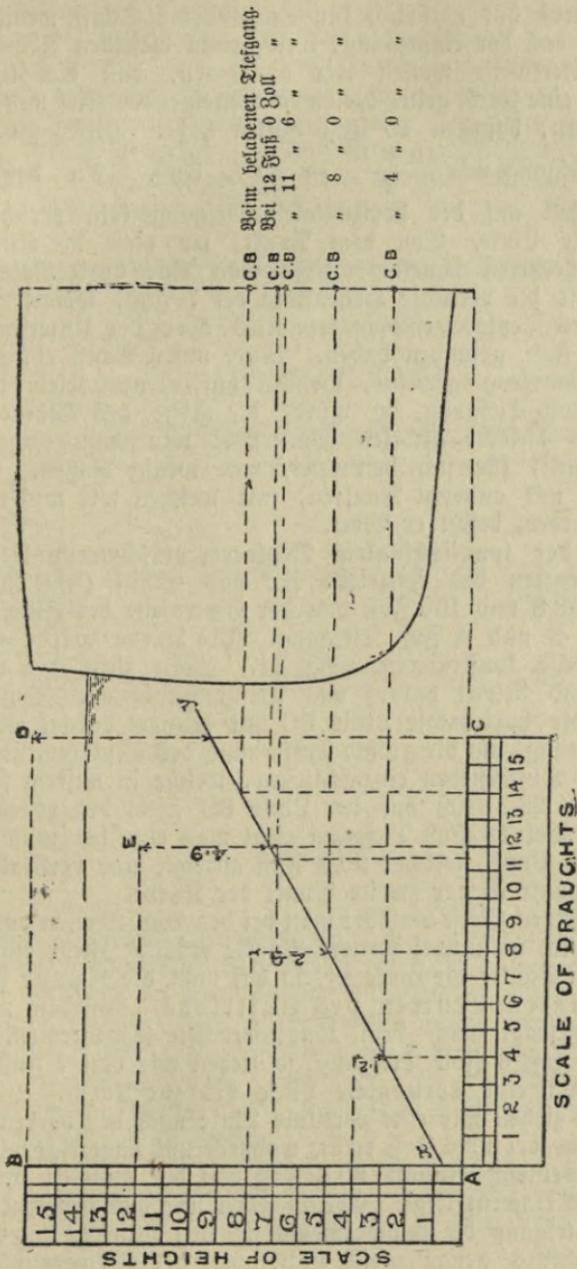


Fig. 20. — Kurve der vertikalen Mittelpunkte des Auftriebs (Displacementsschwerpunkt).
 Scale of Draughts = Tiefgang-Skala.
 Scale of Heights = Höhen-Skala.

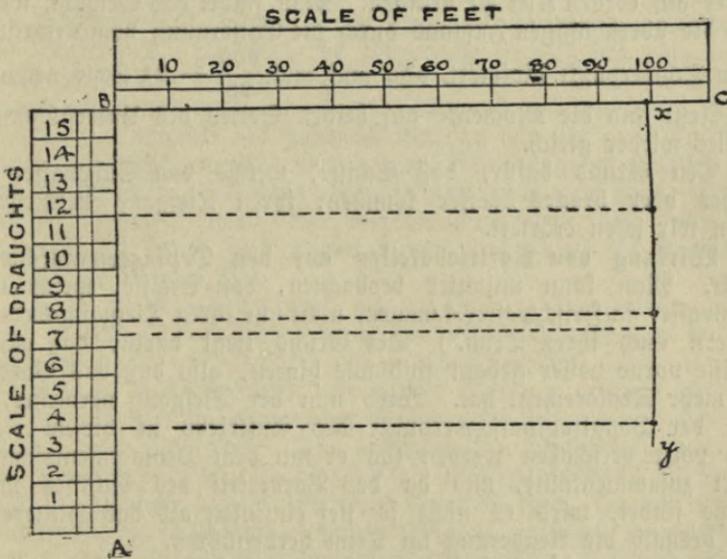
Die Kurve hat natürlich für ein anderes Schiff wenig Wert, es sei denn, daß der eingetauchte Teil genau dieselben Abmessungen habe. Beispielsweise wollen wir annehmen, daß die Kurve in Fig. 20 für eine Yacht gelte, die einen aufsteigenden Kiel und 10 Fuß Tiefgang vorn, dagegen 13 Fuß hinten habe. Dieses giebt einen mittleren Tiefgang von $\frac{10 + 13}{2} = 11\frac{1}{2}$ Fuß. An der Stelle 11 Fuß 6 Zoll auf der horizontalen Tiefgangsskala errichte man eine vertikale Linie. Von dem Punkt, wo diese die Kurve der Deplacementscentren schneidet, zieht man eine horizontale Linie. Dieselbe trifft die vertikale Höhengskala bei 7 Fuß, womit wir also die Höhe des Deplacementschwerpunktes über der Unterkante des Kiels zu 7 Fuß gefunden haben. Wäre unser Schiff ein gewöhnliches Frachtfahrzeug gewesen, welches auf ebenem Riele läge bei 11 Fuß 6 Zoll Tiefgang, so würde die Höhe des Deplacementschwerpunktes dieselbe gewesen sein. Wie wir schon gesagt haben, ist dieser Punkt, für sich betrachtet, von wenig Nutzen. Nur in Verbindung mit anderen Punkten, mit welchen wir uns noch beschäftigen werden, besitzt er Wert.

Kurve der longitudinalen Deplacementschwerpunkte. Die Längsschiffcentren des Auftriebs für das Schiff (Fig. 20) seien 98,7, 99,2, 99,8 und 100 Fuß von der Hintenseite des Hinterstevens bei 16, 12, 8 und 4 Fuß Tiefgang. Die Kurve würde man in folgender Weise konstruieren. (Fig. 21.) Man zieht die vertikale Linie AB und bringt darauf eine Tiefgangsskala an. Von B aus zieht man die horizontale Linie BC und zeichnet darauf eine Fußskala, lang genug, um die größte Entfernung des Deplacentschwerpunktes vom Hinterstevens einzuschließen, welche in unserm Falle = 100 Fuß ist. 98,7 Fuß auf der Linie BC giebt den ersten Punkt der Kurve. Bei 12 Fuß Tiefgang zieht man eine horizontale Linie und von dem Punkt, welcher 99,2 Fuß anzeigt, eine vertikale Linie. Der Schnittpunkt ist der zweite Punkt der Kurve.

In derselben Weise verfährt man bei den Wasserlinien von 8 und 4 Fuß, wodurch man zwei weitere Punkte erhält. Zieht man durch die erlangten Punkte die Linie xy, so hat man die Kurve für die longitudinalen Centren des Auftriebs. Würden wir beispielsweise gefragt nach dem longitudinalen Deplacentschwerpunkt bei 7 Fuß 6 Zoll Tiefgang, so ziehen wir von 7 Fuß 6 Zoll der Höhengskala eine horizontale Linie bis zur Kurve. Von dem Schnittpunkt ziehen wir eine vertikale Linie nach der oberen Skala, welche dieselbe bei 99,6 Fuß trifft, wodurch uns angezeigt wird, daß der Deplacentschwerpunkt 99,6 Fuß von der hinteren Kante des Hinterstevens entfernt liegt. Ebenso sehen wir aus der Kurve, daß bei 4 Fuß Tiefgang die Deplacents für den vorderen und hinteren Teil des Schiffes genau gleich sind, weil der Schwerpunkt genau

in der Mitte liegt, nämlich bei 100 Fuß. Nimmt nun der Tiefgang zu, so sehen wir, daß der Schwerpunkt allmählich immer weiter nach hinten rückt, bis zur Tiefadellinie, woraus wir wieder sehen, daß das Schiff hinten etwas voller ist, wie vorn. Wir können nun unser Schiff mit einem großen Hebel vergleichen, welcher, sagen wir bei 7 Fuß Tiefgang, in der Mitte unterstützt ist. Ferner soll das Schiff in dieser Lage 550 Tons wiegen, also ein Displacement von 550 Tons haben. Es soll nun in folgender Weise zugeladen werden:

50 Tons staut man 20 Fuß hinter dem longitudinalen Displacementschwerpunkt
 30 " " " 60 " " " " "
 20 " " " 30 " vor " " "
 40 " " " 70 " " " "



Scale of Draughts = Tiefgang-Skala. Scale of Feet = Fuß-Skala.

Fig. 21. — Kurve der Mittelpunkte des Auftriebs der Länge nach
 = Kurve der longitudinalen Displacementschwerpunkte.

Was wird der Effekt sein? Erstlich wissen wir, daß der Tiefgang vermehrt wird; man könnte diese Vermehrung finden, indem man die Gewichte addiert und damit in die Displacementsskala Fig. 3 und 4 eingeht. $550 + 50 + 30 + 20 + 40 = 690$ Tons giebt 8 Fuß $4\frac{1}{2}$ Zoll Tiefgang.

Nun ist aber noch zu beachten, daß, je nachdem die Gewichtsmomente vor oder hinter dem Displacementschwerpunkt überwiegen, das Schiff vorn oder hinten tiefer (kopf- oder steuerlastig) liegen wird.

Wir haben

Momente an der Rückseite des Deplacementschwerpunktes.	Momente an der Vorderseite des Deplacementschwerpunktes.
50 · 20 = 1000 Fußtons	20 · 30 = 600 Fußtons
30 · 60 = 1800 "	40 · 70 = 2800 "
total <u>2800</u> "	zusammen <u>3400</u> "

Da also die Momente an der Vorderseite um 600 Fußtons überwiegen, wird das Schiff kopflastig sein. Wir wollen nun annehmen, daß wir zu wissen wünschen, welches Gewicht man 25 Fuß hinter dem Deplacementschwerpunkt stauen müßte, um das Schiff wieder auf ebenen Kiel zu bringen. Man findet das Gewicht, wenn man die überschüssigen Fußtons durch die Entfernung vom ursprünglichen Schwerpunkt dividiert, also muß man $\frac{600}{25} = 24$ Tons nehmen.

Jetzt sind die Momente auf beiden Seiten des Unterstützungspunktes wieder gleich.

Den Grund dafür, daß Schiffe, welche von Salzwasser in frisches oder brackes Wasser kommen, ihren Tiefgang vermehren, haben wir schon erörtert.

Wirkung von Auftriebskeilen auf den Deplacementschwerpunkt. Man kann mitunter beobachten, daß Schiffe, welche von Salzwasser in Frischwasser kommen, nicht nur ihren Tiefgang ändern, sondern auch ihren Trim.*) Der Grund liegt darin, daß einige Schiffe vorne voller gebaut sind wie hinten, also daß das Vorder- teil mehr Deplacement hat. Wird nun der Tiefgang vermehrt, so muß der Longitudinalschwerpunkt des Auftriebs in diesem Falle nach vorn verschoben werden (da er mit dem Deplacementschwerpunkt zusammenfällt), und da das Borderteil des Schiffes mehr Stütze findet, wird es nicht so tief einsinken als das Hinterende und deshalb die Aenderung im Trim herbeiführen.

Wenn man die Auftriebs gewöhnlicher Schiffe untersucht, findet man fast immer das Borderteil etwas voller wie das Hinterteil; aber diese Bölligkeit findet meistens bei den unteren Abmessungen statt. Bei der Tiefabdelinie findet man dagegen meistens die größere Bölligkeit hinten, so daß, wenn man sich vorstellt, daß das Schiff zuerst in der Wasserlinie WL (Fig. 22) schwimmt und dann, indem man Ladung nach vorn schafft, in der Linie AB, der Keil y gewöhnlich inhaltlich größer sein würde, als der Keil x.

Wie wir schon gesehen haben, muß, wenn ein Schiff in irgend einer Wasserlinie zur Ruhe kommt, das Deplacementsgewicht gleich

*) Unter Trim versteht man den Unterschied zwischen den Tiefgängen am Vorderstev und Hinterstev.

dem Auftrieb sein. Nimmt das Displacementsgewicht auf irgend eine Weise zu, so wird der Tiefgang zunehmen; nimmt dagegen der Auftrieb zu, so wird das Schiff höher aus dem Wasser kommen und der Tiefgang vermindert werden.

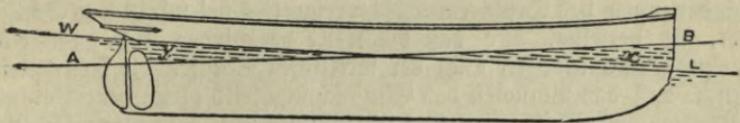


Fig. 22. — Auftriebs-Keile.

Wir wollen nun wieder annehmen, das Schiff schwämme in der Wasserlinie AB und durch Umstauen von Lasten würde WL die Wasserlinie. Ist jetzt der körperliche Inhalt des eingetauchten Keils größer als der des ausgetauchten Keils, so wird der Tiefgang etwas abnehmen und umgekehrt. Wie wir gesehen haben, ist der vertikale Mittelpunkt des Auftriebs derselbe wie der vertikale Mittelpunkt des Displacements und mit jeder Bewegung des Schiffes findet eine Verschiebung des Auftriebsmittelpunktes in den neuen Displacementschwerpunkt statt. Wir werden nun sehen, wie man diesen neuen Punkt findet, und hierbei kommt uns wieder die Betrachtung der Momente zu Hilfe.

Fig. 23 ist ein Zylinder, der 10 Fuß im Durchmesser, 20 Fuß lang ist und 5 Fuß Eintauchung hat. Das Displacement in dieser Lage würde $\frac{1}{2} \cdot 5^2 \cdot 3,1416 \cdot 20 = 785,4$ Kubikfuß sein. B ist der Mittelpunkt des Auftriebs, wenn der Zylinder aufrecht schwimmt. Wir wollen nun annehmen, der Zylinder sei 20° geneigt und beobachten, was stattfindet. Die ursprüngliche Wasserlinie war WL, während bei der Neigung von 20° die Wasserlinie W'L' wird. Der Keil A, welcher früher wirklicher Auftrieb war, kommt aus dem Wasser und wird Reserve-Schwimmfähigkeit, während umgekehrt der Keil A aus Reserve-Schwimmfähigkeit wirkliche Schwimmfähigkeit (Auftrieb) wird. g und k seien die Mittelpunkte des Auftriebs der Keile. Wir haben also den Auftriebskeil mit dem Mittelpunkt g in die Lage des Auftriebskeils mit dem Mittelpunkt k gebracht und es beträgt die Entfernung von k nach g $6\frac{1}{2}$ Fuß. Der Keil mit g als Auftriebsmittelpunkt sei 87 Kubikfuß. Da das ganze Displacement unverändert geblieben ist, so muß der Keil mit dem Auftriebsmittelpunkt k auch 87 Kubikfuß fassen. Es muß sich nun der Mittelpunkt des Auftriebs nach derselben Richtung bewegt haben, in welcher sich der ganze Auftrieb bewegt hat, nämlich nach St. B. nach B' und in einer Linie parallel der Verbindungslinie von g und k.

Die genaue Entfernung findet man, wenn man den körperlichen Inhalt des Keils, 87 Kubikfuß, mit der

Entfernung, $6\frac{1}{2}$ Fuß, multipliziert und durch das ganze Deplacement resp. durch das Volumen des Auftriebs dividiert. $\frac{87 \cdot 6\frac{1}{2}}{785,4} = 0,72$ Fuß hat sich der Mittelpunkt des Auftriebs nach Steuerbord bewegt. Der Grundsatz, nach dem man die Veränderungen des Deplacementschwerpunktes bei wirklichen Schiffen findet, ist derselbe, nur daß die Keile verschieden sind. In einer Beziehung sind indessen auch bei wirklichen Schiffen die Keile gleich, nämlich, daß das Volumen des Eintauchungskeils gleich dem Volumen des Austauchungskeils ist. Bei cylinderförmig geformten Schiffen,

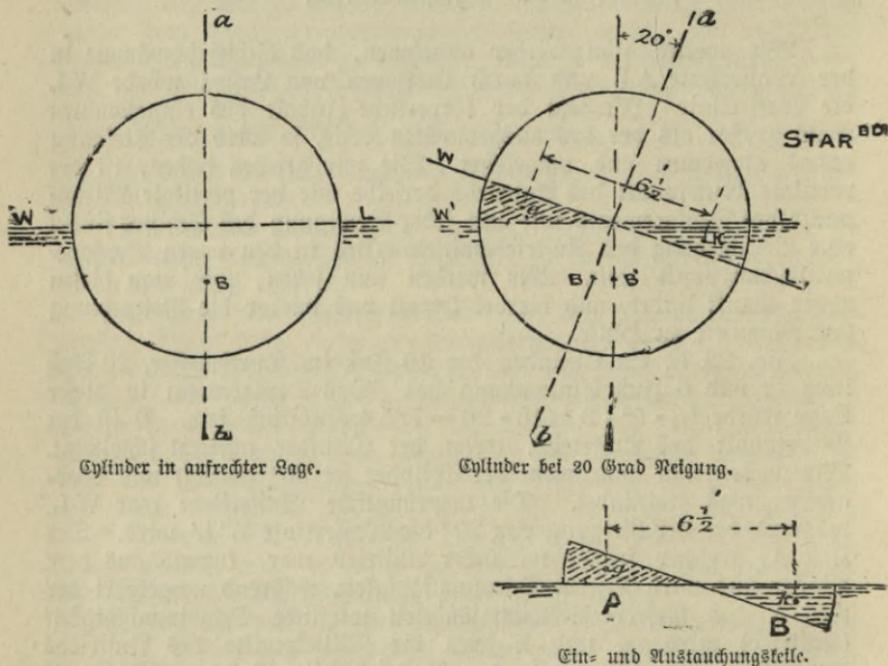


Fig. 23. — Auftriebskeile bei einem Cylinder.

deren Wasserlinien durch den Mittelpunkt des Cylinders gehen und welche sich um den Mittelpunkt ihres Durchmessers drehen, sind die Keile nicht nur inhaltgleich, sondern auch kongruent und irgend welche Abschnitte der Keile, vorn und hinten, sind vollkommen gleich. Dieses ist bei wirklichen Schiffen nicht der Fall, denn bei solchen weichen die Eintauchungskeile in der Form bedeutend von den Austauchungskeilen ab, besonders an den Enden und bei großen Neigungswinkeln.

Etwas Nachdenken oder eigene Beobachtung der Schiffsformen wird die Sache noch deutlicher machen.

Während es also eine einfache Sache ist, den Schwerpunkt von „Ein- und Austauschkeilen“ bei schwimmenden Cylindern, deren Schwimmlinie durch den Mittelpunkt geht, zu finden, macht es mehr Arbeit, den Schwerpunkt bei wirklichen Schiffen zu finden; indessen ist es doch prinzipiell nicht sehr schwierig. (Siehe Kap. 10).

Wirkung des Eintritts von Wasser auf die Schwimmfähigkeit.

Wir wollen uns die Frage vorlegen, welche Wirkung das Eintreten von Wasser auf die Schwimmfähigkeit eines Schiffes hat. Diese Wirkung hängt in erster Linie davon ab, wie und wo das Wasser eintritt. Wir wollen den Fall setzen, daß eine überbrechende See ihren Weg durch eine Luke oder dergl. nach unten findet, während die Außenhaut des Schiffes unbeschädigt bleibt. Der Eintritt des Wassers würde nun dieselbe Wirkung haben, wie das Zuladen von Schwergut, also 35 Kubikfuß = 1 Tonne Schwergut (d. w.) sein. Sollte immer mehr Wasser eindringen, so würde der Tiefgang mehr und mehr zunehmen und falls das Gewicht von Schiff, Ladung und Wasser mehr betrüge, als das größtmögliche Deplacement, so würde das Schiff natürlicher Weise sinken. Wenn andererseits der Raum gefüllt wäre und das Gewicht des Schiffes, der Ladung und des Wassers kleiner, als das größtmögliche Deplacement, so würde das Schiff flott bleiben, d. h. abgesehen von dem Einflusse, welchen das

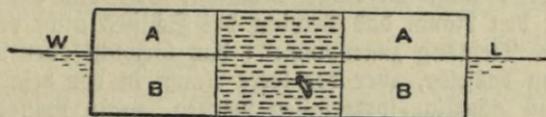


Fig. 24. — Wirkung, die das Eindringen von Wasser in eine beschädigte Abteilung des Schiffes auf den Auftrieb ausübt.

Volllaufen auf die Stabilität und den Trim des Schiffes haben würde; denn sollte das Wasser Zutritt erhalten zu einem großen Raum nahe dem Vorder- oder Hinterende des Schiffes, so könnte dieses, mit dem bezüglichen Ende voran, untergehen. Wir wollen nun aber einen davon ganz verschiedenen Fall annehmen.

Wäre in der äußeren Deplattung in irgend einem Raum ein Loch unterhalb der Wasserlinie, so würde das Wasser natürlich hineindringen. Würde man den Leck nicht stopfen und der Raum wäre leer, so würde das Wasser so lange steigen, bis es im Raum ebenso hoch stände, wie außerhalb desselben. Dieses Eindringen des Wassers ist ganz verschieden vom vorhergehenden Falle, wo es von oben hereinkam. Dort wirkte das Wasser wie Schwergut; aber in diesem Fall, wo das Wasser innerhalb mit dem Wasser außerhalb

in unmittelbarer Verbindung steht, ist es anders. Das Schiff ist der ganzen Schwimmfähigkeit, sowohl der wirklichen wie der Reserve-Schwimmfähigkeit, dieses Kompartiments beraubt worden, selbst wenn es, nachdem der Tiefgang zugenommen, noch genügende Auswässerung haben sollte. Der leere Raum vom Wasser aufwärts bis zum Luf gehört nicht länger zur Reserve-Schwimmfähigkeit, sondern das Schiff hat die Schwimmfähigkeit des ganzen Kompartiments verloren; ist nun die Schwimmfähigkeit der anderen unbeschädigten Abteilungen des Schiffes größer als das Displacement des unbeschädigten Schiffes, bevor das Wasser hereinkam, so wird das Schiff schwimmen. Ist dagegen dem Schiffe weniger Schwimmkraft verblieben, so wird es sinken. Wir wollen uns dieses etwas klarer zu machen suchen durch ein Kasten-schiff (Fig. 24). Dasselbe sei durch 2 wasserdichte Schotte in 3 wasserdichte Abteilungen geteilt und schwimme in der Wasserlinie W. L. Die mittlere Abteilung ist beschädigt und deren Schwimmkraft gänzlich verloren, da das Wasser freien Zutritt hat. Wenn der körperliche Inhalt von A A (Reserve-Schwimmkraft) und B B (Teile der ursprünglichen, wirklichen Schwimmkraft) wenigstens gleich der ursprünglichen wirklichen Schwimmkraft d. h. gleich dem Displacement des unter der ursprünglichen Wasserlinie befindlichen Schiffskörpers ist, so kann das Schiff über Wasser bleiben; wenn sie geringer ist, muß es unvermeidlich sinken.

Der Leser muß im Auge behalten, daß das Eindringen des Wassers in den Raum das Gewicht des Schiffes nicht vermehrt hat, obgleich der Tiefgang zugenommen; das Gewicht oder Displacement bleibt genau dasselbe, aber der leere Raum in der beschädigten Abteilung muß gänzlich fortgelassen werden, wenn man die wirkliche und die Reserve-Schwimmfähigkeit aufrechnet. Durch die Vermehrung des Tiefgangs hat das Schiff sozusagen eine Anleihe bei der Reserve-Schwimmkraft der unbeschädigten Abteilungen gemacht und das entliehene Quantum ist gleich dem körperlichen Inhalt des Teils vom beschädigten Kompartiment, welches vor dem Unfall unter der Wasserlinie und wirkliche Schwimmfähigkeit war.

Hätte sich der Unfall auf einem Schiffe ereignet, dessen Raum mit Holz angefüllt ist, so würde die Sache noch anders liegen. Das Wasser wird einströmen und allen Raum einnehmen, welchen es finden kann, und da der Raum sozusagen voll ist, kann dieser Platz nicht groß sein. Das Wasser wird alle Ecken und Winkel ausfüllen, wo kein Holz liegt, und alle diese kleinen Räume unter der ursprünglichen Wasserlinie sind verlorene Schwimmfähigkeit. Das Schiff wird nur so viel sinken, als bis die verlorene Schwimmfähigkeit ausgeglichen ist durch die Reserve-Schwimmfähigkeit, welche durch das tiefere Eintauchen der anderen Abteilungen in wirkliche

verwandelt wird. Dieser Betrag wird in den meisten Fällen nur gering sein.

Rundung der Deckbalken. (Balkenbucht, camber oder round of beam). Von allen bei Lloyds klassifizierten Schiffen wird verlangt, daß das obere Deck gerundet ist und zwar wenigstens $\frac{1}{4}$ Zoll auf 1 Fuß Balkenlänge. Daher wird ein Schiff, das 40 Fuß breit ist, eine Rundung von $\frac{1}{4} \cdot 40 = 10$ Zoll und deswegen in der Mitte 10 Zoll mehr Raumtiefe haben. Man erhält hierdurch mehr Reserve-Schwimmfähigkeit und würde man die Rundung geringer nehmen, wie Vorschrift, müßte man die Auswässerung vergrößern, während man dieselbe bei vermehrter Rundung verringern kann. (Kapitel über Freibord.)

Probe der Wasserballasttanks. Alle Wasserballasttanks sollten einer Probe unterworfen werden, um sich zu vergewissern, daß sämtliche Nieten, Laschungen, Verstimmungen und Verbindungen gehörig wasserdicht sind. Man macht die Probe mit Wasserdruck. Man läßt eine eiserne Röhre von der erforderlichen Länge vertikal in den Tank, welchen man erproben will. Man pumpt dann so viel Wasser in den Tank, bis das Wasser oben aus der Röhre herausgepreßt wird. Hierzu ist ein bedeutender Druck erforderlich, welcher im direkten Verhältnis zur Höhe der Röhre steht.

Nehmen wir an, daß der Querschnitt der Röhre einen Quadrat-zoll und die Höhe von der Tankdecke ab 20 Fuß betrüge. So lange der Tank nur voll Wasser ist, wird kein Druck auf die Deckplatte ausgeübt, aber wenn das Wasser oben aus der Röhre quillt, herrscht unten ein Druck von $\frac{20 \cdot 62\frac{1}{2}}{144} = 8,6$ Pfund (frisch Wasser). Daher ist der Druck auf die innere Tankdecke = 8,6 Pfund pro Quadrat-zoll oder $20 \cdot 62\frac{1}{2} = 1250$ Pfund pro Quadratfuß.

Schiffe, welche beim englischen Lloyd klassifiziert sind, müssen ihre Tanks folgender Probe unterwerfen:

Doppelböden. Bei denselben muß das vorhin erwähnte eiserne Rohr wenigstens bis zur Höhe der Tiefadelinie hinaufreichen.

Tiefe Tanks und Pieltanks. Bei diesen muß das Rohr wenigstens 8 Fuß höher sein wie die Tankdecke.

Vordere und hintere wasserdichte Schotte ohne Pieltank. Diese werden einer Probe unterworfen, indem man die Pieltanks bis zur Höhe der Tiefadelinie mit Wasser füllt. Andere Schotte sowie Decks können auf Wasserdichtigkeit hin untersucht werden, indem man Wasser aus einer starken Forcepumpe darauf pumpt.

Viertes Kapitel.

Beanspruchung des Schiffes.

Inhalt: Beziehung des Material-Gewichts zur Stärke — Beanspruchung, wenn das Schiff unbeladen im Hafen liegt — Beziehung zwischen Gewicht und Auftrieb — Vermehrte oder verminderte Beanspruchung beim Laden — Verteilung und Anordnung des Baumaterials, um den größten Biegungswiderstand zu bekommen — Typen von Schiffen, welche größter Beanspruchung unterworfen sind — Beanspruchungen im See-gange — Beanspruchungen durch Vibration (Panting strains) — Beanspruchungen, welche durch die Fortbewegung durch Dampf oder Wind hervorgerufen werden — Beanspruchung durch Deckladungen und beständige Deckbelastung — Beanspruchung durch Übernahme von Sturzseen. — Beanspruchung, wenn das Schiff beim Laden auf Grund sitzt.

Beziehung des Material-Gewichts zur Stärke. Es würde verkehrt sein, mit dem Studium des Schiffbaues zu beginnen, bevor wir nicht einige Kenntnis haben von den Beanspruchungen, welchen die Schiffe voraussichtlich unter verschiedenen Umständen ausgesetzt sein werden. Um ein Schiff zu bauen, welches jeder auch noch so großen Anstrengung ohne Schaden widerstehen könnte, müßte man so viel schweres Material brauchen, daß dadurch die Tragfähigkeit sehr gering werden würde. Es ist auch durchaus nicht richtig, daß das Schiff aus dem schwersten Material das beste oder stärkste ist, sondern vielmehr dasjenige, welches beim leichtesten Material so konstruiert ist, daß es am besten imstande ist, allen Beanspruchungen, welchen es wahrscheinlich ausgesetzt werden wird, erfolgreichen Widerstand bieten zu können. Dies ist das Prinzip aller Klassifikations-gesellschaften, wie Englischer und Germanischer Lloyd, Veritas &c.

Die Schiffe werden mit zwei Systemen von Verbänden gebaut, nämlich dem Längsverbande und dem Querverbande.

Unter Längsverband versteht man alle Verbände eines Schiffes, welche längsschiffs laufen und dazu dienen, dem Schiffe die gehörige Festigkeit in der Längsrichtung zu geben.

Unter Querverband eines Schiffes versteht man alle diejenigen Verbände, deren Funktion es ist, dem Schiffe Festigkeit nach den Seiten hin zu geben. Das stärkste Schiff erhält man, wenn diese beiden Systeme von Verbänden so wieder unter einander ver-

einigt werden, daß der eine Verband durch den anderen Verband verstärkt wird und beide sich gegenseitig unterstützen, um den an sie gestellten Anforderungen zu genügen. Wenn dieses erreicht ist, überzieht man das Ganze mit einer Haut in Gestalt der Außenbeplattung und des Decks und hierdurch wird das Rahmenwerk noch besser verbunden und aufs neue verstärkt.

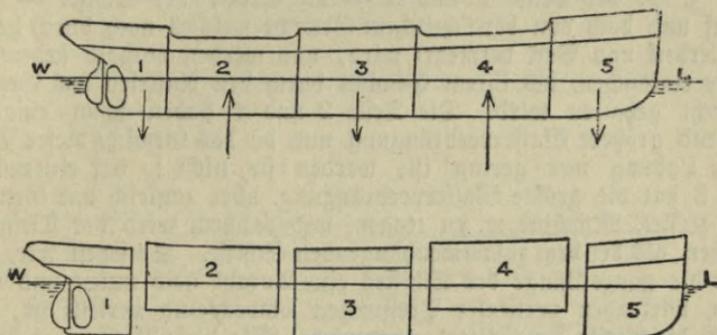


Fig. 25 und 26. — Spannungen und Beanspruchungen von Schiffen im leichten Zustande.

Beanspruchung bei unbeladenem Schiffe im Hafen. Wenn man einen gewöhnlichen Frachtdampfer ansieht, welcher unbeladen im Hafen liegt, könnte man fast annehmen, daß derselbe in seinem derzeitigen Zustande gar keinen Beanspruchungen ausgesetzt sei. Bei näherer Betrachtung liegt die Sache aber ganz anders. Wie wir schon gezeigt haben, wird jeder ins Wasser gesetzte Körper so lange sinken, bis er eine Quantität Wasser verdrängt hat, welche ebenso schwer ist, wie er selbst. Oder mit anderen Worten, sowie der Körper soweit eintaucht, daß er im Wasser stationär bleibt, muß der nach unten gerichtete Druck des eigenen Gewichtes durch einen gleich großen, nach oben gerichteten Druck des Wassers aufgehoben werden.

Beziehung zwischen Gewicht und Auftrieb. Nehmen wir an, das Schiff (Fig. 25) sei 200 Fuß lang und bei Loyds klassifiziert; es würde dann vorchriftsmäßig 4 wasserdichte Schotte haben, eins an jedem Ende des Maschinen- und Kesselraumes, ferner ein Kollisionschott vorn und ein anderes hinten. Falls das Gewicht des unbeladenen Schiffes 500 Tons wäre, würde es ein Volumen Wasser von 500 Tons Gewicht verdrängen, und beispielsweise in der Wasserlinie W. L. zur Ruhe kommen. — Nun wollen wir einmal annehmen, daß das Schiff in 5 einzelne Teile auseinander genommen werden könnte und zwar bei den 4 Schotten, so daß jeder Teil für sich im Wasser schwämme, wie Fig. 26 zeigt. Es wird sich dann zeigen, daß die

Tiefgänge ganz bedeutend von einander abweichen und kein Teil in der vorherigen Wasserlinie schwimmt. Es läßt sich dieses leicht erklären. Das Totalgewicht aller Teile ist genau dasselbe und daher muß auch insgesamt dasselbe Quantum Wasser verdrängt werden, aber es ergibt sich eine ungleiche Verteilung des Gewichtes und der Schwimmfähigkeit in der Längsrichtung des Schiffes. So sind z. B. die Teile 1 und 5 — die Enden der Schiffe — sehr scharf und doch von beträchtlichem Gewicht welches noch durch hohes Hinterdeck und Back vermehrt wird, und werden deshalb bedeutend tiefer eintauchen, bis ihrem Gewicht durch den Auftrieb das Gegen-gewicht gehalten wird. Die Teile 2 und 4 haben schon eine bedeutend größere Wasserverdrängung und da das Gewicht dieser Teile ohne Ladung nur gering ist, werden sie nicht so tief eintauchen. Nr. 3 hat die größte Wasserverdrängung, aber zugleich das Gewicht von Kessel, Maschine etc. zu tragen, und dadurch wird der Tiefgang größer, als bei dem zusammenhängenden Schiffe. So sehen wir, daß über die ganze Länge des Schiffes eine Anzahl nach unten und nach oben wirkender vertikaler Pressungen abwechselnd verteilt ist, wie durch die Pfeile der Skizze angedeutet. Alle diese Pressungen haben das Bestreben, die Form des Schiffes in der Längsrichtung zu verändern. Damit ist also der Schiffbauer auf die Aufgabe hingewiesen, die Verbindungen des Materials so herzustellen, daß diese Pressungen keinen Einfluß auf die Form des Schiffes erlangen können. Es muß also ein durchaus guter Längsverband geschaffen werden.

Beanspruchungen beim Laden. Man kann nun leicht einsehen, daß die erörterten Beanspruchungen beim Laden sehr vermehrt werden können. Würde man bei Stückgutladungen z. B. die schwersten Stücke vorn und hinten verstauen, wo der Auftrieb am geringsten ist, so würde die Neigung des Schiffes, die Enden hängen zu lassen, bedeutend vermehrt werden. Man soll deswegen die schweren Stücke möglichst so verstauen, daß eine ausgleichende Wirkung zwischen dem schweren Gewicht und der größeren Schwimmfähigkeit erzielt wird, um so größere lokale Spannungen zu vermeiden. Hierdurch läßt sich häufig erreichen, daß die Beanspruchung beim beladenen Schiff geringer wird, als beim leeren.

Betrachten wir die Beanspruchungen und Anstrengungen, welchen ein Schiff auf See unterworfen ist, so werden wir den Nachteil einer schlechten Stauung noch deutlicher einsehen. Zu den vertikalen Pressungen kommen dann noch zusammendrückende, welche auf jeden Teil der eingetauchten Beplattung wirken, weil die Kräfte des Auftriebs eine pressende Kraft senkrecht zur eingetauchten Oberfläche ausüben. (Fig. 15.) Während also die aufwärts wirkenden Kräfte das Bestreben haben, das Schiff aus dem Wasser zu heben, haben die horizontal und schräg wirkenden Auftriebskräfte das Bestreben, die Seiten des Schiffes einzudrücken.

Es ist klar, daß dieser Druck um so größer ist, je größer der eingetauchte Schiffsumfang ist, also am größten in der Mitte und am kleinsten an den Enden des Schiffes. Wenn schon Beanspruchungen in ruhigem Wasser recht bedeutend sein können, so sind sie bei bewegter See ungleich größer, wie wir gleich sehen werden. Zuerst

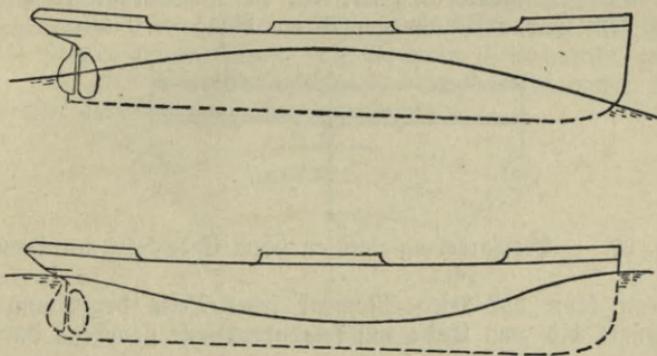


Fig. 27 und 28. — Beanspruchungen von Schiffen auf dem Wellenberg und im Wellenthal.

wollen wir die Beanspruchung betrachten, welche ein Schiff in der Lage auszuhalten hat, die Fig. 27 zeigt. Hier wird das Schiff in der Mitte von einer Welle getragen, während die Enden sozusagen ohne Unterstützung sind. Man kann das Schiff nun mit einem hohlen Träger vergleichen, welcher mit verschiedenen Gewichten seiner ganzen Länge nach beschwert und nur in der Mitte gestützt ist; das Ergebnis muß sein, daß eine große Beanspruchung auftritt, welche das Bestreben hat, das Schiff durchzubiegen, so daß die Enden herunterhängen (hogged).

Verteilung des Materials, um dem Durchbiegen Widerstand zu leisten. Wir wollen uns nun die Frage vorlegen, wie das Material in der Schiffskonstruktion verteilt werden muß, um der Neigung zum Durchbiegen erfolgreich Widerstand zu leisten.

In Fig. 29 soll AB eine Eisen- oder Stahlstange darstellen von 100 Fuß Länge, welche in der Mitte unterstützt ist und an jedem Ende ein Gewicht von 10 Tons trägt. Diese Stange würde sich mit einem beladenen Schiffe, welches nur in der Mitte von einer Welle getragen wird, nicht vergleichen lassen; aber sie giebt uns einen annähernden Vergleich mit einem unbeladenen Schiffe, dessen große Piefballasttanks voll Wasser sind, oder auch mit einem Schiffe, bei dem die schweren Güter in die Enden gestaut sind und zeigt uns, welche Spannungen solche Schiffe auszuhalten haben. Die Durchschnittsfläche der Stange soll auf der ganzen Länge die-

selbe sein. Das statische Moment jedes Gewichtes ist $10 \cdot 50 = 500$ Fußtons und die Stange hat die Neigung, in dem Unterstützungspunkt zu biegen oder zu brechen, weil dort die Spannung am größten ist. Die Neigung zum Bruch in 10 Fuß Entfernung vom Unterstützungspunkte ist $10 \cdot 40 = 400$ Fußtons; in 20 Fuß Entfernung $10 \cdot 30 = 300$ Fußtons u. s. w., bis sie im Verhältnis zur Entfernung vom Endpunkte abnehmend am Ende = 0 wird.

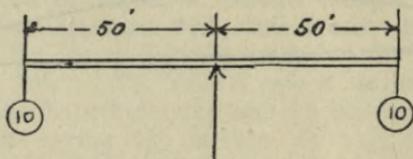


Fig. 29. — Beanspruchung einer an jedem Ende belasteten Stange.

Man kann das Biege-Moment jedes Teils der Stange vom Mittelpunkt bis zum Ende auf folgende Weise graphisch darstellen.

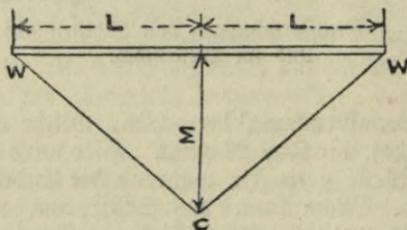


Fig. 30. — Verteilung des Biege-Moments.

Es sei W = Gewicht an jedem Ende der Stange,
 L = halbe Länge (vom Mittelpunkt zum Ende der Stange),
 M = größtes Biege-Moment (am Mittelpunkt).

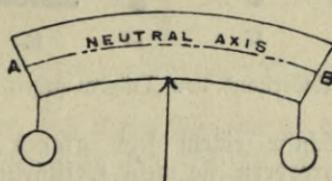
Nun mache man M nach einer beliebigen Skala = 500 Fußtons und ziehe CW , dann kann man nach derselben Skala das Biege-Moment jedes Teils der Stange abmessen.

Bei einem Schiffe, welches nur in der Mitte von einer Welle getragen wird, ist es mit dem Biege-Moment ebenso.

Die haultichen Anordnungen und der große Wert langer Brückenhäuser über der Mitte des Schiffes, welche Widerstandskraft gegen das Durchbiegen gewähren, wird später weiter auseinander gesetzt werden.

Wir wollen jetzt annehmen, daß die Durchschnittsfläche der vorhin erwähnten Eisenstange 4 Quadrat Zoll sei und die Frage aufwerfen, ob es möglich ist, das Material bei derselben Querschnittsfläche so anzuordnen, daß es größeren Widerstand gegen das Längs-

Durchbiegen gewährt. Die Stange soll so ausgewalzt werden, daß sie 8 Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll dick wird (also dasselbe Querschnitts-Areal behält) und die Länge dieselbe bleibt. Man kann leicht einsehen, daß, wenn die Stange (oder jetzt richtiger Platte) so unterstützt wird, daß die breite Seite horizontal liegt und dieselben Gewichte an die Enden kommen, sie dem Biegen weniger Widerstand entgegensetzt wird, wie früher, als sie quadratisch war. Würde man aber die Platte so unterstützen, daß die breite Seite vertikal zu stehen kommt, wird die Widerstandsfähigkeit bedeutend vermehrt werden. Wir wollen dieses etwas näher untersuchen.



Neutral Axis = Neutrale Achse.

Fig. 31. — Widerstand einer vertikalen Platte gegen Durchbiegen.

Fig. 31 soll eine eiserne Platte darstellen von 8 Zoll Höhe und $\frac{1}{2}$ Zoll Breite; AB sei die neutrale Aze. (Die neutrale Aze ist eine gedachte Linie, welche in der Längsrichtung durch die Mitte der Platte läuft, hier also 4 Zoll von jedem Rande.) Nehmen wir nun an, daß ein Gewicht an jedes Ende gehängt sei, so müssen gewisse Veränderungen eintreten, ehe die Platte durchbiegen kann. Am oberen Rande muß beträchtliche Ausdehnung (Verlängerung) und am unteren Rande Zusammenpressung stattfinden. Je breiter die Platte, desto größer ist der Widerstand am oberen Rande gegen Ausdehnung und am unteren Rande gegen Zusammenpressung. Ferner findet man, daß je mehr man sich der neutralen Aze nähert, desto weniger Zusammenpressung und Ausdehnung bei derselben Biegung erforderlich sind und in der neutralen Aze selbst findet weder Verlängerung und Zusammenpressung statt.

Es stimmen nun Theorie und Praxis darin überein, daß die ausdehnenden und zusammenpressenden Kräfte, wenn die schmale Seite vertikal gestellt wird, an den oberen und unteren Rändern nur $\frac{1}{4}$ von denjenigen beim quadratischen Profil betragen, und nur $\frac{1}{16}$ von dem, wie die Platte mit der breiten Seite horizontal gelegt war. Das Gesetz lautet: Der Widerstand der Platte gegen diese Art Spannung ändert sich wie die Quadrate der Höhen und proportional den Breiten. Der Biegungswiderstand einer solchen vertikalen Platte wird noch ganz bedeutend verstärkt, wenn man an den oberen und unteren Rändern Wulsteisen oder Flanschen (Winkelseisen z.) anbringt, wie in Fig. 32 angedeutet,

denn dadurch werden diese Ränder, welche den größten Spannungen unterworfen sind, bedeutend widerstandsfähiger gemacht.

Typen von Schiffen, welche den größten Beanspruchungen unterworfen sind. Die Grundsätze, welche für eine Platte oder einen Träger in Betracht kommen, gelten auch für ein Schiff, denn dieses ist schließlich nichts anderes, wie ein großer, hohler Träger und wir können daher kurz folgende Sätze aufstellen:

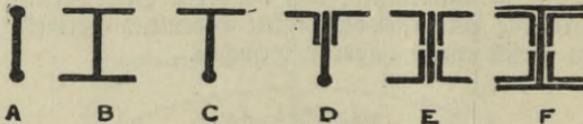


Fig. 32. — Widerstand von Trägern gegen Durchbiegen.

1. da lange Schiffe einem sehr großen Biegungs-Moment unterworfen sind, erfordern sie mehr Verstärkungen in der Längsrichtung wie kurze (dagegen vielleicht nicht mehr Querschiffsverstärkung);

2. da lange flache Schiffe wenig Widerstand gegen ausdehnende und zusammenpressende Spannungen bieten, erfordern sie noch mehr Verstärkung in der Längsrichtung;

3. bei allen Schiffen ist die größte Stärke in der Mitte des Schiffes erforderlich, während man nach den Enden zu allmählich eine Verminderung eintreten lassen kann.

Beanspruchungen im Seegange. Wenn wir die Lage eines Schiffes, wie sie Fig. 28 angiebt, betrachten, so werden wir finden, daß, weil das Schiff nur an den Enden von den Wellen getragen wird, es in der Mitte sehr angestrengt werden muß, besonders wenn es ein langes Schiff ist. Es wird sich das Bestreben, nach unten durchzubiegen, einstellen und es sind wirklich Fälle vorgekommen, wo lange flache Schiffe in der Mitte gebrochen und infolge davon gesunken sind. Man kann ein solches Schiff mit einer Stange vergleichen, welche an den Enden gestützt wird und an deren Mitte ein Gewicht hängt (Fig. 33); wenn das Gewicht 10 Tons und die Entfernung

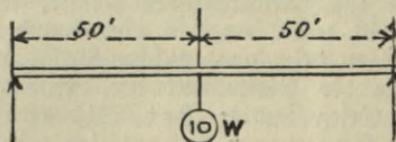


Fig. 33. — Stange, welche in der Mitte durch ein Gewicht beschwert ist.

von jedem Stützpunkt 50 Fuß wäre, so könnten wir das durchbiegende Moment auf folgende Weise darstellen (Fig. 34). 10 Tons in der

Mitte geben 5 Tons Druck auf jeden Stützpunkt und das durchbiegende Moment in der Mitte (Gewicht mal Entfernung) würde = 5 Tons \cdot 50 Fuß = 250 Fußtons = M sein. Setzen wir nun M nach einem beliebigen Maßstabe ab und ziehen AC und BC , so können wir das Moment für jede Entfernung abmessen. Wir

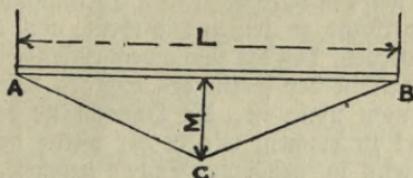


Fig. 34. — Verteilung des durchbiegenden Moments in einer Stange.

sehen zugleich wieder, daß dieses Moment in der Mitte am größten ist, also auch in der Mitte des Schiffes, und nach den Enden zu mehr und mehr abnimmt, bis es am Ende ganz verschwindet. Also wieder ein Grund, daß ein Schiff in der Mitte größere Längsschiffsfestigkeit haben muß wie anderswo.

Außerdem ist ein Schiff in Folge der raschen Wellenbewegung und der hieraus entstehenden ungleichen Verteilung von Gewicht und Auftrieb einer Reihe von schweren und plötzlichen Spannungen unterworfen. Man wird finden, daß ein Schiff, welches im See-

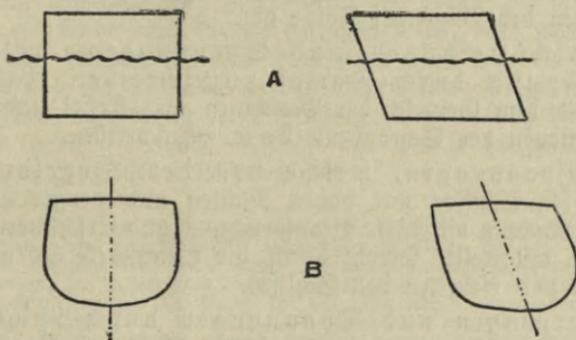


Fig. 35. — Beanspruchungen, welche auf Schlingern im Seegange beruhen.

gange schlingert, große Neigung hat, seinen Querschnitt zu ändern. Man kann es unter solchen Umständen mit einem Kasten (Fig. 35) vergleichen. Wenn eine Reihe von unregelmäßigen, zusammenpressenden Kräften auf das Äußere des Kastens wirkt, so hat dieser nicht so sehr das Bestreben, in der Gegend der wellenförmigen Linie zu brechen, sondern vielmehr sich an den Ecken los zu arbeiten.

Genau dasselbe findet bei schlingernden Schiffen statt und haben dieselben die Neigung, sich in der Weise zu begeben, wie Fig 35 B zeigt.

Um demgemäß die Größen und Anordnungen alles Materials beim Schiffbau zu bestimmen, muß man dem Längsverband gehörige Stärke verleihen, um den durchbiegenden Spannungen in der Längsrichtung Widerstand zu leisten und ebenso muß der Querverband so stark gemacht werden, daß die zusammendrückenden seitlichen Kräfte keine Veränderungen in der Form des Schiffes bewirken können.

Obgleich es nicht nötig ist, die Querschnitte des Materials an den Enden so stark zu machen, wie in der Mitte des Schiffes, sollte man doch auch dieses in gehöriger Stärke nehmen, damit auch die Schiffsenden widerstandsfähig genug werden, denn man muß bedenken, daß ein Schiff nicht stärker ist, wie sein schwächster Teil.

Bis soweit haben wir es nur mit Beanspruchungen und Kräften zu thun gehabt, welche das Schiff als Ganzes treffen, nun müssen wir uns aber auch noch mit lokalen Einflüssen beschäftigen, welche den Verband an bestimmten Stellen angreifen.

1. Vibrierende Beanspruchungen. Da das Borderteil des Schiffes sich zuerst durch die Widerstand leistenden Wogen Bahn brechen muß, so erleidet gerade dieser Teil des Schiffes, besonders bei voller Form und wenn das Schiff bedeutend Fahrt macht, starke Erschütterungen und großen Druck, der eine Vibration und falls die einzelnen Teile nicht stark und gut genug verbunden sind, leicht das Begeben des Bugs zur Folge hat.

2. Erschütterungen und Spannungen, welche der Fortbewegung durch Dampf zuzuschreiben sind. Diese sind erstens dem Gewicht der Maschinen und Kessel und zweitens den Vibrationen der Schraubenwelle zc. zuzuschreiben.

3. Anspannungen, welche von dem Segeldruck herühren. In Schiffen mit hohen Masten und großer Segelfläche wird dem Rumpfe oft starke Beanspruchung und Erschütterung durch die Masten mitgeteilt, sowohl durch die Windstärke als auch durch Schlingern und Arbeiten des Schiffes.

4. Zerrungen und Spannungen durch schwere, beständige Belastung, mit Winschen, Spill, Krähnen, Anker, Kanonen zc.

5. Das Begeben durch Deckladungen. Viele Schiffe, namentlich solche, die in der Ostseefahrt beschäftigt sind, nehmen große Ladungen Holz an Deck und es ist vielen Schiffsführern bekannt, daß sich die Schiffe oft dadurch stark begeben haben. Man bemerkt dieses häufig erst, nachdem die Ladung gelöscht ist und mitunter befreit sich das Schiff einige Tage später durch eine plötzliche Erschütterung und unter einem Erzittern, welches durch das ganze

Schiff fühlbar ist, aus seiner sozusagen verrenkten Lage. Bei der Untersuchung findet man dann viele Nieten in den Köpfen der Raumstützen gesprungen und ebenso die Balkenkniee beschädigt. Es ist dieses ein Beweis, daß Schiffe, welche für Deckladungen bestimmt sind, besonderer Verstärkungen bedürfen.

Solcher Schaden, wie wir ihn soeben auseinander gesetzt haben, wäre möglicherweise vermieden worden, wenn man den Raum zwischen der Raumladung und den Deckbalken ordentlich abgefeilt hätte, um so die Balken zu unterstützen, daß sie den schweren Druck der Decklast zu tragen vermögen.

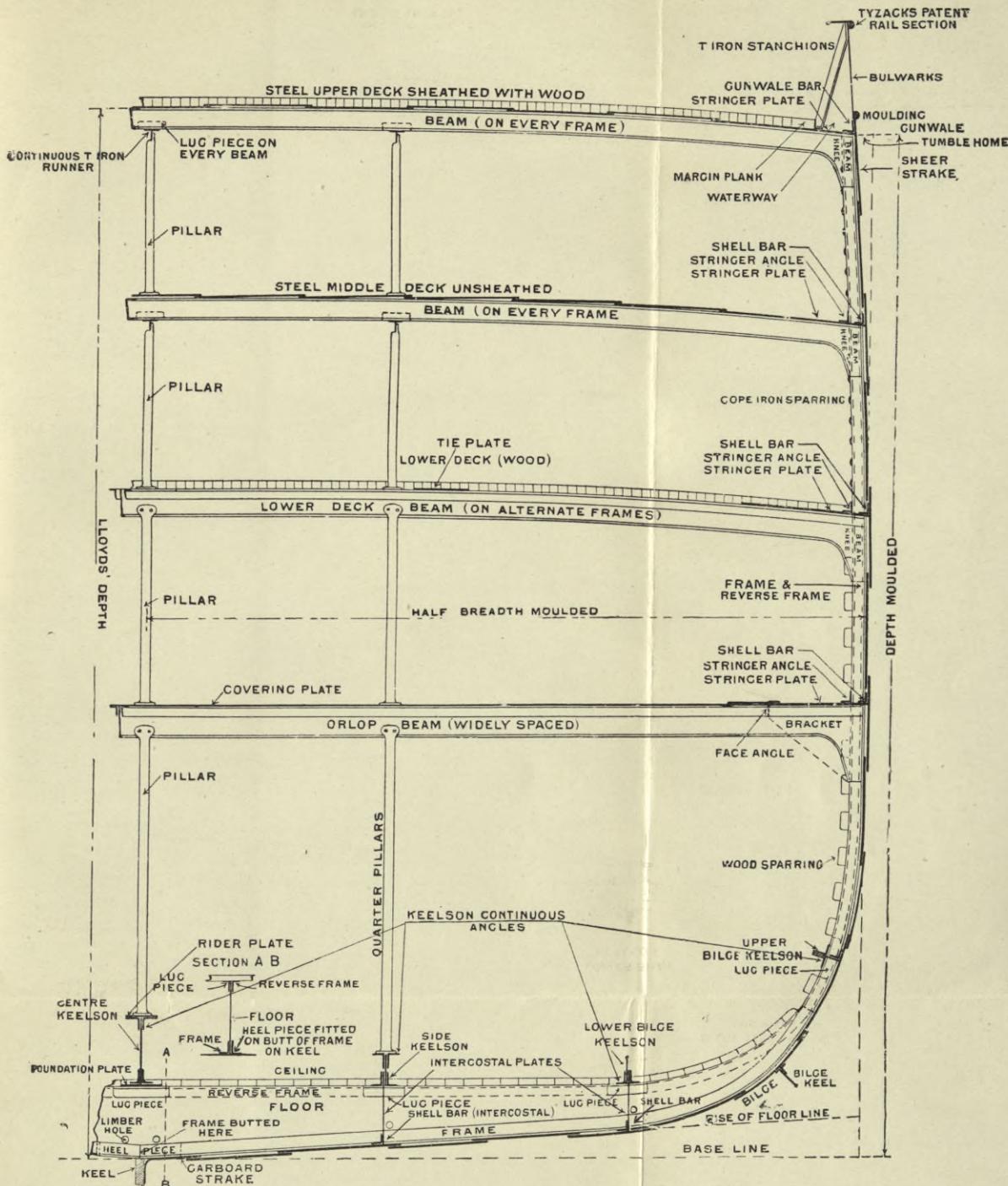
* 6. Begebenheiten durch Ueberkommen von Sturzseen gegen die Stirnwände der Brücke oder des hohen Hinterdecks. Diese Wände sind oft heftigen Erschütterungen unterworfen durch überkommende Brechseen, welche ihre Gewalt gegen sie auslassen. Sie erfordern daher besondere Aufmerksamkeit und man kann sich den kleinsten Freibord nur sichern, wenn diese Teile sorgfältig und stark genug konstruiert sind.

7. Spannungen beim Laden, während das Schiff an Grund sitzt. Schiffe, welche in einer solchen Fahrt beschäftigt werden sollen, bei welcher sie während des Löschens und Ladens an Grund liegen, erfordern besondere Verstärkungen im Boden. So können noch verschiedene Fälle aufgeführt werden, wo besondere Verstärkungen eingeführt werden müssen, weil eine außergewöhnliche Belastung oder Anstrengung in Frage kommt. Gegen ganz außergewöhnliche Spannungen, z. B. wenn ein Schiff auf Strand gerät und nur ein Ende vom Wasser getragen wird, oder wenn ein vielleicht schwer beladenes Schiff quer über eine Sandbank zu liegen kommt, so daß bei Ebbe die beiden Enden keine Stütze finden, kann natürlich der Schiffbauer keine Vorsorge treffen; dagegen kann das Schiff so gebaut werden, daß es vor den früher erwähnten Beschädigungen möglichst bewahrt bleibt.

* Das Begeben der Schiffe durch Übernahme schwerer Sturzseen ist oft schlimmer, als man denkt; das folgende Beispiel wird dieses beweisen. Ein schöner neuer Stahldampfer von ungefähr 4000 Tons brutto kreuzte den Atlantischen Ocean bei schlechtem Wetter zu Anfang des Jahres 1899, wobei er eine schwere See an der Backbordseite gerade vor der Brücke übernahm. Das Wasser fiel mit großer Kraft auf das vordere große Luk und Deck. Die Lufensäule an der Backbordseite gab nach und die See ergoß sich in den Raum, wobei ein großer Teil der Ladung beschädigt wurde. Balken und Stützen brachen und verbogen, die Nieten der Balkenkniee sprangen und das Deck wurde erheblich beschädigt. Zudem die See ähnliche schwere See übergenommen hätte, es untergegangen und dazu beigetragen haben würde, die Liste der „verschollenen“ Schiffe um eins zu vermehren. Man kann nicht zu viel Aufmerksamkeit auf den guten Schutz aller Decköffnungen, sowohl Lufen als auch Maschinen-Umbauten, verwenden, denn es ist sehr wahrscheinlich, daß der Verlust der meisten jener Schiffe, welche verschollen sind, verursacht worden ist durch Unfälle ähnlicher Natur, wie wir eben beschrieben haben.

Auch kann ein Schiff im Trockendock, wenn es nicht gut abgestützt ist, erheblich beschädigt werden. Es sind schon Fälle vorgekommen, wo die Rippen der Schiffe im Trockendock durch Sorglosigkeit oder Unkenntnis durchgesackt sind.

Nachdem wir in dieser Weise die verschiedenen Beanspruchungen und Anstrengungen, denen ein Schiff ausgesetzt ist, aufgezählt haben, wird der Leser besser einsehen können, warum Verstärkungen im Bau eines Schiffes eingeführt werden müssen, sowohl im ganzen, als auch in einzelnen Theilen.



Base line = Basis. Beam knee = Balkenknie. Bilge keel = Rinnkiel. Bilge = Rinne. Bracket = Stützplatte. Beam (on every frame) = Balken (an jedem Spant). Bulwarks = Schanzfeld. Garboard strake = Kielgang. Centre keelson = Mittel-Rinnkiel. Cope iring sparring = Eiserner Seitenlatten. Continuous T iron runner = Durchlaufender eiserner T-Träger. Covering plate = Deckplatte. Depth moulded = Seitenhöhe. Foundation plate = Grundplatte. Floor = Bodenwange. Frame = Spant. Frame and reverse frame = Spant und Gegenpant. Ceiling = Wöberung. Gunwale = Gunwale. Gunwale bar = Äußerer Wassergangswinkel. Half breadth moulded = Halbe Konstruktionsbreite. Heel piece fitted on butt of frame on keel = Gegenwinkel, Spantlajche. Heel piece = Gegenwinkel, Spantlajche. Intercostal plates = Eingeschobene Platten. Keel = Kiel. Keelson continuous angles = Durchlaufende Rinnkielwinkel. Limber hole = Nistergat. Lower bilge keelson = Unteres Rinnkielschwein. Lloyds depth = Lloyds Tiefe. Lower deck (wood) = Unteres Deck (Holz). Lower deck beam (on alternate frames) = Unteres Balken an jedem 2. Spant. Lug piece = Gegenwinkel. Lug piece on every beam = Gegenwinkel an jedem Balken. Margin plank = Randplatte. Moulding = Verzierungsteife. Orlop beam (widely spaced) = Orlop-Balken (weit auseinander). Pillar = Stütze. Quarter pillars = Seitenstützen. Reverse frame = Gegenpant. Rider plate = Trägerplatte. Rise of floor line = Auffimmung. Sheer strake = Scherengang. Shell bar = Äußerer Stringerwinkel. Side keelson = Seitenkiel. Section A B = Schnitt A B. Steel middle deck unsheathed = Stählernes Mitteldeck ohne Holzbelag. Steel upper deck sheathed with wood = Stählernes Oberdeck mit Holzbelag. Stringer angle = Innerer Stringerwinkel. Stringer plate = Stringerplatte. Tie plate = Längsschiene. T iron stanchions = T-cherne Stützen. Tumble home = Eingeholte Seitenwand. Tyzacks Patent Rail Section = Tyzacks Patent-Regelungs-Duerschnitte. Upper bilge keelson = Oberes Rinnkielschwein. Waterway = Wasserengang (Rinnstein). Wood sparring = Hölzerne Seitenlatten.

Anmerkung. Man erhält keine Reduktion in der Dide eines Stahl- oder Eisendecks, wenn man ein Holzdeck darüber legt.

Fig. 36. — Mittschiffs-Querschnitt eines Handelsdampfers.

Übrigens bezeichnet man im Deutschen das Upper bilge keelson im allgemeinen mit Rinnstringer, während man das Lower bilge keelson schlechthin Rinnkielschwein nennt.
Die Bezeichnung der Decks würde von oben gerechnet sein:
Nach dem Germanischen Lloyd: Hauptdeck, Zwischendeck, Unterdeck, Orlopedeck.
Nach dem Bureau Veritas: Oberdeck, Zweites Deck, Drittes Deck, Viertes Deck.

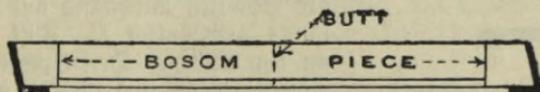
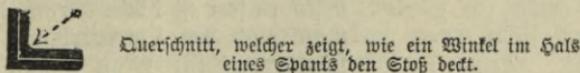
Anmerk. des Übersetzers.

Fünftes Kapitel.

Über Schiffsbau.

Inhalt: Querverbände und Zusammenfügung derselben, um möglichst Widerstand gegen Formveränderungen zu leisten — Querschnitte des gebrauchten Materials — Ersatz für Raumbalken — Längsverbände und Verbindung derselben mit den Querverbänden zur größten Widerstandsfähigkeit — Formen des Kiels und Kielschweins und ihre Wirksamkeit — Materialverteilung, um ein Begeben des Schiffes zu verhüten — Wert der Außenhaut und der Decks, um das Schiff zu stärken — Erklärung wichtiger Ausdrücke — Darstellung der Zunahme von Materialstärken mit dem Wachsen der Dimensionen durch Mittschiffs-Querschnitte — Besondere Verstärkungen im Maschinenraum — Methode der Unterstützung der Wellenenden in Doppelschraubendampfern — Anordnungen, um das Vibrieren möglichst zu verhindern — Besondere Verstärkung für Deckladungen und beständige Deckbelastung und um etwaiges Begeben des Schiffes durch starken Segeldruck zu verhindern — Schiffstypen — Vergleich der Abmessungen eines Volldeckschiffes, eines Spardeckschiffes und eines Sturmdeckschiffes — Über Schotte — Über Nietung.

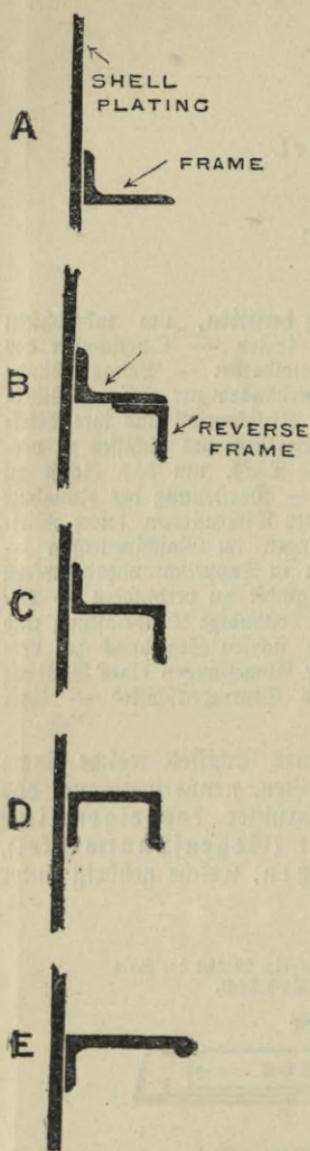
Querverbände. Die Verbandteile eines Schiffes, welche einem querschiffs wirkenden Druck Widerstand leisten, nennt man auch das Querspantensystem und versteht darunter das eigentliche Spant (Spantwinkel), Gegenpant (Gegenpantwinkel), Bodenwrange, Deckbalken und Stützen, welche gehörig unter Stoßwinkel.



Grundriß.
Bosom Piece = Stoßwinkel. Butt = Stoß.

Fig. 37. — Winkel.

einander verbunden werden. Je nach der Größe des Schiffes haben die Spanten im allgemeinen eine Entfernung von 20—26 Zoll



Frame = Spant. Reverse-Frame
= Gegenpant. Shell Plating =
Äußere Beplattung.

Fig. 38. — Spant-Profile.

engl. Wir wollen im folgenden den Mittschiffs = Querschnitt eines gewöhnlichen Frachtdampfers im Auge behalten (Fig. 36). Das Spant erstreckt sich vom Kiel zum Schanddeck. Sollte eine Unterbrechung da sein, muß man dieselbe Stärke auch hier beibehalten, was entweder durch Überlappen geschieht, oder indem man die Teile stumpf vor einander stoßen läßt und darüber Stoßwinkel nietet. (Fig. 37 und A B Fig. 36). Man muß überhaupt beim Schiffbau immer beachten, daß, wo ein Teil geschwächt wird, er durch irgend welche Ersatzmittel auf seine erforderliche Stärke gebracht wird.

Wenn die Spanten auf dem Kiel zusammenstoßen, was sie gewöhnlich thun, werden sie durch etwa 3 Fuß lange Winkelleisen mit einander verbunden (Rücken an Rücken), wodurch außerdem eine gute Verbindung mit der Außenhaut hergestellt wird. — Die gewöhnliche Spantform ist das einfache Winkelleisen (A Fig. 38).

Die Schenkel sind ungleich, der kürzere wird immer mit der Außenhaut verbunden, während der längere, um den Widerstand gegen den Druck des Wassers zu vermehren, nach innen gerichtet ist.

Je größer der Umfang des Schiffes, desto stärker ist dieser Druck, daher muß man auch den Querverband mittschiffs stärker machen. Man nimmt deswegen die Spanten mittschiffs auf $\frac{3}{5}$ Schiffslänge gewöhnlich $\frac{1}{20}$ Zoll stärker wie an den Enden. Den Spantwinkel (das eigentliche Spant) macht man stärker und widerstandsfähiger durch ein Gegenpant (Gegenpantwinkel), welches dem eigentlichen Spant im Querschnitt gleich, aber kleiner an Größe ist. Es wird mit dem Rücken des Spants vernietet (B Fig. 38) und da

es sich auf der nicht sichtbaren Seite des Spants (Fig. 36) befindet, ist es durch punktierte Linien angedeutet. Das Gegenpant erreicht nicht immer die Höhe des Spants, seine Höhe richtet sich nach dem Umfang des Schiffes.

Quer über den Schiffsboden und bis in die Rimmen hinaufreichend, erstreckt sich eine breite eiserne oder stählerne Platte, welche Bodenwrange genannt wird. Bei der Vereinigung mit der Bodenwrange teilen sich Spant und Gegenpant. Der längere Spantwinkel ist mit dem Unterrande der Bodenwrange vernietet, der Gegenpantwinkel an der anderen Seite mit dem oberen Rande. (A B Fig. 36). Auf diese Weise wird die Bodenwrange zu einem Träger gemacht und gewährt dem Schiffsboden eine große Festigkeit und Stärke.

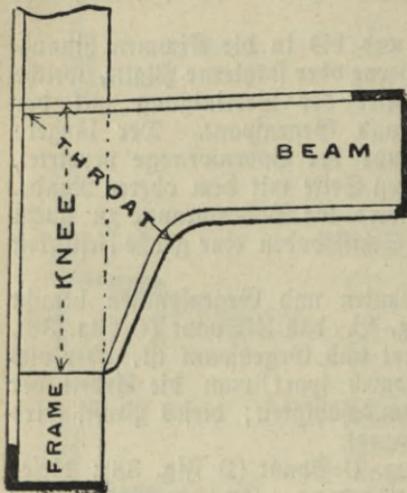
Anstatt der gewöhnlichen Spanten und Gegenpanten benutzt man auch andere Spantprofile, z. B. das Z-Spant (C Fig. 38), welches eine Verbindung von Spant und Gegenpant ist, aber aus einem Stück gewalzt wird. Hierdurch spart man die Arbeit der Nietung und erhält große Widerstandsfähigkeit; dieses Profil wird namentlich bei Kriegsschiffen angewandt.

Ein anderes Profil ist das sog. U-Spant (D Fig. 38); dieses findet viel bei großen Schiffen Verwendung. In den Enden wird es gewöhnlich durch Spant und Gegenpant ersetzt, weil die schräge Formgebung schwierig ist. Schließlich erwähnen wir noch das Wulstwinkelspant (E Fig. 38). Dieses wird mitunter bei Schiffen verwandt, welche keine Seitenlatten im Raum brauchen; man kann dann die Ladung direkt an die Beplattung stauen und gewinnt dadurch mehr Raumgehalt. Wenn die Wulstchiene stark genug ist, so braucht man keine Gegenpantwinkel.

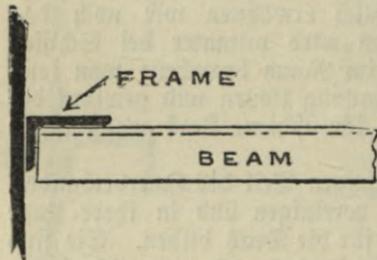
Die Deckbalken bilden einen wichtigen Teil des Querverbandes, da sie die Oberenden der Spanten vereinigen und in ihrer Lage halten und außerdem die Grundlage für die Decks bilden. Sie sind sozusagen das Schlußstück des Querverbandes; es wäre überhaupt nutzlos, die einzelnen Teile zu verstärken, wenn nicht für eine gehörige Verbindung derselben Sorge getragen würde. Wir haben schon gezeigt, wie man die Zusammensetzung von Spantstücken durch Stoßwinkel verstärkt, jetzt wollen wir die Verbindung von Spanten und Deckbalken ins Auge fassen.

In die Enden der Balken wird eine Knieplatte (Fig. 39) geschweißt oder genietet, diese Knieplatte wird wieder durch Nietung mit dem Spant verbunden und zwar an der Innenseite. Die Kniee müssen $2\frac{1}{2}$ bis 3 mal so tief wie der Balken sein und in der Beuge $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ mal so viel Durchmesser (Breite) haben, wie die Höhe des Balkens beträgt. Die Balkenprofile sind verschieden; man hat T-Wulste, ferner Wulstchiene mit angenieteten Doppelwinkeln an der oberen Kante; auch hat man U-Profile. Die Anzahl der Decks

hängt von der Tiefe des Schiffes ab; je tiefer die Schiffe, desto mehr Balkenreihen. Die Stärke hängt von der Länge der Balken ab.



Aufriß.



Grundriß.

Beam = Balken. Frame = Spant.
Knee = Knie. Throat = Hals.

Fig. 39. — Kniebalken.

halten. Auf diese Weise erhält man einen soliden und starken Verband; das Rahmenspant bildet sozusagen eine verlängerte Bodenwange und

Ersatz für das Weglassen der Raumbalken. Will ein Reeder sich ein Schiff von 16 Fuß Raumbtiefe bauen lassen und das Schiff bei Lloyds klassifizieren, so muß er bei jedem zehnten Spant Raumbalken anbringen lassen und außerdem an den Enden der Balken eine Stringerplatte (Fig. 36), welche fest mit den Balken und der Außenhaut verbunden ist. — Paßt ihm dieses aber nicht wegen der zu führenden Ladung, so kann er die Balken weglassen, wenn er an Stelle jedes achten Spantes ein sog. Rahmenspant setzt (Fig. 41).

Anstatt der Raumstringerplatte muß ein Seitenstringer (Rahmensstringer, Webstringer) angebracht werden, welcher sowohl mit den Spanten als auch mit den Rahmenspanten durch Winkel verbunden wird. Zur Versteifung erhält der Stringer an der Innenseite einen oder zwei Winkel, welche ihrerseits wieder durch eine rhombenförmige (diamond) Platte (Fig. 41) mit den Vertikalwinkeln des Rahmenspantes verbunden werden. Oben werden die Rahmenspanten durch stärkere Deckbalken, welche durch extra starke und tiefe Balkenkniee mit den Spanten verbunden werden, zusammen ge-

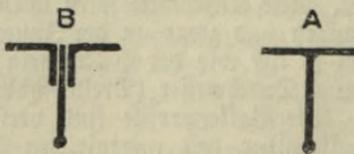
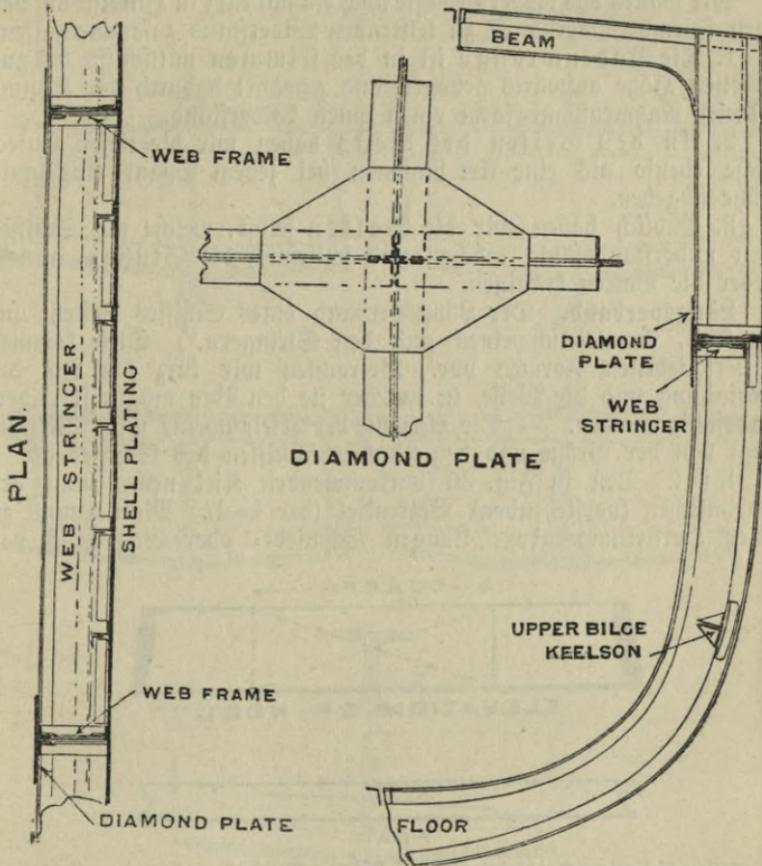


Fig. 40. — Balken.

beide werden durch doppelte Winkel an der inneren Seite verstärkt (Fig. 41).

Ferner hat man zum Ersatz für Raumbalken das sog. „Tief-
Spanten-System“ (deep frames) (Fig. 55). Hier besitzen Spant
und Gegenpant eine größere Höhe.



Beam = Balken. Diamond Plate = Diamant-Platte. Floor = Bodenwange.
Plan = Grundriß. Shell Plating = äußere Beplattung. Upper Bilge Keelson
= Oberes Kimmkiel-schwein. Web Frame = Rahmenpant. Web Stringer
= Rahmenstringer.

Fig. 41. — Ersatz für Raumbalken.

Nun haben wir noch die Deckstützen zu betrachten; diese werden
mit den Deckbalken oder Raumbalken und dem Kielschwein bezw.

In Deutschland pflegt man das „upper bilge keelson“ nicht als „oberes Kimmkiel-
schwein“, sondern als „Kimmstringer“ zu bezeichnen. Anmerk. des Übersetzers.

Doppelboden verbunden und halten die oberen und unteren Teile des Schiffes zusammen. Sie bilden gleichsam eine Strebe wie auch ein Bindeglied und halten die Balken und den Schiffsboden in der richtigen Lage, hierdurch dem ganzen Bau eine bedeutende Festigkeit gebend.

Wir wollen das bisher Gesagte noch einmal kurz in Hinblick auf den gegen Formveränderungen zu leistenden Widerstand zusammenfassen:

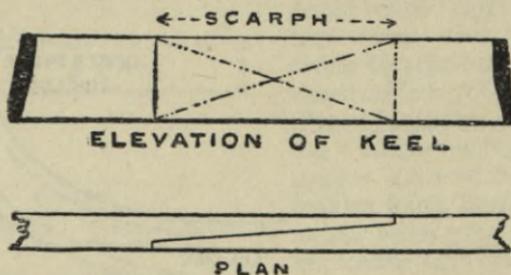
1. Die Bodenwrange ist in den Rimmen mittschiffs bis zur doppelten Höhe aufwärts gebogen und gewährt dadurch der Rinne in dieser Rahmenspant-Form einen guten Widerstand.

2. An den Seiten des Decks haben wir die tiefen Kniee, welche ebenso als eine Art Rahmen bei jedem Spant eine gute Stütze abgeben.

3. Endlich haben wir die Balken selbst, welche die Schiffseiten widerstandsfähig machen und schließlich die Stützen, welche wieder die Balken kräftigen.

Längsverband. Der Längsverband eines Schiffes besteht aus dem Kiel, den Kielschweinen und den Stringern.*) Diese kommen in verschiedenen Formen vor. Betrachten wir kurz die Art der Verbindung und die Weise, in welcher sie den Bau möglichst widerstandsfähig machen. — Die Anzahl der Kielschweine und Stringer hängt von der Größe und den Bauverhältnissen des Schiffes ab.

Kiel. Den in Fig. 36 vorkommenden Kiel nennt man den gewöhnlichen (vorstehenden) Balkenkiel (bar keel). Man nimmt zu seiner Herstellung große Längen Schmiede- oder Walzeisens von



Elevation of Keel = Aufsicht des Kiels. Plan = Grundriß. Scarph = Laschung.

Fig. 42. — Kiel.

rechteckigem Profil, welche durch Laschungen miteinander verbunden werden. Die Laschungen müssen lang genug genommen werden, um eine gute Verbindung zu ermöglichen (Fig. 42). Soll das Schiff bei Lloyd's klassifiziert werden, müssen die Laschungen 9 mal

Übrigens rechnet man auch Außenhaut, Doppelboden, eiserne Decks sowie Längs-
schott dazu. Anmerk. des Übersetzers.

so lang genommen werden, wie die Kielbreite; bei der British Corporation wird für die Länge der Laschung das Dreifache der Kielhöhe genommen. Auf dieselbe Weise wird der Kiel mit dem Vorder- und Hintersteven verbunden; man könnte dieses auch durch Zusammenschweißen thun, was aber nicht gebräuchlich ist.

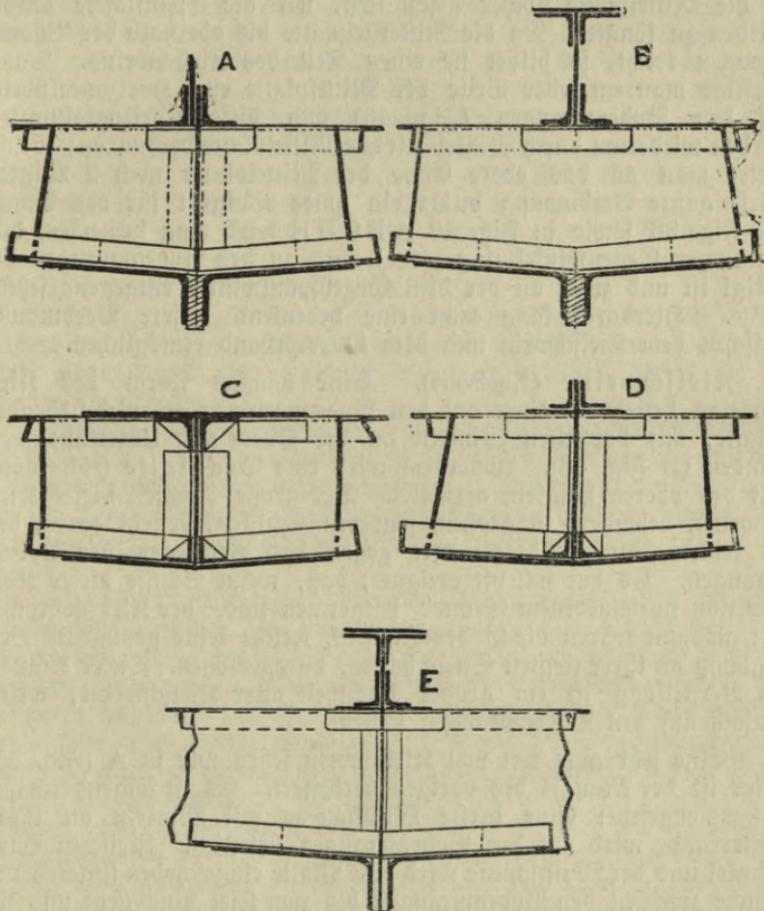


Fig. 43. — Kiele und Kielschweine von verschiedenen Formen.

Eine bemerkenswerte Art des vorstehenden Kiels ist der sog. Mittelpplattenkiel (E Fig. 43). Bei demselben bestehen Kiel und Kielschwein aus einer breiten starken Eisenplatte und um dem Kiel die richtige Dicke zu geben, befinden sich unten zu beiden Seiten starke Schienen in großen Längen von der Höhe des Kiels. Die

Stöße müssen unter sich und mit denjenigen der Mittelkielplatte gut verschließen (mindestens 2 Spantentfernungen). Das Ganze wird dann mit den beiden Kielgängen (garboard strakes), welche umgebogen werden und so den Kiel bedecken, gut vernietet (Fig. 36). Man erreicht hierdurch große Festigkeit. Oberhalb des Kiels werden in die Mittelplatte Löcher geschnitten, um die Spantlasche durchschieben zu können. Da die Mittelkielplatte bis oberhalb der Bodenwrangen reicht, so bildet sie einen Teil des Kielschweins. Dann befestigt man an jeder Seite der Mittelplatte eine Horizontalplatte auf den Bodenwrangen (Fig. 43) und diese Horizontalplatten werden wiederum durch Winkel mit der Mittelplatte verbunden; ebenso nietet man an das obere Ende der Mittelplatte noch 2 Winkel. Diese ganze Verbindung bildet ein gutes Rückgrat für das Schiff. In Fig. 36 sowie in Fig. 43 A B C D E wird man bemerken, daß ein kurzer Gegenwinkel (lug piece) oben an den Bodenwrangen befestigt ist und zwar an der dem Gegenkantwinkel entgegengesetzten Seite. Hierdurch kann man eine bedeutend bessere Verbindung zwischen dem Kielschwein und dem Querverband ermöglichen.

Kielschweine (Keelsons). Eine häufige Form des Kielschweins besteht in einer auf den Bodenwrangen aufrecht stehenden Platte, mit doppelten Winkeln an der Ober- und Unterkante verbunden (B Fig. 43). Außerdem wird eine Deckplatte (ridersplate) mit den oberen Winkeln vernietet. Der große Nachteil dieses Kielschweins, besonders in großen, schweren Schiffen, besteht darin, daß es keinen Widerstand gewährt gegen das Verbiegen der Bodenwrangen. Es hat sich oft ereignet, daß, wenn Schiffe dieser Konstruktion auf unebenem Grunde festgeraten sind, der Kiel gebrochen ist; alsdann waren die Bodenwrangen, welche keine genügende Verbindung an ihrer tiefsten Stelle hatten, durchgebogen. Dieser Mangel an Versteifung ist ein großer Nachtheil aller Kielschweine, welche einfach auf den Bodenwrangen stehen.

Eine sehr gute Art von Kielschwein sehen wir in A (Fig. 43). Hier ist der Mangel des vorigen verbessert. Es ist folgendermaßen zusammengesetzt: Eine breite Wulstschiene mit Winkeln an ihrem Unterrande wird auf den Bodenwrangen befestigt. Zwischen einem Winkel und der Wulstschiene wird eine Platte eingeschoben (intercostal), welche zwischen den Bodenwrangen bis zum Kiel hinabgeht und mit den Bodenwrangen durch vertikale Winkel verbunden ist.

Eine jetzt nicht mehr gebräuchliche Form des Mittelplattenkielschweins sieht man mitunter in alten Schiffen (Fig. 43 C). Es besteht aus einer durchlaufenden Mittelplatte, welche von der Oberkante der Bodenwrange bis zum Kiel reicht, welsch' letzterer aus einer dicken, breiten Platte besteht und Flachkiel genannt wird. Auf die Bodenwrangen wird ebenfalls eine breite, dicke Platte gelegt, welche mit

der Kielschweinplatte durch starke, durchlaufende Doppelwinkel verbunden wird. — Da die Kielschweinplatte durchlaufend ist, so werden die Bodenwrangen an jeder Seite mit derselben durch doppelte Winkel verbunden. Die aufrecht stehenden Platten, welche das Mittelschwein bilden, werden durch 3fach genietetete, doppelte Stoßbleche (Fig. 74) verbunden. Die horizontale Platte wird auch mit den Gegenpantwinkeln an der Oberkante der Bodenwrangen vernietet und ebenso mit dem Gegenwinkel (lug piece) an der andern Seite der Bodenwrange. Diese Form des Kielschweins wird gewöhnlich bei Doppelböden angewandt (Fig. 55).

In D (Fig. 43) finden wir eine andere Art des Mittelplattenkielschweins in Verbindung mit einem Flachkiel. Die Mittelplatte ist durchlaufend und reicht so weit über die Bodenwrange hinaus, daß sie mit zwei starken Winkeln vernietet werden kann, welche ihrerseits wieder mit zwei horizontalen Platten und den Bodenwrangen durch Nietung verbunden sind.

Kielschweine und Stringer geben dem Schiffe Längsfestigkeit, außerdem verbinden sie die Querverbände, so daß, wenn ein einzelner Teil einen Druck oder starke Anspannung erleidet, dieses auf das Ganze übertragen wird.

Kielschweine und Stringer sind alle so zu sagen Bindebalken (siehe Fig. 36), welche in der Anzahl und Größe von den Dimensionen und haulichen Anforderungen abhängen. Diejenigen, welche sich im Boden des Schiffes, also zwischen den Kimmen befinden, nennt man Kielschweine; oberhalb der Kimmen werden sie Stringer genannt.

Stringer (Stringer). An den Seiten des Schiffes auf jeder Balkenreihe befindet sich eine Platte, welche mit den Balken verbunden ist und ebenfalls durch ein starkes Winkelleisen mit der äußeren Beplattung. Dieser Winkel ist intercostal zwischen den Spanten unterhalb des Hauptdecks, außerdem ist die Stringerplatte vermittelt eines durchlaufenden Winkels mit den Gegenpanten verbunden. Auch bei eisernen oder stählernen Decks wird die äußere Platte Stringerplatte genannt. Sie ist immer dicker wie die angrenzenden Platten und da sie sowohl mit den Balken als auch mit der äußeren Beplattung fest verbunden ist, so bildet sie eine gute Längsversteifung des Schiffes und dient mit den Balken und dem Querverbände dazu, die Schiffseiten in der richtigen Stelle zu unterstützen und drehendem Begeben in der Längsrichtung Widerstand zu leisten.

Sind die Balken weit auseinander und kein Deck darüber, so unterstützt man die Stringerplatte vermittelt Kniee und Stützplatten an der Unterfante.

Im Anfang dieses Kapitels bemerkten wir, daß nicht nur die Querschiffs-, sondern auch die Längschiffs-Beanspruchungen am größten mittschiffs seien und nach den Enden allmählich abnähmen;

daher könne man in der Dicke des Materials nach den Enden zu eine Reduktion eintreten lassen. Dieses gilt im allgemeinen für das ganze Schiff, denn übergroße Stärke ist nur Ballast und nutzlos.

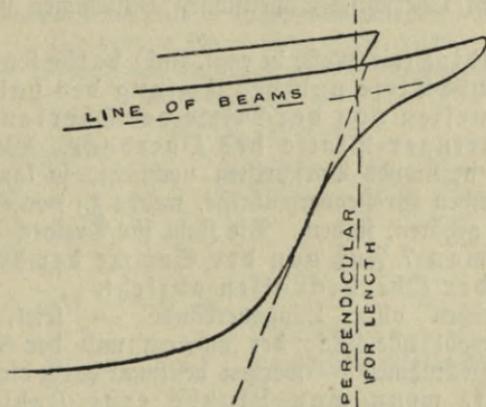
Verteilung des Baumaterials, um dem Begeben Widerstand zu leisten. Da wir die Anschauung als Hilfsmittel zur Verfügung haben, erscheint es einleuchtend, daß mit Hilfe von kurzen Erklärungen und Skizzen, welche die Anordnung und das Wachsen des Spantensystems und der Beplattung vom kleinsten bis zum größten Typ eines Handelsschiffes zeigen, wir bessere Belehrung erlangen, als durch viele Seiten Text. Ehe wir hiermit beginnen, wollen wir nicht unterlassen zu bemerken, daß, obgleich es unser erstes Ziel sein muß, durch richtige Anordnung der Längs- und Querverbände dem Schiffe die möglichste Festigkeit zu geben, dennoch diese Festigkeit durch eine sorgfältig ausgeführte Beplattung in ganz außerordentlicher Weise vermehrt wird. Einige Teile der Beplattung leisten in dieser Weise dem ganzen Bau größere Dienste als andere. So hat z. B. der gewöhnliche Balkenkiel seine einzige Verbindung mit dem Schiffe durch die Kielgänge (garboard strakes). Da es absurd sein würde, eine dünne Platte durch große, weit auseinander stehende Rieten mit dem Kiel zu verbinden, macht man die Kielgänge bedeutend dicker wie die nebenan liegenden Platten. In Schiffen, wo die Bodenwrangen der einen Seite mit denen der andern Seite nicht durch Spantlaschen (heel pieces) verbunden sind, wird diese Verbindung indirekt durch die Kielgänge besorgt, indem dieselben sowohl mit den Bodenwrangen als auch mit dem Kiel durch Rietung verbunden sind.

Wir haben schon von dem Vorteil gesprochen, den es gewährt, die unteren und oberen Kanten eines Trägers zu verstärken, damit er einer Biegung besser Widerstand leisten kann; und da ein Schiff, als Ganzes betrachtet, nichts weiter ist, wie ein großer, hohler Träger (Windebalken), so muß jede Verstärkung der oberen und unteren Seiten bedeutend zur Längsschiffsfestigkeit beitragen. Ebenso vermehrt die Dicke der Seitenbeplattung die Stärke bedeutend, und muß infolge dessen, wenn ein Schiff klassifiziert werden soll, mindestens die oberste Platte (Scheergang) (sheer strake) bedeutend stärker genommen werden (Fig. 36). Auch werden in den Rimmen bei langen Schiffen ein oder zwei Plattengänge dicker genommen. In der Gegend der neutralen Ase, also in der Mitte zwischen Rimme und Scheergang, haben die Platten die geringste Stärke. Der Wert langer, sich über das Mittelschiff erstreckender Brückenhäuser, welche die Tiefe des Längsträgers dort vermehren, wo das durchbiegende Moment am meisten zur Geltung kommt, ist augenscheinlich. In der That verlangen Lloyds bei Zwei- und Dreideck-Schiffen, deren Länge über 13 mal so groß wie die Tiefe ist, daß sie einen gehörigen Aufbau in der Mitte des Schiffes haben, welcher sich über

die halbe Länge erstreckt. Ein vollständiges oder teilweises Stahldeck über der Mitte der Länge vermehrt in Verbindung mit den Balken ebenfalls die Stärke des Schiffes (als hohler Träger angesehen) bedeutend an seiner Oberkante.

Erklärung von wichtigen Ausdrücken. An dieser Stelle ist es notwendig, die Bedeutung einiger Ausdrücke auseinander zu setzen, die deutlich verstanden werden müssen.

1. Länge zwischen den Perpendikeln. (Length between Perpendiculars.) Für Schiffe mit geradem Steven ist dieses die Länge von der Vorderkante des Vorstevens bis zur Hinterkante des Hinterstevens. Hat das Schiff einen überhängenden Steven, so mißt man die Länge von der Stelle, wo sich die Linie der Oberdeckbalken mit der verlängert gedachten geraden Richtungslinie der Vorderkante des Stevens schneiden würde (Fig. 44).



Line of Beam = Linie der Balken. Perpendicular for Length = Perpendikel für Länge.

Fig. 44. — Länge zwischen den Perpendikeln.

2. Lloyds Länge. (Lloyds Length.) Lloyds Länge ist dieselbe wie unter 1, nur mißt man von der Hinterkante des Vorstevens zu der Vorderkante des Hinterstevens.

3. Größte Breite. (Extreme Breadth.) Diese mißt man über der Außenseite der Beplattung an der größten Breite des Schiffes.

4. Konstruktionsbreite. (Breadth moulded.) Dieses ist die Breite über den Spanten an der breitesten Stelle des Schiffes.

5. Seitenhöhe. (Depth moulded.) Bei Volldeck-Schiffen mißt man dieselbe von der Oberkante des Kiels bis zur Oberkante

der Oberdeckbalken auf der Mitte der Länge an der Schiffsseite, in Spardeck- und Sturmdeckschiffen dagegen von der Oberkante des Kiels bis zur Oberkante der Hauptdeckbalken, ebenfalls an der Seite des Schiffes.

6. Lloyds Tiefe. (Lloyds Depth.) Diese ist von der Seitenhöhe etwas verschieden. Wie wir gesehen haben, wird eine Rundung des Hauptdecks verlangt von $\frac{1}{4}$ Zoll für 1 Fuß Balkenlänge. Fügt man diese Rundung der Seitenhöhe hinzu, so erhält man Lloyds Tiefe. Mit dieser Berichtigung ist sie dasselbe, wie 5.

Für die folgende Reihe unserer Mittschiffs-Querschnitte, welche das Arrangement, den Betrag und die Entwicklung in der Baustärke bei zunehmender Schiffsgröße darstellen, wollen wir annehmen, daß diese Schiffe bei Lloyds klassifiziert werden sollen.

Die Größe und die Abstände aller Querverbände — Spanten, Gegenspanten, Bodenwrangen, Stützen — werden durch Zahlen, welche nur den Querschiffs-Dimensionen entnommen sind, wie folgt bestimmt:

Man addire (die Maße in engl. Fuß) halbe Konstruktionsbreite, Lloyds Tiefe und den Umfang des halben Hauptspants, gemessen von der Mitte der Oberkante des Kiels bis zur Stringer-Platte des Oberdecks. Wenn man nun die Tabellen in Lloyds Vorschriften nachsieht, so kann man die in Frage kommenden Größenverhältnisse, welche zu der Summe obiger Dimensionen gehören, finden. Die Zahl für Dreideck-Dampfer findet man, wenn man 7 Fuß von der Summe der Maße bis zur Oberkante der Oberdeckbalken abzieht.

Die Größen aller Längsverbände — Kiel, Kielschweine, Stringer, sowohl wie Dicke der äußeren und der Deckbeplattung, Steven und Heckrahmen — werden bestimmt durch die Zahl, welche man erhält, wenn man Lloyds erste Zahl für Querverbände mit der Länge des Schiffes multipliziert.

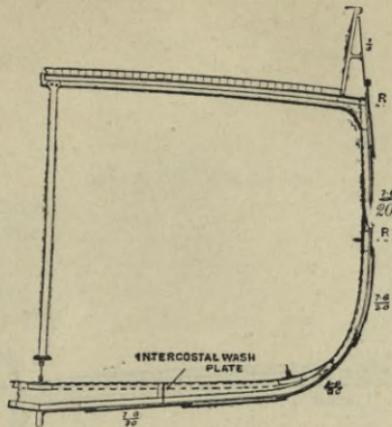
Schiffe mit extremen Dimensionen erfordern noch besondere Verstärkungen als diejenigen, welche durch obige Zahlen bestimmt werden und sind dafür bestimmte Vorschriften angegeben.

In Deutschland versteht man unter Länge zwischen den Perpendikeln die Länge zwischen einem Lot an der Hinterkante des Vorkiebens und einem Lot an der Vorderkante des Hinterstevens und zwar in der Höhe der Tiefadawasserlinie (sog. Konstruktions-Wasserlinie).

Ebenso versteht man unter Konstruktions-Tiefe den Abstand von der Oberkante des Kiels bis zur Konstruktions-Wasserlinie.

Identitätslänge = Länge über alles (größte Länge).

Anmerk. des Übersetzers.



Intercostal Wash Plate = Eingeschobene Schlagwasser-Platte.
Tiefe unter 13 Fuß. Länge = $12\frac{1}{2}$ Tiefen.

Fig. 45. — Dimensionen der Spanten und Beplattung für Schiffe unter 13 Fuß Tiefe.

Lloyds Zahlen.

$\frac{1}{2}$ Umfang	21,8
$\frac{1}{2}$ Breite	12,0
Tiefe	12,83
1. Zahl	46,63
Länge	161
2. Zahl	7507

Spanten $3 \cdot 3 \cdot \frac{6-5}{20}$, 21 Zoll
auseinander.

Gegenspanten $2\frac{1}{2} \cdot 2\frac{1}{2} \cdot \frac{5}{20}$.

Bodenwrangen $13 \cdot \frac{6-5}{20}$.

Mittelfelschwein $11 \cdot \frac{9-7}{20}$.

Durchlaufende Winkel am Kielschwein
 $3\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{6}{20}$.

Balken $5\frac{1}{2} \cdot \frac{5}{20}$ — Wulstschiene mit
doppelten Winken $2\frac{1}{2} \cdot 2\frac{1}{2} \cdot \frac{5}{20}$.

Scheergang $32 \cdot \frac{11-8}{20}$.

Kielgang $31 \cdot \frac{9-8}{20}$.

Stringerplatte $36 \cdot \frac{8}{20}$ — $19 \cdot \frac{6}{20}$.

Außerer Rinne-Winkel $3 \cdot 3 \cdot \frac{7}{20}$.
Kiel $7 \cdot 1\frac{1}{2}$.

Verstärkungen für extreme Länge.

Die Stärke des Scheergangs muß um $\frac{2}{20}$ auf $\frac{3}{4}$ Länge mittschiffs vermehrt werden.

Das Kimmfelschwein muß für $\frac{2}{3}$ Länge mittschiffs mit einer Wulstschiene versehen sein.

Die Stärke von 2 Plattengängen in der Kimm muß um $\frac{1}{20}$ für halbe Länge mittschiffs vermehrt werden.

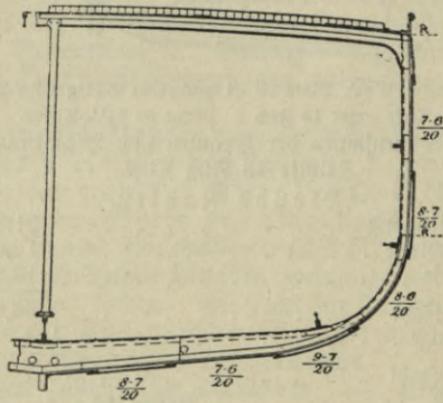
Abkürzungen.

L bedeutet Länge, also bedeutet $\frac{3}{4}$ L mittschiffs = $\frac{3}{4}$ Länge mittschiffs.

R = Höhe der Gegenspanten.

$\frac{8-7}{20}$ = Stärke reduziert von $\frac{8}{20}$ auf $\frac{7}{20}$.

Anmerkung: Alle Größen von Platten und Winkeln sind in Zoll gegeben.



Unter 14 Fuß Tiefe; Länge = $12\frac{1}{2}$ Tiefen.

Fig. 46. — Dimensionen der Spanten und Beplattung für Schiffe von weniger als 14 Fuß Tiefe.

Lloyds Zahlen.

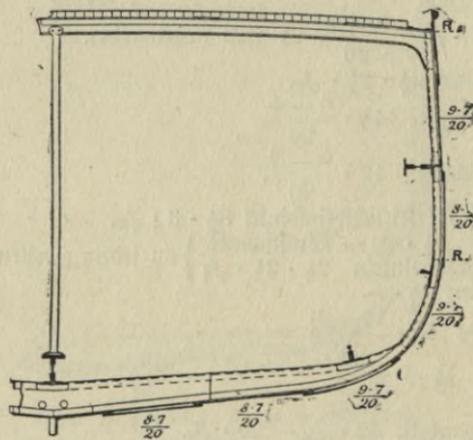
$\frac{1}{2}$ Umfang	. . . . .		24,—
$\frac{1}{2}$ Breite	. . . . .		13,5
Tiefe	. . . . .		13,83
1. Zahl	. . . . .		51,33
Länge 173	. . . . .		173
2. Zahl	. . . . .		8880
Spanten $3 \cdot 3 \cdot \frac{6-5}{20}$, 21 Zoll auseinander.			
Gegenspanten $2\frac{1}{2} \cdot 2\frac{1}{2} \cdot \frac{5}{20}$.			
Bodenwangen $14\frac{1}{2} \cdot \frac{6-5}{20}$.			
Mitteltielschwein $12 \cdot \frac{9-7}{20}$.			
Durchlaufende Kielschweinwinkel $3\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{6}{20}$.			
Deckbalken $6\frac{1}{2} \cdot \frac{6}{20}$ — Wulstschiene			
} an jedem zweiten Spant.			
mit Doppelwinkeln $2\frac{1}{2} \cdot 2\frac{1}{2} \cdot \frac{6}{20}$			
Raumstützen $2\frac{1}{2} \cdot -$			
Scheergang $33 \cdot \frac{12-8}{20}$.			
Kielgang $32 \cdot \frac{9-8}{20}$.			
Deckstringerplatte $38 \cdot \frac{8}{20} - 20 \cdot \frac{6}{20}$.			
Äußerer Kinnstein-Winkel $3 \cdot 3 \cdot \frac{7}{20}$.			
Kiel $7\frac{1}{4} \cdot 1\frac{1}{4}$.			

Verstärkungen für extreme Länge.

Die Stärke des Scheergangs muß um $\frac{2}{20}$ für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs vermehrt werden.

Das Kinnkielschwein muß für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs mit einer Wulstschiene versehen werden.

Die Stärke von 2 Plattengängen in der Kinn muß um $\frac{1}{20}$ für halbe Länge mittschiffs vermehrt werden.



Unter $15\frac{1}{2}$ Fuß Tiefe. Länge = $12\frac{1}{2}$ Tiefen.

Fig. 47. — Dimensionen der Spanten und Beplattung für Schiffe von weniger als $15\frac{1}{2}$ Fuß Tiefe.

Lloyds Zahlen.

$\frac{1}{2}$ Umfang	26,6
$\frac{1}{2}$ Breite	14,5
Tiefe	15,33
1. No.	56,33
Länge	192
2. No.	10815

Spannten $3\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{6-5}{20}$, 22 Zoll auseinander.

Gegenspannten $2 \cdot 2\frac{1}{2} \cdot \frac{5}{20}$.

Bodenwrangen $16 \cdot \frac{7-6}{20}$.

Mittelfielschwein $12 \cdot \frac{10-8}{20}$.

Durchlaufende Kielschweinwinkel $4\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{7}{20}$.

Raumstützen $2\frac{3}{4}$.

Deckbalken $7 \cdot \frac{7}{20}$, Wulstschiene mit Doppelwinkeln $3 \cdot 3 \cdot \frac{6}{20}$ } an jedem zweiten Spant.

Scheergang $34 \cdot \frac{12-8}{20}$.

Kielgang $32 \cdot \frac{9-8}{20}$.

Deckstringerplatte $40 \cdot \frac{9}{20} - 22 \cdot \frac{7}{20}$.

Außerer Kinnsteinwinkel $3\frac{1}{2} \cdot 3\frac{1}{2} \cdot \frac{7}{20}$.

Kiel $7\frac{1}{2} \cdot 2$.

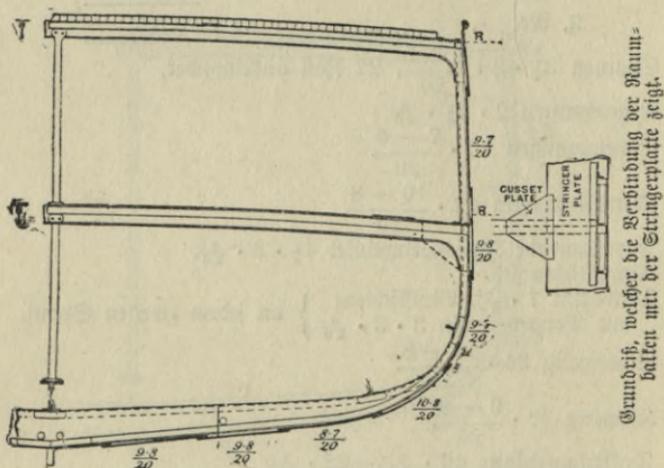
Verstärkungen für extreme Länge.

Die Stärke des Scheergangs muß um $\frac{3}{20}$ für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs vermehrt werden.

Die Platte unterhalb des Scheergangs wird um $\frac{1}{20}$ für $\frac{1}{2}$ L mittschiffs stärker genommen.

Das Kinnkielschwein muß für $\frac{3}{8}$ L mittschiffs mit einer Wulstschiene versehen werden.

Die Stärke von 2 Plattengängen in der Kinn muß um $\frac{1}{20}$ für halbe L mittschiffs vermehrt werden.



Grundriß, welcher die Verbindung der Raumbalken mit der Stringerplatte zeigt.

Gusset Plate = Fächerplatte. Stringer Plate = Stringerplatte.

Unter $16\frac{1}{2}$ Fuß Tiefe. Länge = $12\frac{1}{2}$ Tiefen.

Fig. 48. — Dimensionen der Spanten und Beplattung für Schiffe von weniger als $16\frac{1}{2}$ Fuß Tiefe.

Lloyds Zahlen.

$\frac{1}{2}$ Umfang	28,3
$\frac{1}{2}$ Breite	15,5
$\frac{1}{2}$ Tiefe	16,33
1. No.	60,13
Länge	205
2. No.	12326

Spanten $3\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{7-6}{20}$, 22 Zoll auseinander.

Gegenspanten $3 \cdot 2\frac{1}{2} \cdot \frac{6}{20}$.

Bodenwrangen $17\frac{1}{2} \cdot \frac{8-7}{20}$.

Mittelfielschwein $13 \cdot \frac{10-8}{20}$.

Durchlaufende Kielschweinwinkel $4\frac{1}{2} \cdot 3\frac{1}{2} \cdot \frac{7}{20}$.

Deckbalken $7\frac{1}{2} \cdot \frac{7}{20}$ — Wulstschiene } an jedem zweiten Spant.
mit Doppelwinkel $3 \cdot 3 \cdot \frac{6}{20}$

Raumbalken $8\frac{1}{2} \cdot \frac{8}{20}$ Wulstschiene mit } an jedem
Doppelwinkeln $4 \cdot 3 \cdot \frac{7}{20}$ mit Deckplatte } zehnten Spant.

Deckstringerplatte $44 \cdot \frac{9}{20}$ — $24 \cdot \frac{7}{20}$.

Raumstringerplatte $27 \cdot \frac{7}{20}$ — $21 \cdot \frac{6}{20}$.

Äußerer Kimmsteinwinkel $4 \cdot 4 \cdot \frac{7}{20}$.

Scheergang $35 \cdot \frac{12-8}{20}$.

Kielgang $33 \cdot \frac{10-9}{20}$.

Kiel $7\frac{1}{2} \cdot 2\frac{1}{4}$.

Raumstützen $2\frac{1}{4}$.

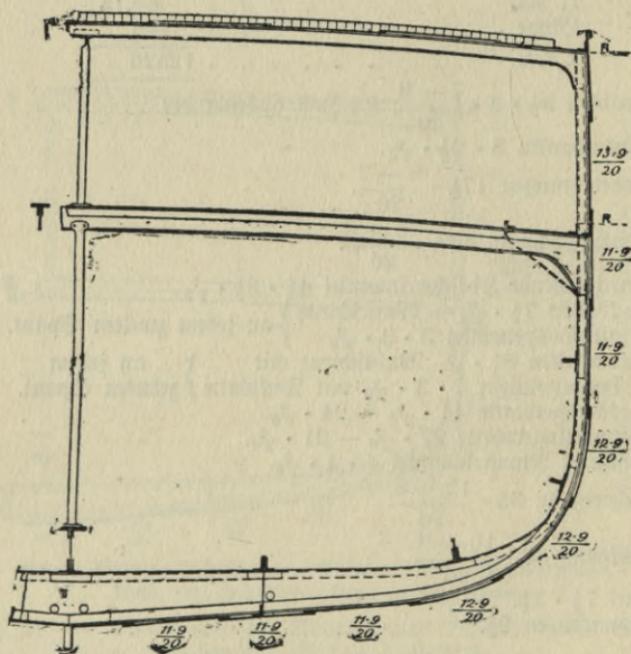
Verstärkung für extreme Länge.

Die Stärke des Scheergangs muß um $\frac{2}{20}$ für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs vermehrt werden.

Die Platte unterhalb des Scheergangs wird um $\frac{1}{20}$ für $\frac{1}{2}$ L mittschiffs stärker genommen.

Das Kimmfielschwein muß für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs mit einer Wulstschiene versehen werden.

Die Stärke von 2 Plattengängen in der Kimm muß um $\frac{1}{20}$ für $\frac{1}{2}$ L mittschiffs vermehrt werden.



Unter 23 Fuß Tiefe. Länge = $12\frac{1}{2}$ Tiefen.

Fig. 49. — Dimensionen der Spanten und Beplattung für Schiffe von weniger als 23 Fuß Tiefe.

Long's Zahlen.

$\frac{1}{2}$ Umfang	38,—
$\frac{1}{2}$ Breite	19,—
Tiefe	22,83
1. No.	79,83
Länge	286
2. No.	22831

Spannten $5 \cdot 3 \cdot \frac{8-7}{20}$, 24 Zoll auseinander.

Gegenspannten $3\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{8}{20}$.

Bodenwangen $24 \cdot \frac{10-8}{20}$.

Mittelkielschwein $20 \cdot \frac{13-11}{20}$.

Durchlaufende Kielschweinwinkel $6 \cdot 4 \cdot \frac{9}{20}$.

Eingeschobene (intercostale) Kielschweinplatte $\frac{8}{20}$.

Vollständiges Stahldeck; Dicke $\frac{8}{20}$ auf dem Oberdeck.

Deckbalken $6\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{9-8}{20}$, Wulstschiene an jedem Spant.

Raumbalken $10\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{20}$ Wulstschiene } an jedem zehnten Spant.
mit Doppelwinkeln $4\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \frac{9}{20}$.

Deckstringerplatte $41 \cdot \frac{1}{20} - 35 \cdot \frac{8}{20}$.

Raumstringerplatte $38 \cdot \frac{9}{20} - 29 \cdot \frac{8}{20}$.

Äußerer Rinnstein-Winkel $4\frac{1}{2} \cdot 4\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{20}$.

Scheergang $42 \cdot \frac{15-10}{20}$.

Kielgang $36 \cdot \frac{12-11}{20}$.

Kiel $10 \cdot 2\frac{1}{2}$.

Raumstützen $3\frac{1}{2}$.

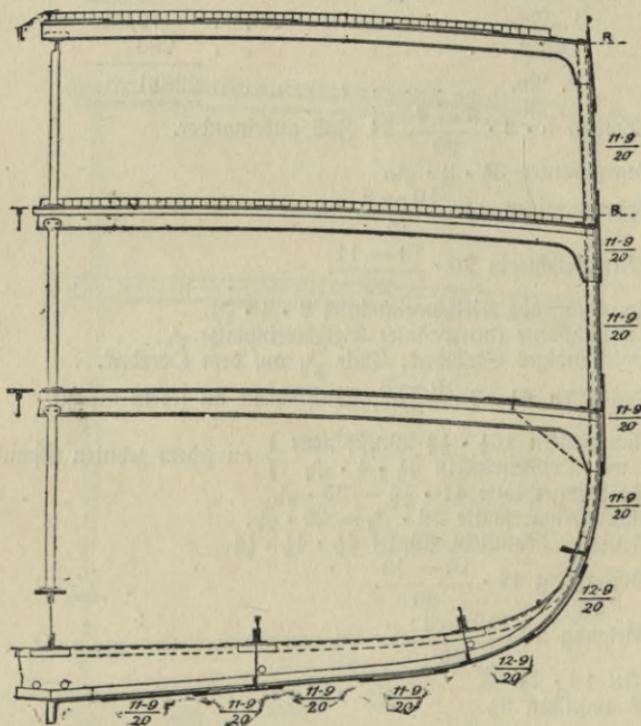
Verstärkung für extreme Länge.

Die Stärke des Scheergangs muß um $\frac{2}{20}$ für $\frac{1}{4}$ L mittschiffs vermehrt werden.

Die Platte unterhalb des Scheergangs wird um $\frac{2}{20}$ für $\frac{1}{2}$ L mittschiffs stärker genommen.

Das Kimmkielschwein muß für $\frac{1}{2}$ L mittschiffs mit einer Wulstschiene versehen werden.

Die Stärke von 3 Plattengängen in der Kimm muß um $\frac{1}{20}$ für $\frac{1}{2}$ L mittschiffs vermehrt werden.



Unter 26 Fuß Tiefe. Länge = 16 Tiefen bis zum Mitteldeck.
Länge = 11,6 Tiefen bis zum oberen Deck.

Fig. 50. — Dimensionen der Spanten und Beplattung für Schiffe von weniger als 26 Fuß in Tiefe.

Lloyds Zahlen.

$\frac{1}{2}$ Umfang	40,75
$\frac{1}{2}$ Breite	20,5
Tiefe	25,83
	<hr/>
	87,08
	7
	<hr/>
1. Zahl	80,98
Länge	301
	<hr/>
2. Zahl	24104

Spanten $5 \cdot 3\frac{1}{2} \cdot \frac{8-7}{20}$, 24 Zoll auseinander.

Gegenspanten $3\frac{1}{2} \cdot 3\frac{1}{2} \cdot \frac{8}{20}$.

Bodenwrangen $24\frac{1}{2} \cdot \frac{10-8}{20}$.

Mittelfielschwein $25 \cdot \frac{14-12}{20}$.

Durchlaufende Kielschweinwinkel $6\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \frac{9}{20}$.

Eingeschobene (intercostale) Kielschweinplatte $\frac{9}{20}$.

Vollständiges Stahldeck, $\frac{7}{20}$ Dicke auf dem Oberdeck.

Oberdeckbalken $7\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{10-9}{20}$, Wulfwinkel an jedem Spant.

Mitteldeckbalken $10 \cdot \frac{1}{20}$, Wulfschiene } an jedem
mit doppelten Winkeln $3\frac{1}{2} \cdot 3\frac{1}{2} \cdot \frac{7}{20}$ } zweiten Spant.

Raumbalken $11 \cdot \frac{1}{20}$, Wulfschiene } an jedem zehnten Spant.
mit doppelten Winkeln $5 \cdot 4 \cdot \frac{9}{20}$ }

Oberdeckstringerplatte $43 \cdot \frac{1}{20} - 36 \cdot \frac{8}{20}$.

Mitteldeckstringerplatte $62 \cdot \frac{1}{20} - 36 \cdot \frac{8}{20}$.

Raumstringerplatte $40 \cdot \frac{9}{20} - 31 \cdot \frac{8}{20}$.

Außerer Kinnsteinwinkel $4\frac{1}{2} \cdot 4\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{20}$.

Scheergang $42 \cdot \frac{15-10}{20}$.

Kielgang $36 \cdot \frac{12-11}{20}$.

Kiel $10 \cdot 2\frac{5}{8}$.

Raumstügen $3\frac{5}{8}$.

Verstärkung für extreme Länge.

Die Stärke des Scheergangs muß um $\frac{2}{20}$ für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs vermehrt werden.

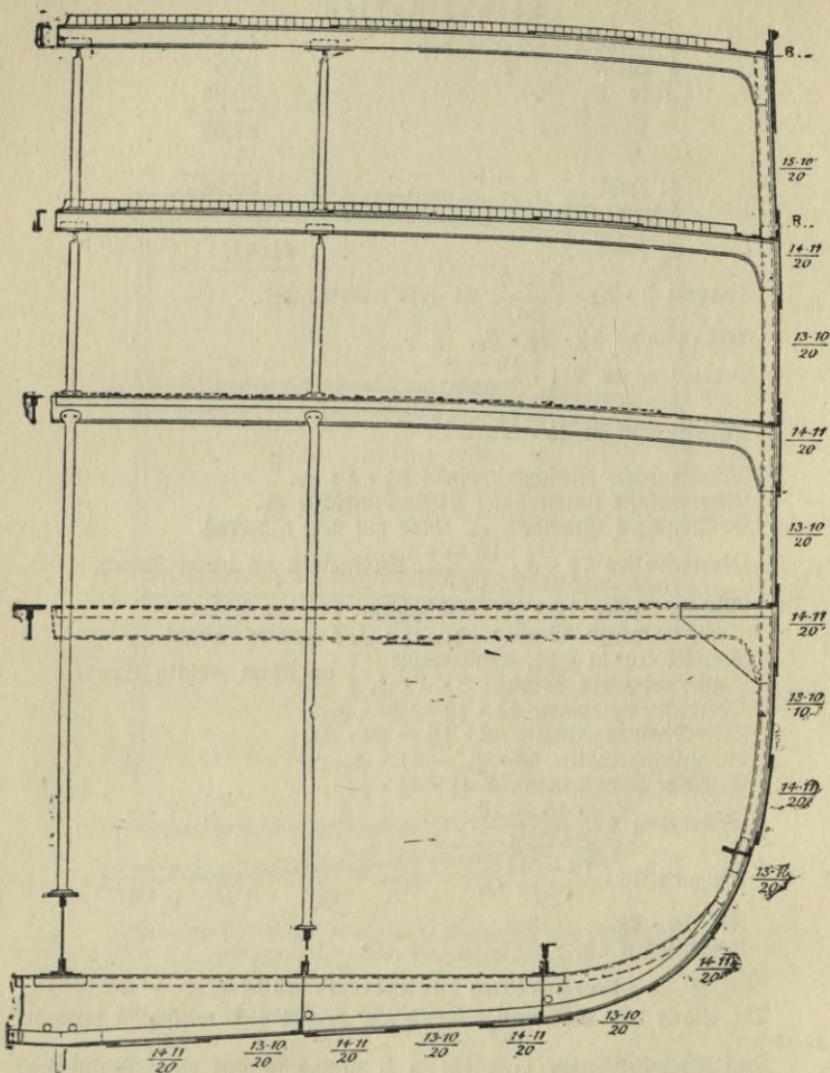
Das Kimmkielschwein muß für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs mit einer Wulfschiene und für $\frac{1}{2}$ L mittschiffs mit einer intercostalen Platte versehen werden.

Die Stärke von 2 Plattengängen in der Kimm muß um $\frac{1}{20}$ für die ganze Länge von vorn nach hinten vermehrt werden.

Die Tiefe des Mittelfielschweins muß vermehrt werden.

Das Seitenkielschwein muß für $\frac{1}{2}$ L mittschiffs mit einer Wulfschiene versehen werden.

Der Kimmstringer erhält eine intercostale Platte für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs.



Unter 36 Fuß Tiefe (ebenso unter 39 Fuß). Länge = 15,5 Tiefen bis zum Mitteldeck.
Länge = 12,5 Tiefen bis zum Oberdeck.

Fig. 51. — Dimensionen der Verbände für Schiffe von weniger als 36 Fuß Tiefe.

Note. Die Abmessungen sind für ein Schiff unter 36 Fuß tief; dieselben sind in ausgezogenen schwarzen Linien angegeben. Die Figur ist gezeichnet bis zu der Tiefe unter 39 Fuß, um die Einführung einer neuen Balkenlage (durch punktirte Linien) zu zeigen. Ein solches Schiff würde sowohl Seiten- als auch Bodenverlängerung erfordern.

Lloyds Zahlen.

$\frac{1}{2}$ Umfang	52,5
$\frac{1}{2}$ Breite	25,—
Tiefe	35,83
	113,33
	7
1. Nr.	106,33
Länge	448
2. Nr.	47635

Spannten $6 \cdot 3\frac{1}{2} \cdot \frac{10-9}{20}$, 25 Zoll auseinander.

Gegenspannten $4\frac{1}{2} \cdot 3\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{9}{10}$.

Bodenwrangen $32 \cdot \frac{10-8}{20}$.

Mittelfielschwein $36 \cdot \frac{14-13}{20}$.

Durchlaufende Kielschweinwinkel $6\frac{1}{2} \cdot 4\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{9}{10}$.

Intercostale Kielschweinplatten $\frac{9}{10}$.

Grundplatte $18 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{9}{10}$.

Vollständiges Stahldeck (Oberdeck) $\frac{9}{10}$.

" " (Mitteldeck) $\frac{8}{10}$.

Oberdeckbalken $9 \cdot 3 \cdot \frac{12-11}{20}$, Wulstwinkel an jedem Spant.

Mitteldeckbalken $9 \cdot 3 \cdot \frac{12-11}{20}$, Wulstwinkel an jedem Spant.

Unterdeckbalken $12 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10}$, mit } an jedem zweiten Spant.
Doppelwinkeln $3\frac{1}{2} \cdot 3\frac{1}{2} \cdot \frac{9}{10}$

Oberdeckstringerplatte $64 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{8}{10} - 51 \cdot \frac{9}{10}$.

Mitteldeckstringerplatte $64 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10} - 51 \cdot \frac{9}{10}$.

Unterdeckstringerplatte $56 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{9}{10} - 44 \cdot \frac{8}{10}$.

Äußerer Kimmsteinwinkel $5 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10}$.

Scheergang $46 \cdot \frac{15-12}{20}$.

Kielgang $36 \cdot \frac{15-14}{20}$.

Kiel $12 \cdot 3\frac{1}{4}$.

Raumstützen 4.

Verstärkung für extreme Länge.

Der Scheergang muß für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs verdoppelt werden.

Die Stärke der Platte unterhalb des Scheergangs muß um $\frac{9}{10}$ vermehrt werden.

Die Stärke der Oberdeckstringerplatte muß um $\frac{9}{10}$ für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs vermehrt werden.

Das Seitenkielschwein wird um eine durchlaufende Platte für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs vermehrt.

Das Kimmkielschwein wird um eine durchlaufende Platte für $\frac{1}{2}$ L mittschiffs vermehrt.

Der Kimmstringer wird um eine intercostale Platte für $\frac{3}{4}$ L mittschiffs vermehrt.

Das Mittelfielschwein erhält eine größere Tiefe.

Beziehung zwischen Stärke und Dimensionen. — Bemerkungen zu „Mittschiffsquerschnitten“. Als wir uns mit dem Artikel „Beanspruchungen“ (strains) beschäftigten, fanden wir, daß sowohl Längsschiffs- wie Querschiffs-Beanspruchungen nach vorn und hinten abnahmen, während sie an jeder Seite mittschiffs am stärksten waren. Naturgemäß erwarten wir in den Querschnitten (Fig. 45—51) eine entsprechende Anordnung der Bau Stärken zu finden. Solches ist in der That der Fall. Die Spanten und Bodenwrangen behalten ihr Maximum für $\frac{3}{5}$ Länge mittschiffs, während sie für das letzte Fünftel an jedem Ende in der Dicke vermindert werden. Die Bodenwrangen werden für $\frac{1}{4}$ Länge mittschiffs bis zur doppelten Höhe über dem Kiel in den Kimmten hinaufgeführt. Weiter nach vorn und hinten werden sie allmählig niedriger, bis die Oberkanten gerade werden. Indessen wird die Tiefe der Bodenwrangen an den äußersten Enden vermehrt, wie wir später sehen werden.

Die Höhe, bis zu welcher die Gegenpannten geführt werden, hängt von den Querschiffs-Dimensionen ab. Ist Lloyds erste Nummer weniger als 45, so führt man die Gegenpanntwinkel quer über jede Bodenwrange und am Spant bis zum oberen Teil der Kimm hinauf; findet man die Nummer zwischen 45 und 57, so reichen sie abwechselnd bis zum Wassergang (Schandek) (gunwale), und auch die übrigen hoch genug, damit der Doppelwinkel des Stringers über der Kimm gut mit ihnen verbunden werden kann; sind Raumbalken vorhanden, so müssen sie hoch genug hinauf reichen, um dem Balken-Stringerwinkel eine gute Verbindung zu gewähren. Bei Nr. 57 und darüber reichen die Gegenpannten abwechselnd bis zum Wassergang und bis zum nächstniedrigen Stringer. Erreicht oder überschreitet die Nummer für Segelschiffe 75, so reichen die Gegenpannten an jedem Spant bis zum Wassergang. Ausgenommen bei Spar- und Sturmdeckschiffen und bei Poops und Backs sind die Balken (ausgenommen Raumbalken), wo ihre Länge weniger als $\frac{3}{4}$ der Länge des Mittschiffsbalkens ist, in den Dimensionen verringert; in vielen Fällen sowohl in der Tiefe als auch in der Dicke.

In Schiffen, von denen Fig. 45, 46 und 47 Querschnitte zeigen, ist nur eine Balkenlage erforderlich, sobald aber die Tiefe (Lloyds Tiefe) 15 Fuß 6 Zoll erreicht und überschreitet, muß eine Reihe von weit auseinander liegenden Raumbalken eingeführt werden, welche mit einer durchlaufenden Stringerplatte versehen sind (Fig. 48 und 49). Dieses, in Verbindung mit dem allmählichen Wachsen der anderen Verbände, giebt die vermehrte Längsschiffs- und Querschiffsstärke, welche durch größere Länge und Tiefe erforderlich werden. Wird 24 Fuß erreicht und überschritten, so ist eine andere Balkenlage erforderlich (Fig. 50).

Erreicht die Tiefe 32 Fuß 6 Zoll, so ist zwar keine weitere Balkenreihe erforderlich, doch muß eine Stringerplatte eingeführt

werden, welche mit jedem zweiten Spant durch große Stüßbalkenlinie verbunden wird und auf deren innerem Rande ein starker Winkel von der Größe der Mittelkielschweinwinkel genietet wird: hierdurch wird diese Stringerplatte zu einem wirksamen Verbandstück.

Wird 36 Fuß Tiefe erreicht, so sind die Verstärkungen, welche in Fig. 51 durch punktierte Linien angegeben, erforderlich. Es ist dieses eine vierte Balkenreihe von besonderer Stärke, welche mit jedem zehnten Spant verbunden werden. Man nennt sie Dröppbalken.

Auch in den Längsverbänden finden ähnliche Reduktionen statt. Die Mittelkielschweinplatte, welche auf den Bodenwrangen steht, behält, ebenso wie die Trägerplatte, ihre Mittschiffsdicke für die halbe Mittschiffslänge. Ueber diese Länge hinaus finden beträchtliche Reduktionen in Stärke statt und die Trägerplatte verschwindet vor und hinter der $\frac{3}{4}$ -Mittschiffslänge. Die Stringerplatten auf den Balkenenden behalten ihre Mittschiffs- Dimensionen auf $\frac{1}{2}$ Schiffslänge. Auf der verbleibenden $\frac{1}{4}$ Länge an jedem Ende nehmen sie allmählig an Breite und Stärke ab. Die Anzahl der Raumstringer und Kielschweine bis unterhalb der Rimm richtet sich gänzlich nach der Tiefe des Schiffes. Die Größe aller großen Winkel für Kielschweine und Stringer im Raume ist dieselbe wie für die Winkel des Mittelkielschweins.

Ebenso zeigt die äußere Beplattung eine Verringerung in Stärke, dieselbe tritt auf $\frac{1}{4}$ Länge von jedem Ende ein.

Wo ein Stahldeck von $\frac{7}{20}$ Zoll und darüber gelegt ist, findet eine Reduktion vor und hinter der halben Mittschiffslänge statt. Bei einigem Nachdenken wird man einsehen, daß es falsch sein würde, einem jeden Schiffe mit gleicher Nr. 2 dieselbe Längschiffsstärke zu geben; denn dann würde ein langes, flaches Schiff in Wirklichkeit weniger Längsverband erhalten, als ein kurzes und tiefes, da die Einführung der Raumstringer und Kielschweine sich fast nur nach der Tiefe richtet.

Wir haben schon gesehen, daß ein langes, flaches Schiff mit geringer Längsträgerhöhe (Kielschwein etc.) dem Durchbiegen weniger Widerstand leisten kann, als ein kürzeres und tieferes Schiff. Es ist daher Gebrauch bei den verschiedenen Klassifikations-Gesellschaften, eine bestimmte Anzahl Tiefen auf die Länge zu rechnen. Lloyds nehmen als Basis eine Länge von 11 Tiefen an.

Daher müssen Schiffe, welche diese Länge überschreiten, eine vermehrte Längschiffs-Verstärkung haben, welche sich über die Mitte der Länge erstreckt. In den Fig. 45—51 ist die Anzahl der Tiefen für Länge = 12,5, ausgenommen Fig. 50, wo sie 11,6 ist. Deswegen ist die erforderliche zuzügliche Verstärkung so weit wie möglich aus den zugehörigen Skizzen ersichtlich, ebenso wie in der Tabelle für besondere Verstärkungen in jedem Diagramm.

Wenn in Dreieckschiffen die Länge größer ist als 11 Tiefen, gerechnet von der Oberkante des Kiels bis zur Oberkante der Mitteldeckbalken, so müssen besondere Verstärkungen in der Rimm und im Boden angebracht werden. Solche Verstärkungen sind in den vorhergehenden Mittschiffs-Querschnitten angegeben. Alle Schiffe, welche eine Länge von 13 und mehr Tiefen (von der Oberkante des Kiels bis zur Oberkante der Oberdeckbalken) haben, müssen einen soliden Aufbau (Brücke) haben, welcher sich mittschiffs über die halbe Länge des Schiffes erstreckt.

Wenn man die Fig. 45—51 mit den dabei angegebenen Abmessungen durchgeht, wird man die vorstehenden Bemerkungen über die Anordnungen und das Zunehmen der Baustärken voll bestätigt finden.

Vertikale Verstärkungen. — Maschinen- und Kesselraum. Betrachtet man die Einrichtungen eines Dampfers vom baulichen Gesichtspunkte, so springt, besonders bei Schnelldampfern, die Gewichtsanhäufung und die Vibration im Maschinenraum sofort in die Augen. Hierbei kommt noch in betracht, daß die Querschiffs-Verbindung durch das Wegfallen von Raumbalken eine Schwächung erleidet, und daß selbst die Deckbalken im Schacht des Maschinen- und Kesselraums durchschnitten sind.

Hieraus ergibt sich eine Neigung zur Ausdehnung in vertikaler Richtung, und zum Zusammenziehen in der oberen Breite des Schiffes.

Falls nun das Schiff nicht genügend Verbindungsfestigkeit besitzen würde, um dem Arbeiten und den Vibrationen der Maschine Widerstand leisten zu können, würde sich dieser Uebelstand rasch verschlimmern und gefährliche Dimensionen annehmen. Glücklicherweise kann man sich dagegen sichern, und obgleich die angewendeten Methoden für verschiedene Schiffstypen etwas von einander abweichen mögen, so wollen wir doch einige allgemeine Andeutungen geben.

In der Hauptsache kommt es darauf an, den Maschinen und Kesseln eine gute Grundlage zu geben. Nach Loyds Vorschriften müssen die Bodenwrangen unter den Maschinen $\frac{1}{20}$ und unter den Kesseln $\frac{2}{20}$ Zoll dicker sein, wie sonst erforderlich; hierdurch erhält der Schiffsboden größere Festigkeit. Zweifellos wird die Extra-Verstärkung von $\frac{1}{20}$ Zoll unter den Kesseln wegen der stärkeren Rostens (Korrosion) in Folge der feuchten Hitze angeordnet. Indessen ist dieses stärkere Rosten teilweise auch eine Folge von Nachlässigkeit, denn wenn die inneren Schiffsböden sorgfältig reingehalten und öfter mit einer Cementlösung gestrichen würden, käme jedenfalls nicht so viel Klage über den Zustand der Bodenwrangen in verhältnismäßig neuen Schiffen und man würde finden, daß ein wenig Sorgfalt und Reinlichkeit schließlich billiger ist, als neue Bodenwrangen.

In der Regel findet man in Schiffen mit gewöhnlichen Bodenwrangen, daß das Maschinenlager oder Fundament, wie es auch genannt wird, zu einer größeren Höhe wie die Bodenwrangen aufgebaut werden muß. In solchem Falle erhält man ein gutes Fundament, wenn man die Bodenwrangen so hoch macht, daß sie bis zum Maschinenlager reichen und sich mit horizontalen Kanten von einer Schiffseite bis zur andern erstrecken. Lloyd's verlangen, daß die Oberkanten der Bodenwrangen unter Maschinen und Kesseln mit doppelten, mindestens von Kimm zu Kimm laufenden Gegenwinkeln versehen werden. Dieses versteift nicht nur den Boden, sondern bildet auch ein gutes Verbindungsmittel für die dicken Platten, auf welche die Bodenplatte der Maschine festgeboltzt wird. Zwischen den Bodenwrangen werden auf jeder Seite der Mittellinie wieder intercostale Platten befestigt, welche die Bodenwrangen versteifen und eine Stütze für den Kondensator zc. abgeben. (Fig. 52.)

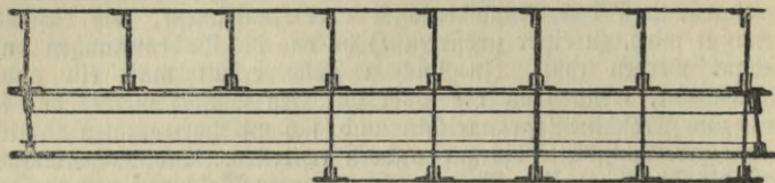
Mitunter, namentlich bei Yachten, wird eine wasserdichte Vertiefung in den Bodenwrangen der Maschine direkt unter der Welle eingerichtet, damit das herabträufelnde Fett und Del der Maschine nicht in die Bilgen gelangen kann.

Falls die Bodenwrangen nicht vom Kiel bis zum Maschinenfundament reichen, muß ein besonderer Stand für die Maschine auf den gewöhnlichen Bodenwrangen aufgebaut werden; dieser wird jedoch nicht so fest wie nach der eben angegebenen Methode. Die Kessel müssen ebenfalls auf besonderen Grundlagen befestigt werden, welche stark, solide und fest mit dem Schiffsboden verbunden sind. (Fig. 54.) Man erreicht dieses, indem man 2 oder 3 dicke Platten, Stuhl engl. stool genannt, auf den Bodenwrangen unter jedem Kessel befestigt.

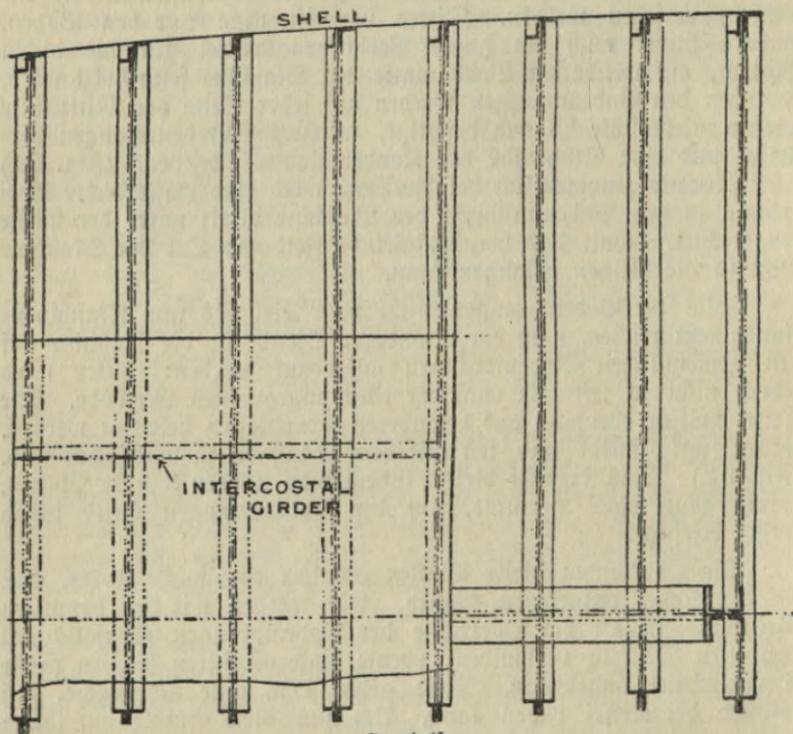
Die Oberkanten dieser Platten erhalten eine solche Form, daß sie den Kessel aufnehmen können. Sie werden mit den doppelten Gegenwinkeln an der Oberkante der Bodenwrangen ebenfalls mit doppelten Winkeln verbunden, ebenso sind an ihren Kanten große Doppelwinkel angebracht. Diese geben eine gute Oberfläche, auf welcher der Kessel ruhen kann. Um nun diese Stühle auf ihrem Platz zu halten und eine Neigung nach der einen oder anderen Seite zu verhindern, werden Stützplatten in der Längsrichtung angebracht, welche mit den Doppelwinkeln verbunden werden.

Bei Schiffen mit Doppelböden für Wasserballast wie in Fig. 55 stehen die Maschinen gewöhnlich auf der Tankplatte, da diese meistens von genügender Höhe ist. Mitunter ist es indessen notwendig, ein Trägerlager auf den inneren Bodenplatten zu bauen, um den Maschinen die nötige Höhe zu geben. In jedem Falle wird die innere Bodenbeplattung im Maschinen- und Kesselraum in größerer Dicke hergestellt und direkt unter den Maschinen wird eine starke

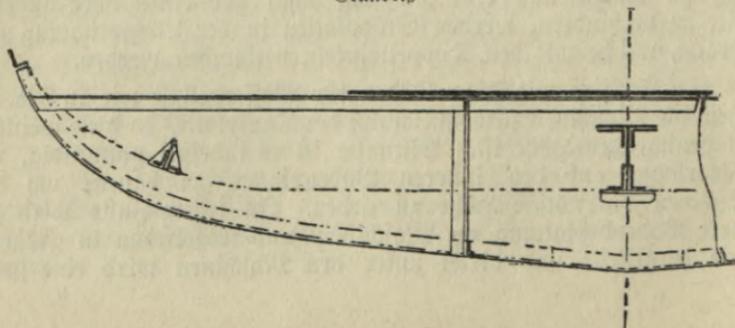
Maschinenlager.



Aufriß.



Grundriß.



Querschnitt.

Intercostal Girder = Intercostaler Träger. Shell = Außenhaut.

Fig. 52. — Maschinenlager.

Fundamentplatte fest vernietet. Diese Platte kann einen Teil der inneren Bodenbeplattung darstellen oder sie kann auch auf die innere Beplattung genietet werden, wenn die Maschinen unmittelbar auf dem Tankboden stehen. Hat man dagegen ein Trägerlager, so wird sie auf diesen Träger genietet. Auf diese Platte wird die Fundamentplatte der Maschine festgebolzt. Die Kessellager werden mit der inneren Bodenbeplattung vernietet. Ebenso wie bei gewöhnlichen Bodenwrangen ist auch hier eine Extraverstärkung des Schiffsbodens unter den Maschinen und Kesseln erforderlich, welche man durch eingeschobene Längsträger erreicht.

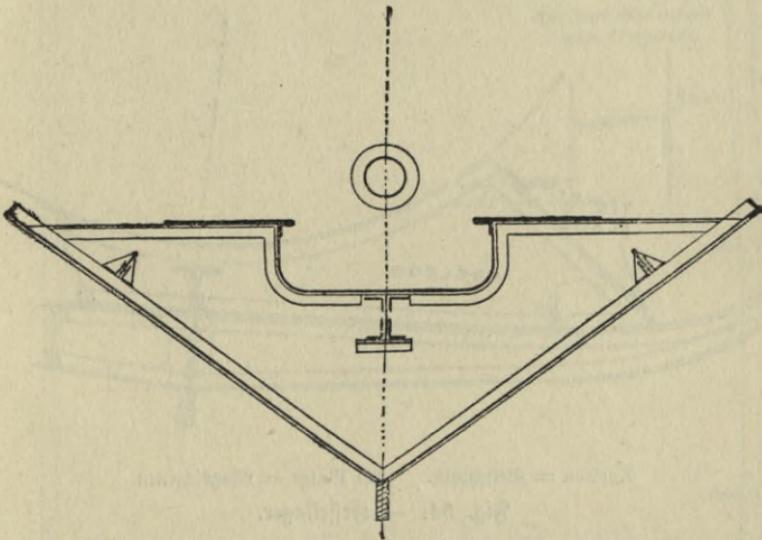
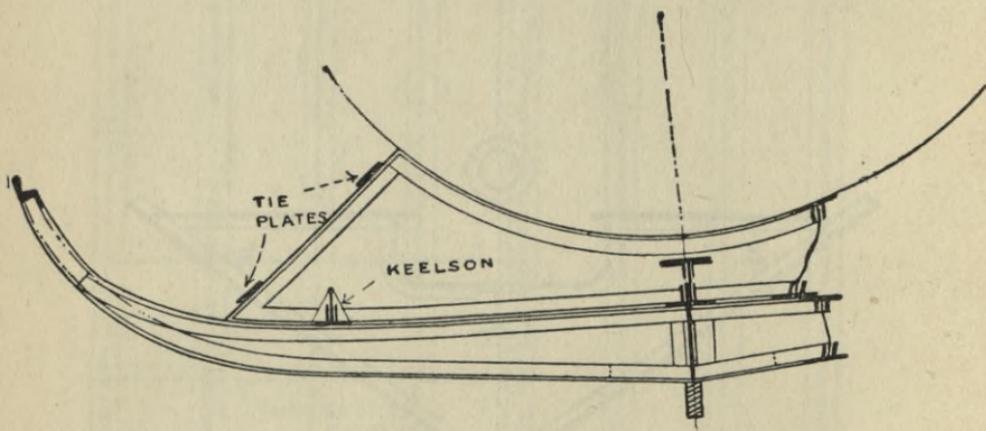


Fig. 53. — Höhlungen unter Maschinen, um herunterträufelndes Öl aufzufangen.

Nachdem auf diese Weise der Schiffsboden versteift worden, muß man für den Verlust der Balken Ersatz suchen und auch Mittel finden, die Schiffseiten vor dem Eingedrücktwerden zu bewahren. Man erreicht dieses durch Einführung von Rahmenpannen (web-frames). Besonders bei Schnelldampfern muß Sorge getragen werden, daß solche in genügender Anzahl angebracht werden. Obgleich Rahmenstringer (web-stringer) in Verbindung mit Rahmenpannen eine wertvolle Versteifung bilden, ist es besser, in den Maschinenraum extra starke Balken einzubauen, wo man sie irgend anbringen kann. Die Form derselben kann je nach der Schiffsgröße verschieden sein (siehe B, C, D, E und F, Fig. 32).

Um die Spanten im Maschinen- und Kesselraum noch weiter zu versteifen, empfiehlt es sich, alle Gegenspantwinkel mit dem oberen Deck zu verbinden.

Mitunter kommt es bei Schiffen, deren Mittelkielschwein auf den Bodenwrangen steht, vor, daß hierdurch die Kessel zu hoch zu liegen kommen und man infolge dessen im Kesselraum das Kielschwein erniedrigen muß. Würde man nun für diese Veränderung keine Verstärkung anbringen, so würde dadurch die Festigkeit sehr geschwächt; man kann aber auf verschiedene Weise den Verlust kompensieren. Da durch das niedrigere Kielschwein die Fläche des Querschnitts geringer wird, so kann man einerseits die Kielschweinplatte



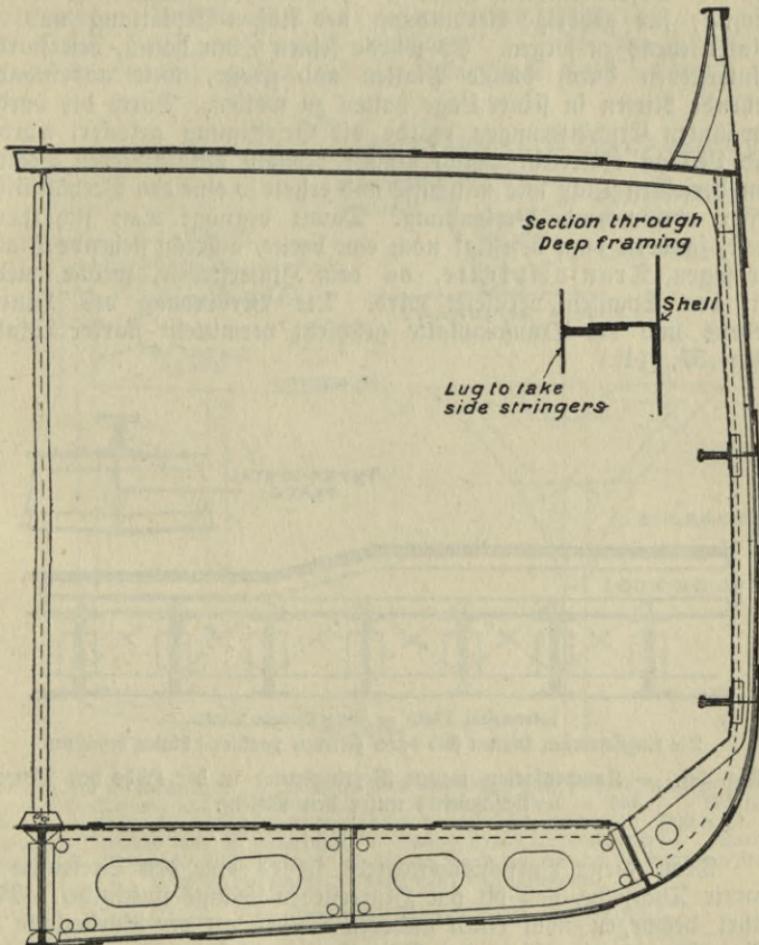
Keelson = Kielschwein. Tie Platos = Längsriemen.

Fig. 54. — Kessellager.

an dieser Stelle um so viel stärker nehmen, daß die Querschnittsfläche dieselbe bleibt. Dieses würde aber noch nicht genügen, denn wie wir gesehen haben, ist das Widerstandsmoment gegen Durchbiegen in der Längsrichtung für dasselbe Areal doch bei höheren Längsträgern bedeutend größer. Man hilft sich nun in praktischer Weise dadurch, daß man intercostale Längsplatten zwischen den Bodenwrangen befestigt, welche wieder mit dem Kielschwein durch dessen untere Winkel verbunden werden, wie in Fig. 56 gezeigt ist. Auch kann es im Kesselraum wegen Platzmangel vorkommen, daß man die Breite der Raumstringerplatten verringern muß; um eine Schwächung zu vermeiden, nimmt man dann die Stringerplatte an der betreffenden Stelle stärker und versieht die innere Kante mit starken Winkeln.

Methode, das Schiff beim Hinterende der Welle zu verstärken.
Verlassen wir Maschinen- und Kesselraum und begeben uns nach

hinten, so finden wir, daß das Schiff große Erschütterungen und starke Beanspruchungen durch das Arbeiten der Schraube auszuhalten hat, besonders bei hohem Seegange. In einem Augenblick, wo sie

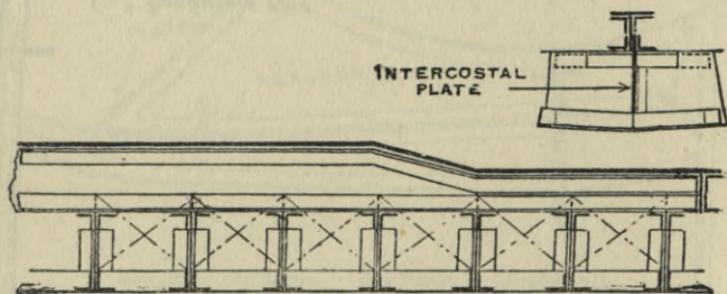


Lug to take side stringers = Gegenwinkel zur Befestigung der Stringer. Section through Deep framing = Querschnitt durch tiefe Spanten. Shell = Außenhaut.

Fig. 55. — Mittschiffs-Querschnitt eines Schiffes mit tiefen Spanten und zellenförmigem Doppelboden.

ganz unter Wasser ist, dreht sie sich regelmäßig, sobald aber die Welle passiert ist und sie teilweise oder ganz aus dem Wasser hervorragt, dreht sie sich infolge dessen bedeutend rascher.

Hier muß man nun Vorsorge treffen. Um die Seiten des Schiffes zu versteifen, sollte man hinten die Bodenwrangen bedeutend erhöhen und nahe beim Hinterstegen sollte man sie so hoch nehmen, daß die Schraubenwelle durch sie hindurchgeht. Dann ist es sehr wichtig, für gehörige Verbindung der Außen-Beplattung und des Hinterstevens zu sorgen. Es würde keinen Sinn haben, den starken Hinterstegen durch dünne Platten und große, weit auseinander stehende Rieten in seiner Lage halten zu wollen. Durch die vorhin erwähnten Erschütterungen würde die Befestigung gelockert werden und Leckage eintreten. Man nimmt deshalb diese hinteren Platten von derselben Dicke wie mitschiffs und erhält so eine den Verhältnissen besser entsprechende Verbindung. Damit begnügt man sich jedoch nicht, sondern man befestigt noch eine breite, aufrecht stehende Platte, die sogen. Transomplatte, an dem Hinterstegen, welche wieder mit den Spanten vernietet wird. Die Verbindung des Hinterstevens und der Transomplatte geschieht vermittelst starker Winkel. (Fig. 57, AB.)



Intercostal Plate = Eingeschobene Platte.

Die eingeschobenen Platten sind durch gekreuzte punktierte Linien bezeichnet.

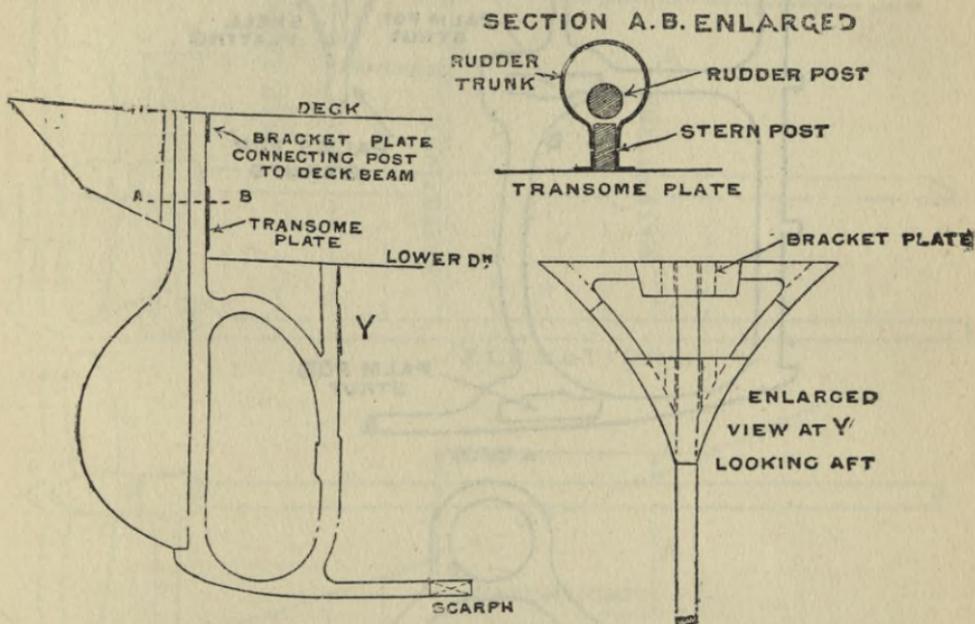
Fig. 56. — Kompensation wegen Verringerung in der Höhe des Mittelschiffs unter den Rieffeln.

Trotz dieser Vorsichtsmaßregeln ist es eine den Seeleuten bekannte Thatsache, daß oft am Hinterstegen Leckage stattfindet. Man führt deswegen noch einen anderen Steven an der Vorderseite des Hinterstevens ein (Y in der Skizze) und dieser erstere wird ebenfalls mit einer starken Platte versehen, welche ihrerseits wieder mit den Spanten und durch eine Stützplatte mit dem unteren Deck verbunden ist. Durch diese Mittel, gute, sorgfältige Arbeit und dadurch, daß man den Raum oberhalb der Schraubenöffnung zwischen beiden Teilen mit Cement füllt, wird ein Lecken sehr unwahrscheinlich.

Bei Doppelschraubendampfern gebraucht man andere Anordnungen, um die Enden der Schraubenwellen zu stützen. Eine

derselben besteht darin, daß man zur Stützung der aus dem Schiff herausgetretenen Welle Wellenböcke anwendet, wie in Fig. 58 gezeigt wird.

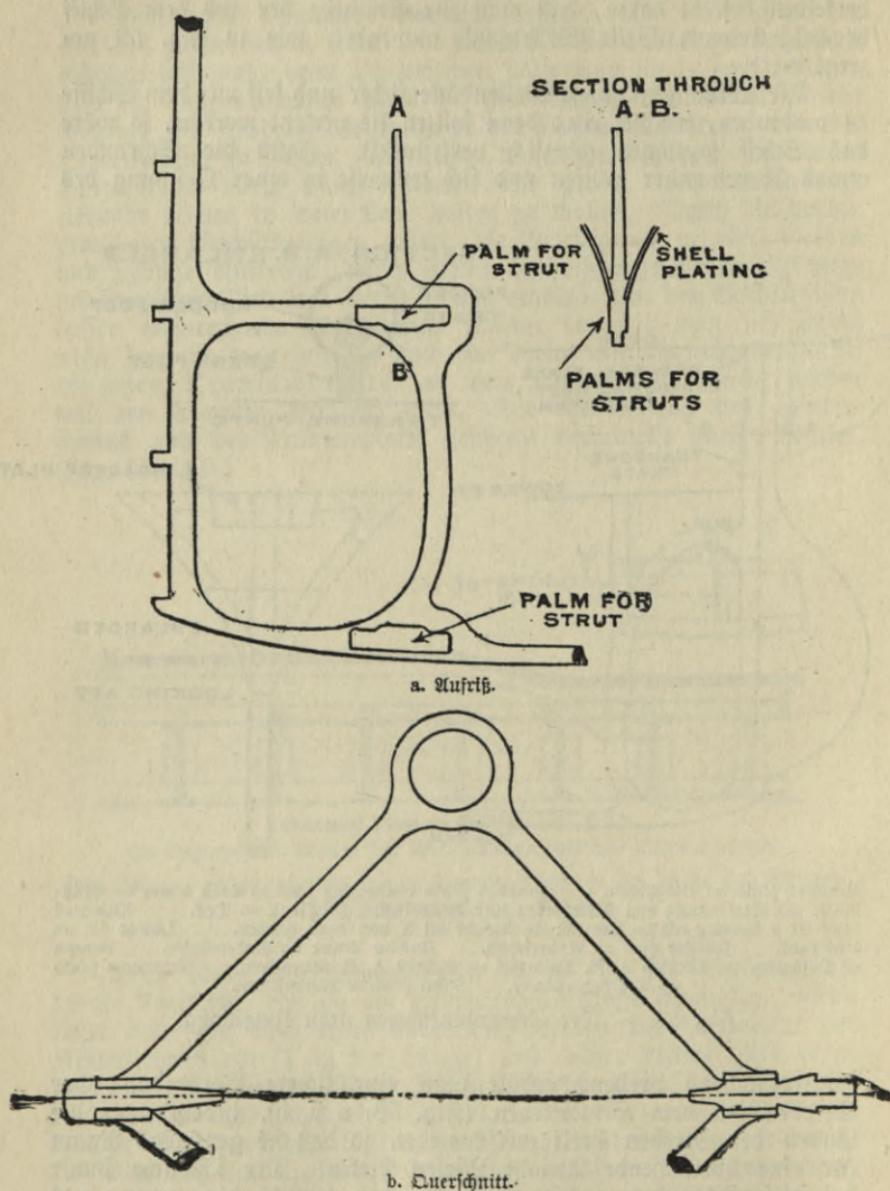
Die Wichtigkeit, diese Wellenböcke sicher und fest mit dem Schiffe zu verbinden, leuchtet ein; denn sollten sie verlegt werden, so wäre das Schiff sozusagen gänzlich verkrüppelt. Falls die Schrauben etwas übereinander greifen und sich teilweise in einer Oeffnung des



Bracket plate = Stützplatte. Bracket plate connecting post to deck beam = Stützplatte zur Verbindung von Hinterriegen und Deckbalken. Deck = Deck. Enlarged view at y looking aft = Vergrößerte Ansicht bei Y von vorn gesehen. Lower dk. = Unterdeck. Rudder post = Ruderstift. Rudder Trunk = Ruderstößer. Scarph = Laschung. Section A. B. Enlarged = Schnitt A. B. vergrößert. Transome plate = Transom-Platte. Stern post = Hinterriegen.

Fig. 57. — Der Schraubenrahmen nebst Umgebung.

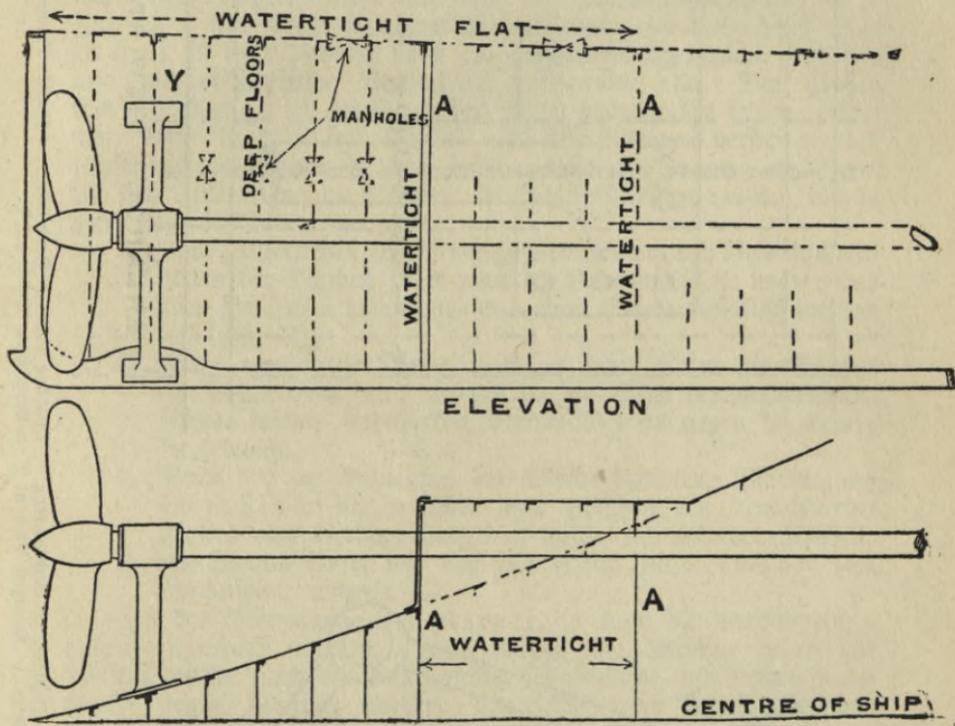
Hinterrahmens drehen, erhält man eine sichere Verbindung der Streben mit dem Hinterstevens (Fig. 58, a u. b), indem man die Enden der Streben breit ausschmiedet, so daß sie genügend Raum für eine hinreichende Anzahl Nieten bieten. Der schwache Punkt bei dieser Anordnung besteht darin, daß sowohl die unteren als auch die oberen Enden der Streben durch dieselben Nieten verbunden werden, sodasß auf jeder Seite des Stevens, insolge der



Palm for Strut = Breit ausgeschmiedete Strebe des Wellenbodts. Section through A. B. = Querschnitt durch A. B. Shell plating = Beplattung.

Fig. 58. — Verbindung der Wellenböcke mit dem Schraubenrahmen bei Doppelschraubendampfmaschinen. a. Aufsicht. b. Querschnitt.

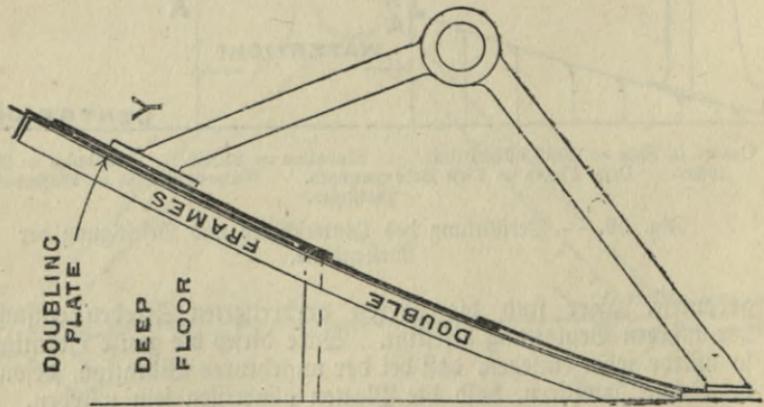
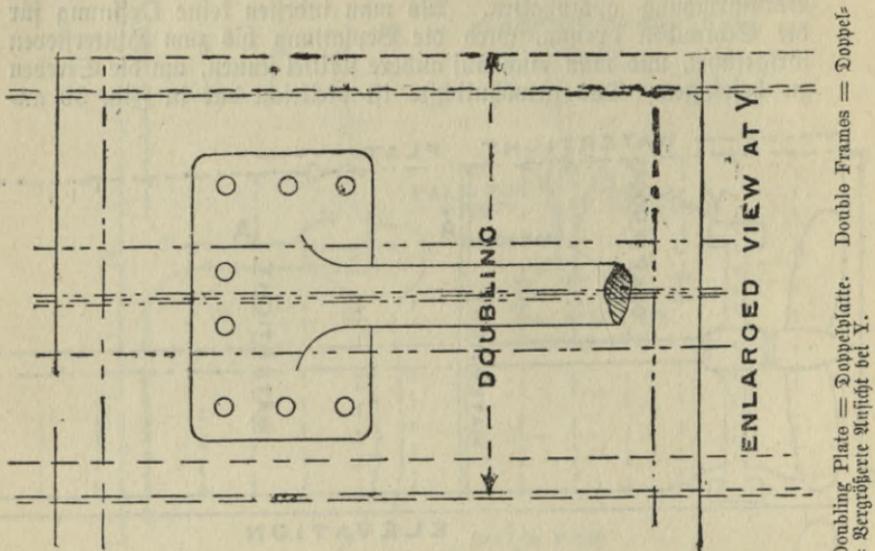
Vibration der Wellen die Gefahr eintritt, daß sich die Nieten losarbeiten oder abspringen. Jedes Niet hat demzufolge die doppelte Beanspruchung auszuhalten. Wo man indessen keine Oeffnung für die Schrauben braucht, wird die Beplattung bis zum Hintersteben fortgeführt, und man muß auf andere Mittel sinnen, um die Streben zu befestigen. Das gewöhnlichste ist vielleicht das in Fig. 59 an-



Centre of Ship = Schiff's-Mittellinie. Elevation = Aufriß. Manholes = Mannlöcher. Deep Floors = Tiefe Bodenwangen. Watertight Flat = Wasserdichte Plattform.

Fig. 59. — Verstärkung des Hinter Schiffes und Befestigung der Wellenböcke.

gedeutete. Hier sind die oberen verbreiterten Streben einfach an der äußeren Beplattung befestigt. Wäre dieses die ganze Befestigung, so würde jeder einsehen, daß bei der ungeheuren Vibration, besonders bei Schnelldampfern, bald die Platten abgerissen sein würden. Wir müssen also sehen, wie sich die Sache verbessern läßt. Hierbei kommen hauptsächlich zwei Dinge in betracht. Erstens, daß dort, wo die Schraubenwelle den Schiffskörper verläßt, derselbe gut ver-



Deep Floor = Tiefe Bodenwange. Doubling = Verbohrung. Doubling Plate = Doppelplatte. Double Frames = Doppelrahmen. Enlarged View at Y = Vergrößerte Ansicht bei Y.

Fig. 59, a und b. — Verstärkung des Hinterschiffes und Befestigung der Wellenböcke.

steift und zusammengehalten wird, so daß die Vibration auf ein Minimum reduziert wird; zweitens, daß das Schiff an den Stellen ordentlich verstärkt werde, wo die Streben mit demselben verbunden sind. Das erstere läßt sich durch verschiedene Mittel erreichen. So könnte beispielsweise bei einigen Schiffen die in Fig. 59 gezeigte Methode befolgt werden. Eine sehr starke Platte wird quer durch das Schiff eingesetzt und fest mit den Spanten verbunden (A in Fig. 59). Die Welle durchsetzt diese Platte. Ist das Schiff nicht zu breit, so wird dadurch schon ein genügendes Bindeglied geschaffen und die erforderliche Versteifung vorhanden sein. Bei großen Schiffen indeß, wo die Schrauben weiter auseinander stehen, müßte man diese Platte durch Winkel- und Wulfschienen versteifen oder selbst mehrere solcher Platten bei benachbarten Spanten einführen. An den Stellen, wo die Streben am Schiffe befestigt werden, könnte man folgende Mittel anwenden:

1. Vom Hintersteben an bis einige Spanten vor den Befestigungsstellen der Streben führt man die Bodenwrangen noch etwas über die Stelle hinaus, wo die obere Strebe befestigt werden soll (Fig. 59).
2. Wenn angängig, bringe man an jeder Seite des Schiffes ein Doppelspant an, welches in die Mitte der verbreiterten Strebe kommt, mit starken, breiten Winkeln gegen die äußere Beplattung.
3. Wenn der zur Aufnahme der Strebe bestimmte Plattengang ein äußerer ist, so führe man zwischen den benachbarten Platten eine Verdoppelung ein, welche sich von der Rückseite des Spants hinter und der Vorderseite des Spants vor dem Doppelspant erstreckt. —

Ist der Plattengang ein innerer, so kann die Verdoppelung außen angebracht werden. Nun können die Streben sicher mit Nieten, welche durch die Außenplatte, Innenplatte und Doppelspantwinkel gehen, befestigt werden. Querschiffs wird das Schiff durch die oben erwähnten tiefen Bodenwrangen versteift.

In jedem Falle würde sich bei Dampfern ein wasserdichtes Schott etwas an der Vorkante der Wellenböcke befinden. Da aber bei solchen Schiffen die Gefahr des Leckspringens größer ist, so würde es gut sein, eine wasserdichte Plattform in einiger Höhe über der oberen Streben-Nietung zu konstruieren, damit eintretendensfalls nur diese Abteilung voll laufen könnte. Man würde ferner gut thun, die wasserdichte Plattform auch an der Vorderseite des Schottes, gerade über den Schraubenwellen, so weit fortlaufen zu lassen, daß sie noch die Stellen einschließt, wo die Wellen den Rumpf verlassen, da hier auch leicht Leckage eintritt (A, Fig. 59). Diese Methode der Streben-Verbindung hat den Vorteil, daß die Vibrations-Erschütterungen mehr verteilt und demzufolge die Nieten

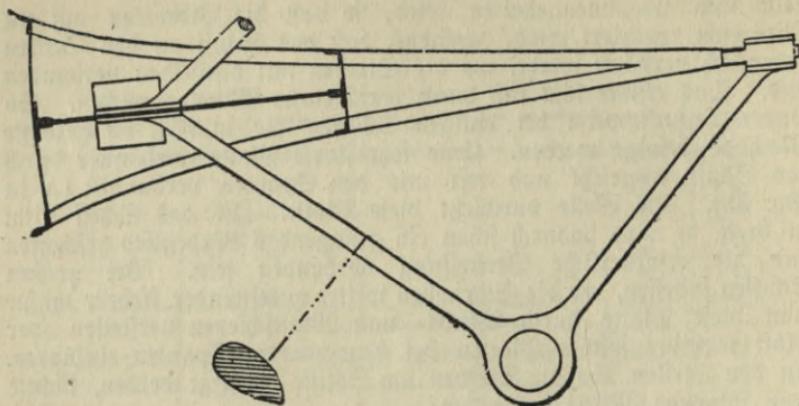
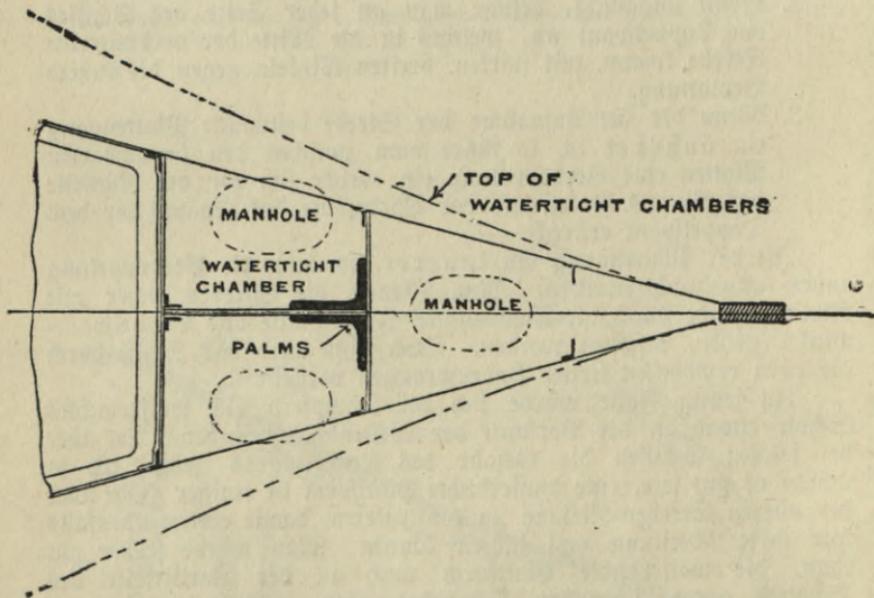


Fig. 60a. — Querschnitt der Wellenböcke.



Manhole = Mannloch. Palms = Wellenbock-Befestigung. Top of watertight chambers = Oberante der wasserdichten Abteilungen. Watertight chamber = Wasserdichte Abteilung.

Fig. 60b. — Wellenböcke durch die Beplattung bis in die wasserdichte Abteilung geführt.

nicht so angestrengt werden. Eine andere Methode der Streben-Verbindungen wird in Fig. 60 a u. b gezeigt.

In diesem Falle gehen die Streben durch die äußere Beplattung und werden an einer sehr dicken, intercostalen Platte befestigt, welche ihrerseits zwischen starken Querplatten angebracht ist. Um die Stelle, wo die Streben durch die Beplattung gehen, wasserdicht zu machen, muß man Dichtungswinkel anbringen und sorgfältig verstemmen; ebenso muß der Raum, in den die Streben ein-

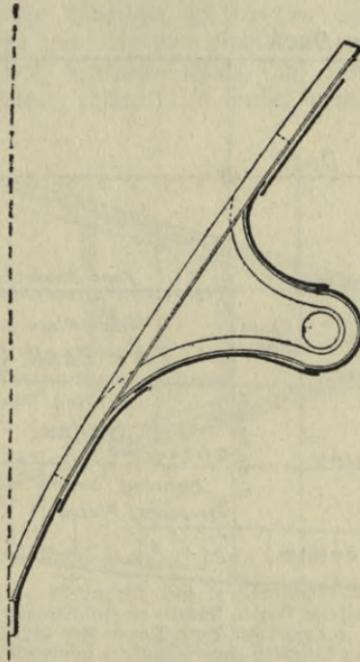
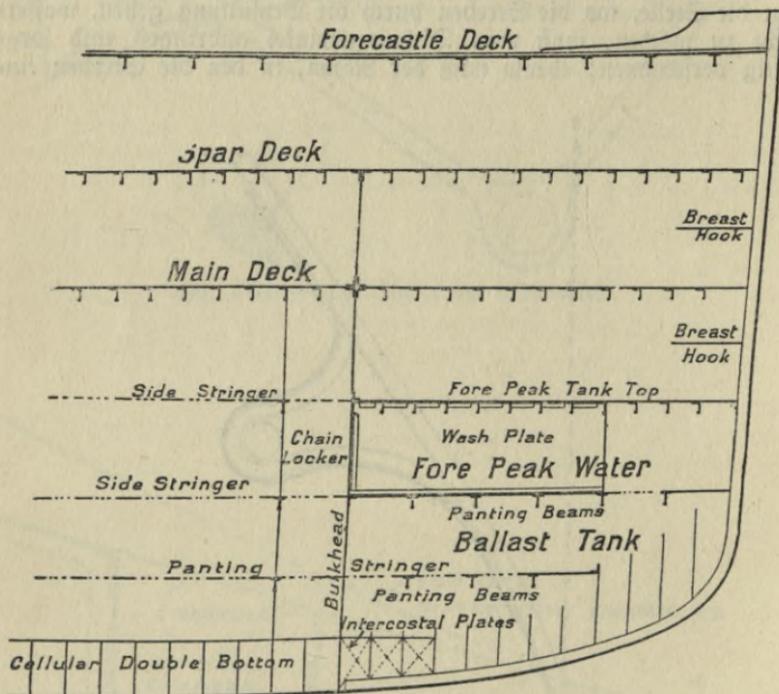


Fig. 61. — Wellenleitung ohne Wellenböcke bei größeren Doppelschraubendampfern.

treten, wasserdicht gemacht werden. Diese Methode hat denselben Nachteil, der bei Fig. 58 erwähnt wurde; nämlich, daß dieselben Nieten beide Streben verbinden.

In den letzten Jahren hat man bei großen Doppelschraubendampfern ein neues System eingeführt, und werden die Wellenden in der Weise unterstützt, daß man die Spanten und Beplattung um die Schraubenwelle herumführt. — Weiter nach hinten, wo die Welle eine beträchtliche Entfernung vom Schiffskörper hat, führt man indessen die Spanten in der gewöhnlichen Weise auf, verbindet

aber ein Stück Spantwinkel damit, welches mit der Beplattung um die Welle herumgebogen wird; auf solche Weise wird dieser Ausbau zu einem Teil des Schiffskörpers und man kann die Streben entbehren, da die Welle jetzt genügend gestützt wird.



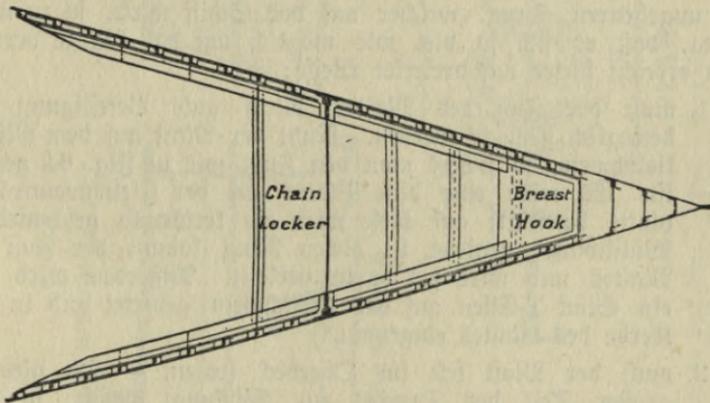
Bulkhead = Schott. Cellular Double Bottom = zellenförmiger Doppelboden. Forecastle Deck = Vord.-Deck. Fore Peak Tank Top = Vor Pief.-Tankplatte. Fore Peak Water Ballast Tank = Vor Pief.-Wasserballast-Tank. Intercostal Plates = Eingehobene Platten. Main Deck = Haupt-Deck. Panting Beams = Piefballen. Panting Stringer = Piefstringer. Side Stringer = Seitenstringer. Spar Deck = Spar-Deck. Wash Plate = Waschplatte.

Fig. 62. — Längsschnitt des Vorderteils eines Schraubendampfers, die Extra-Verstärkung der Pief zeigend.

Panting. Unter Panting versteht man die vibrierende Bewegung der Spanten und damit der Beplattung. — Wir werden im folgenden einige Methoden angeben, wie diese Bewegung am besten zu verhindern ist. Am gebräuchlichsten ist es, Stringerplatten, welche man Panting stringer (Piefstringer) nennt, außer den gewöhnlichen Stringern anzubringen, welche, hinter dem Kollisionschotte anfangen und durchlaufend bis zum Steven reichen.

Hier werden sie durch den sogen. Bugband vereinigt (breast hook); sie werden durch Balken gestützt, wie in Fig. 62 ersichtlich.

Gegen diese Methode läßt sich einwenden, daß auf diese Weise eine Art isolierter Längsträger gebildet wird und das Schiff die Neigung haben könnte, an jeder Seite desselben einzubiegen, besonders wenn es das Eis forcieren will, wie zu gewissen Zeiten in der Ostsee. Man muß deshalb sein Augenmerk darauf richten, die Verstärkung gleichmäßiger zu verteilen und erreicht solches durch eine kleine Aenderung in der Anordnung des Querverbandes. Gewöhnlich werden die Spanten in gleichen Entfernungen auf den Kiel gesetzt. Gesezt nun, die von Lloyds verlangte Spantentfernung sei 24 Zoll und die Spanten wären auf dem Kiel auch wirklich 24 Zoll von einander entfernt, so findet man doch, besonders bei



Breast Hook = Bug-Band. Chain Locker = Kettenkasten.

Fig. 63. — Grundriß des Kielstringers in Fig. 62.

voll gebauten Fahrzeugen, in den Wasserlinien oberhalb des Kiels, wo die Außenhaut sich in knapper Kurve zum Steven zieht, daß die Spantentfernungen beispielsweise 26 Zoll sind. (Siehe Fig. 62 u. 63.) Um nun dem Borderteil des Schiffes Versteifung zu geben, sollte man die Spantentfernungen so bemessen, daß sie auf der Außenhaut gemessen noch einige Zoll näher zusammenliegen, wie Lloyds Vorschrift; natürlich ist es auch von Nutzen, hier die Beplattung dider zu nehmen. Welche Methode der Versteifung man auch anwenden will, immer ist es zu empfehlen, die Bodenwrangen in der Vorpiek bedeutend zu erhöhen.

Die Einführung einiger Extra-Balken, die an ihren Enden mit Stringer-Platten versehen sind, an den Stellen, wo die gewöhnlichen Stringer weit auseinander liegen, wird meistens genügende Versteifung geben.

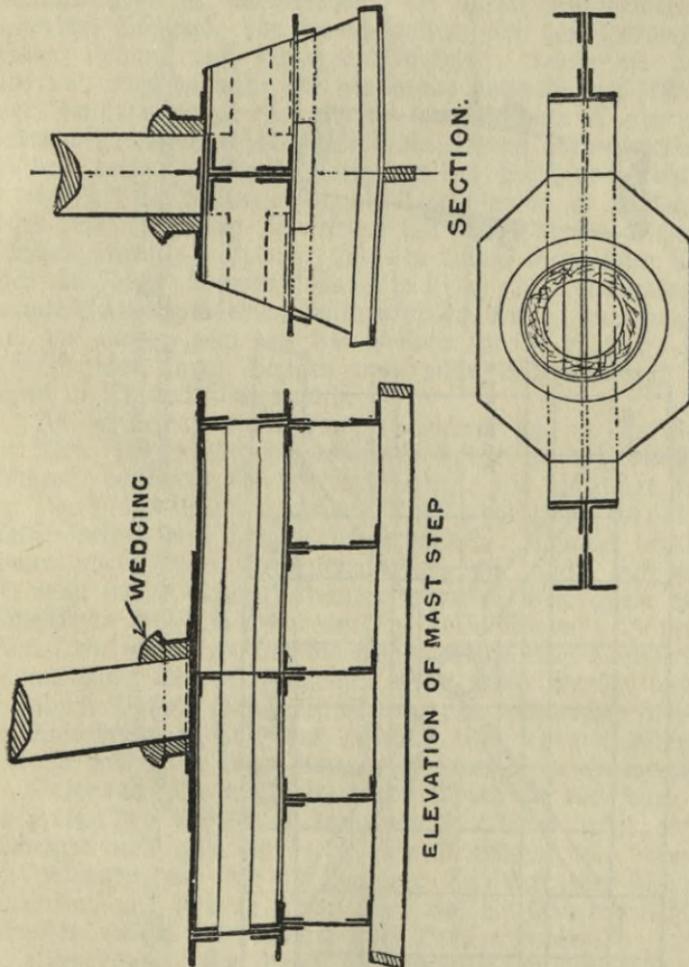
Deckladungen und beständige Deckbelastung. Um sich gegen Dehnungen, welche durch das Gewicht schweren Holzes oder anderer Deckladung verursacht werden können, zu schützen, ist es wesentlich, daß die Deckbalken in der Mitte unveränderlich auf ihren Plätzen gehalten werden; denn nur wenn das Deck in der Mitte durchbiegt, können die Balkenknie Schaden erleiden. Um dieses also zu verhindern, sollten unter die Balken extra starke Stützen kommen mit gut geformten Köpfen, welche nicht mehr wie 2 Spantentfernungen auseinander stehen. Ebenso sollten solche Stellen, wo schwere Winnschen, Spill zc. zu stehen kommen, durch starke Balken mit dito Stützen versteift werden.

Beanspruchungen des Schiffskörpers durch den Druck des Windes auf die Masten. Hier kommt es vor allem darauf an, den ungeheuren Druck, welcher auf das Schiff wirkt, so zu übertragen, daß er sich so viel wie möglich auf das Ganze verteilt. Man erreicht dieses auf dreierlei Weise:

1. muß der Fuß des Mastes durch gute Befestigung unbeweglich gemacht werden. Ruht der Mast auf dem Mittelkielschwein, so sichert man den Fuß, wie in Fig. 64 gezeigt ist. Es wird eine dicke Platte auf der Kielschweinträgerplatte befestigt; auf diese wird ein kreisrund geschmiedeter Wulstwinkel genietet, in diesen Ring kommt der Fuß des Mastes und wird fest darin verkeilt. Außerdem wird noch ein Stück T-Eisen auf das Kielschwein genietet und in eine Kerbe des Mastes eingepaßt.*)
2. muß der Mast fest im Oberdeck stehen. — Da hier ein großer Teil des Druckes zur Wirkung kommt, so muß der Gegendruck von genügender Wirksamkeit sein. Ist das Deck mit Eisen oder Stahl beplattet und die Platte um den Mast herum von genügender Dicke, so muß hieran ein kreisrunder Wulstwinkel genietet werden, um den Mast verkeilen zu können, so daß der Druck auf das ganze Deck übertragen wird. — Hat das Deck indessen keine eiserne oder stählerne Beplattung, so muß eine starke Platte, Mast-Fischung (partner) genannt, zwischen den Balken um den Mast befestigt werden; diese Fischung muß wieder mit den benachbarten Balken und Stringerplatten durch Stützplatten verbunden werden, wie in Fig. 65 gezeigt ist. In dieser Weise wird der Druck wieder auf das ganze Deck verteilt.

*) Diese Anordnung findet sich bei dem neuen Fünfmast-Vollschiff „Preußen“ der Firma Laeisz, welches im Mai 1902 bei Joh. C. Tecklenborg, A.-G., Geestemünde, abliefe. Ubrigens macht man in neuerer Zeit häufig die Befestigung in der Weise, daß eine halbkreisförmige Flachschiene an den Mast und eine andere an die Innenseite des oben erwähnten Ringes genietet wird. Wenn diese beiden Flachsienen genau gegeneinander passen, so ist jede drehende Bewegung ebenfalls unmöglich. Anmerk. des Übersetzers.

3. müssen die oberen Teile der Masten und Stengen festgehalten und zu starkes Arbeiten verhindert werden, was man durch eine genügende Anzahl weit auseinanderstehender Wanten, Bardunen und Stage erreicht.



PLAN. Plan = Grundriß. Section = Querschnitt.
 Elevation of Mast Step = Aufsicht der Mast-Spur. Plan = Grundriß. Section = Querschnitt.
 Wedging = Mast-Wette.
 Fig. 64. — Mast-Spur auf dem Kielsteine.

Schiffstypen. Es ist kaum nötig, den Leser daran zu erinnern, daß nicht alle Schiffe zu demselben Zwecke gebaut werden, noch denselben Handel treiben oder dieselben Häfen besuchen. Daher kann naturgemäß ein Schiff nicht allen Anforderungen genügen und für jede Art Güterbeförderung geeignet sein; das Resultat ist

daher eine erhebliche Verschiedenheit in den Schiffstypen. Man hört mitunter Klagen, daß ein Schiff seinen in Frage kommenden Fahrten nicht entspräche; der Grund liegt zweifellos oft darin, daß man den verkehrten Typ gewählt hat und weder den Schiffsbauer

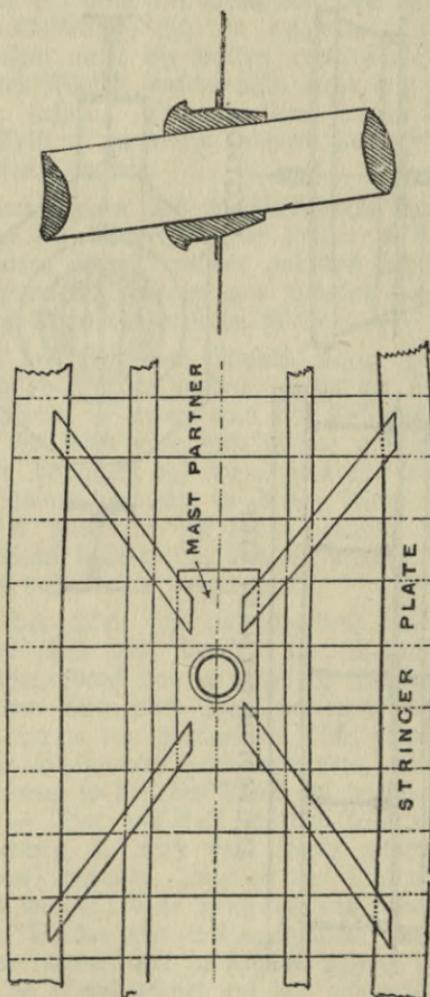


Fig. 65. —
 Grundriß des Decks.
 Mast Partner = Mast-Richtung. Stringer Plate = Stringerplatte.
 Anordnung der Längs- und Diagonalfleichen, um die Beanspruchung durch die Masten auf die Balken und Stringerplatten zu verteilen.

noch den Schiffbau-Techniker mit ihren vielseitigen Erfahrungen vorher um Rat gefragt hat. In den meisten Fällen hängt der Schiffstyp gänzlich von Ladefähigkeit an Schwerkut und Maßgut ab. Die schweren Ladungen beanspruchen vergleichsweise den ge-

ringsten Laderaum. Bei vielen Ladungen kann man den Schiffstyp so entwerfen, daß, gerade wenn die Laderäume voll sind, das Schiff beladen ist. Indessen ist es klar, daß z. B. bei Erzladungen es unmöglich sein würde, das Schiff vollzuladen, ohne die extreme Tief-ladelinie weit zu überschreiten. Es giebt aber immerhin einen passenden Schiffstyp für jede besondere Art von Ladung. — Bei leichter Ladung von geringer Dichtigkeit, welche die Laderäume füllt und trotzdem mehr wie genügende Auswässerung läßt, kann es dem Schiffseeder ziemlich einerlei sein, so lange er eine zufriedenstellende Frachtrate erhält. Wird die Ladung aber schwerer, so daß bei dem vorhin erwähnten Tiefgange das Schiff noch nicht voll ist, so wird der Reeder versuchen, die Auswässerung zu verringern. Da dieses nun aber leicht übertrieben und schließlich die Sicherheit des Schiffes mit seiner Ladung und den darauf befindlichen Menschenleben in Frage kommen könnte, so ist es nötig geworden, für bestimmte Schiffstypen einen bestimmten Freibord zu berechnen, welcher auch im ganzen gern von den Reedern acceptiert wird; ja einige Reeder geben ihren Schiffen noch mehr Auswässerung, als vom Board of Trade verlangt wird.

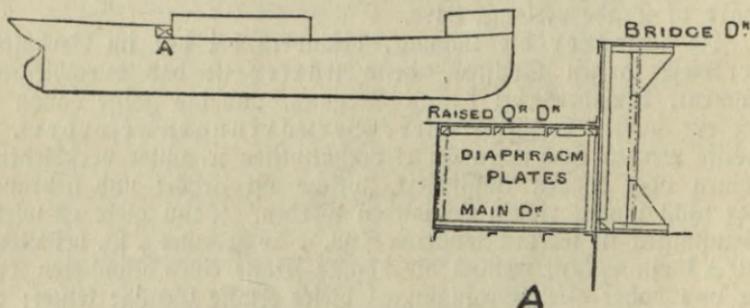
Je schwerer die Ladung, besonders bei den im Verhältnis zur Tiefe langen Schiffen, desto stärker ist das durchbiegende Moment, besonders bei hohem Seegang, und die Folge davon ist, daß ein solches Schiff größere Verstärkungen erfordert. — Schiffe werden nach ihren Stärkeverhältnissen u. unter verschiedenen Namen oder Typen klassifiziert, welche oft gehört und gebraucht, aber nicht immer richtig verstanden werden. Dann giebt es wieder Abstufungen in jedem besonderen Typ. So bedeutet z. B. bei Lloyd's 100 A I ein Schiff, welches die höchste Klasse eines besonderen Typs hat und daher allen Bedingungen dieser Klasse Genüge leistet; 95, 90 und 80 A sind geringere Klassen und entsprechen daher nicht den Anforderungen, wie das erstere. Die letzteren müssen mehr Freibord haben und laden demzufolge weniger an Schwergut.

Erstens. Der wichtigste dieser Typen ist das sogen. Boll-deckschiff (Two and three deck vessel). Dieses trägt am besten Schwergut und gilt als der stärkste Schiffstyp; wir haben diesen Typ gebraucht, um das Wachsen der Bau Stärken in Fig. 45—51 darzustellen und sind in diesem Typ auch die kleineren Schiffe eingeschlossen, welche nur ein oder zwei Decks erfordern.

Zweitens. Um einer Schwierigkeit zu begegnen, welche darin besteht, daß man viel Laderaum durch den Wellentunnel verliert und infolge dessen das Schiff nicht hinterlastig genug bekommen kann, erhöht man das Hauptdeck am Hinterende ca. 4 Fuß und nennt eine derartige Konstruktion ein hinteres erhöhtes Quarterdeck (Fig. 66) (raised quarter-deck aft). Solche Schiffe sind wirklich Teile von zwei zusammengebauten verschiedenen Schiffen und jedes

ist so gut wie möglich nach den Regeln für Ein-, Zwei- und Drei-deck-Schiffe gebaut.

Die Größenverhältnisse aller Bodenwangen, Spanten und Gegenspanten richten sich nach Lloyds 1. Nummer bis zum Hauptdeck. Die Spanten reichen bis zum Quarterdeck und wechselseitig die Gegenspanten ebenso. Die Anzahl und Anordnung der Raumbalken, Balkenstringer und Raumstringer unter dem erhöhten Quarterdeck sind in Uebereinstimmung mit der vermehrten Tiefe jenes Schiffsteils und die Höhe der Gegenspanten richtet sich nach Lloyds erster Nummer, welche jene Tiefe ergeben würde. Man hat als Hauptzweck im Auge, das erhöhte Quarterdeck zu einem integrierenden Teil des Ganzen zu machen und muß deshalb eine Menge Extraverstärkung, namentlich an jenem schwächsten Teil, wo sozusagen beide Schiffe zusammenstoßen, einführen. Man erreicht diese Verstärkung durch Ueberlappungen der Decks und Stringer, Verdoppelung des Scheerganges und Einfügung von Rahmen (webs) zwischen den überlappten Teil der Decks, die den Bau besser zusammenhalten



Bridge Dk. = Brückendeck. Diaphragm Plates = Trennungsplatten. Main Dk. = Hauptdeck. Raised Qr. Dk. = Erhöhtes Quarterdeck.

Fig. 66. — Schiff mit erhöhtem Quarterdeck.

(Fig. 66). Da man bei Volldeck- und erhöhten Quarterdeck-Schiffen den geringsten Freibord braucht, so ist es von großem Wert, ein Brückendeck über Maschinen- und Kesselräumen zu errichten und auf solche Weise diesen wichtigsten Teil des Schiffes vor dem Hereinbrechen von Sturzseen zu sichern.

Außerdem errichtet man öfters noch zur Unterbringung der Mannschaft oder Passagiere eine hohe Back oder hohes Hinterdeck, welche, da sie Reserve-Schwimmfähigkeit geben, ein weiteres Mittel bilden, um die Auswässerung zu verringern (siehe Kapitel über Freibord).

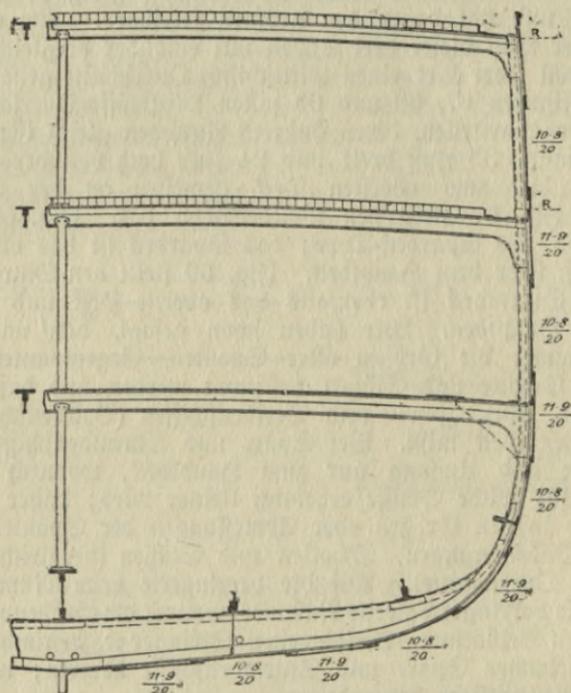
Drittens. Soll ein Schiff gewöhnlich leichtere Ladungen tragen, so wendet man meistens den Spardeck-Typ (Spar-Deck

type) an, da diese Schiffe, während sie denselben Raumgehalt haben, wie Volldeckschiffe, von leichterem Bauart sind und größeren Freibord haben.

Viertens. Wo ein Zwischendeck für Passagiere erfordert wird, oder man sehr leichte Maßgüter führen will, wählt man gewöhnlich den Sturmdecktyp, da das Sturmdeck (awningdeck), einfach ein leichter, gänzlich geschlossener Aufbau über dem Hauptdeck ist. — Da ein solches Schiff von leichterem Bauart ist, so ist es weniger als ein Volldeck- oder Spardeckschiff geeignet, Schwergut zu tragen und hat daher den größten Freibord. Am einfachsten läßt sich der Bau dieser drei Typen mit einander vergleichen, wenn man sich von jeder Art einen Mittschiffs-Querschnitt genau ansieht.

Die Figuren 67, 68 und 69 sollen Mittschiffs-Querschnitte von drei Schiffen darstellen, deren äußeres Aussehen gleich ist; jedes ist 260 Fuß lang, 35 Fuß breit und 24 Fuß hoch von der Oberkante des Kiels bis zum obersten Deck, gemessen an der Seite des Schiffes. Fig. 67 stellt den Volldeck-Typ dar. Fig. 68 ist eine Illustration des Spardeck-Typs; das Spardeck ist das oberste Deck und 7 Fuß über dem Hauptdeck. Fig. 69 stellt den Sturmdeck-Typ dar; das Sturmdeck ist ebenfalls das oberste Deck und ist 7 Fuß über dem Hauptdeck. Wir haben schon gesagt, daß nach Lloyds erster Nummer die Größen aller Spanten, Gegenspanten, Bodenwrangen, Schotte und Stützen bestimmt werden und daß man die Tiefen von Ein-, Zwei- und Dreideckschiffen (Volldeckschiffen) bis zum obersten Deck mißt. Bei Spar- und Sturmdeckschiffen nimmt man Tiefe und Umfang nur zum Hauptdeck, wodurch die erste Nummer für solche Schiffe erheblich kleiner wird; daher rührt der Unterschied in den Größen oder Abmessungen der Spanten, Gegenspanten, Bodenwrangen, Schotten und Stützen (vergleiche die verschiedenen Querschnitte). Auf die verringerte erste Nummer folgt alsdann die verringerte zweite Nummer, wonach die Größenverhältnisse der äußeren Beplattung, Kielschweine, Stringer zc. bestimmt werden. So weit stimmen Spar- und Sturmdeckschiffe überein; wir wollen nun ihre Unterschiede hervorheben.

Nach Lloyd's nimmt man an, daß Spardeckschiffe 3 Ballenlagen haben und nicht weniger als 17 Fuß Tiefe von der Oberkante des Kiels bis zum Hauptdeck. Sollte die Tiefe geringer sein, so muß eine Einschränkung in der Auswässerung gemacht werden. In allen Fällen erstrecken sich die Spanten bis zum Schandek (Wassergang), die Gegenspanten abwechselnd zum Hauptdeck und zum Spardeck; das Großdeck sowie das Spardeck ist mit einem stärkeren Scheergang (sheerstrake) versehen; die Seitenbeplattung über dem Scheergange des Hauptdecks ist geringer wie diejenige unter demselben; wenn das Haupt- und Spardeck von Holz ist, so sind sie beide $3\frac{1}{2}$ Zoll dick und kalktert; Spardeckbalken, Stringer und



Länge = 10,4 Tiefen bis zum Oberdeck.
 Länge = 14,5 Tiefen bis zum Mitteldeck.

Fig. 67. — Mittschiffs-Querschnitt eines Dreideck-Volldeck-Schiffes.

Lloyds Zahlen.

$\frac{1}{2}$ Umfang	39,1
$\frac{1}{2}$ Breite	17,5
Tiefe	24,73
	<hr/>
	81,33
	7
	<hr/>
1. No.	74,33
Länge	258
	<hr/>
2. No.	19177

Spanten $5 \cdot 3 \cdot \frac{8-7}{20}$, 24 Zoll auseinander.

Gegenspanten $3 \cdot 3 \cdot \frac{7}{20}$.

Bodenwrangen $23\frac{1}{2} \cdot \frac{9-7}{20}$.

Mittelfiellschwein $22\frac{1}{2} \cdot \frac{13-11}{20}$.

Durchlaufende Kielschweinwinkel $5\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \frac{9}{20}$.

Intercostrale Kielschweinplatte $\frac{7}{20}$.

Oberdeckbalken $7\frac{1}{2} \cdot \frac{7}{20}$, Wulstplatte } an jedem zweiten Spant.
mit Doppelwinkeln $3 \cdot 3 \cdot \frac{9}{20}$

Mitteldeckbalken $8\frac{1}{2} \cdot \frac{8}{20}$, Wulstplatte } an jedem zweiten Spant.
mit Doppelwinkeln $3 \cdot 3 \cdot \frac{7}{20}$

Raumbalken $9\frac{1}{2} \cdot \frac{9}{20}$ mit } an jedem zehnten Spant.
Doppelwinkeln $4 \cdot 4 \cdot \frac{8}{20}$

Oberdeckstringerplatte $52 \cdot \frac{1}{20} - 31 \cdot \frac{8}{20}$.

Mitteldeckstringerplatte $52 \cdot \frac{1}{20} - 31 \cdot \frac{8}{20}$.

Raumstringerplatte $34 \cdot \frac{9}{20} - 26 \cdot \frac{8}{20}$.

Außerer Kinnstein-Winkel $4\frac{1}{2} \cdot 4\frac{1}{2} \cdot \frac{9}{20}$.

Scheergang $42 \cdot \frac{13-10}{20}$.

Kielgang $36 \cdot \frac{12-11}{20}$.

Kiel $9\frac{1}{2} \cdot 2\frac{1}{2}$.

Raumstützen $3\frac{3}{8}$.

Oberdeck 4zöllig und kalfatert.

Mitteldeck 3zöllig und kalfatert.

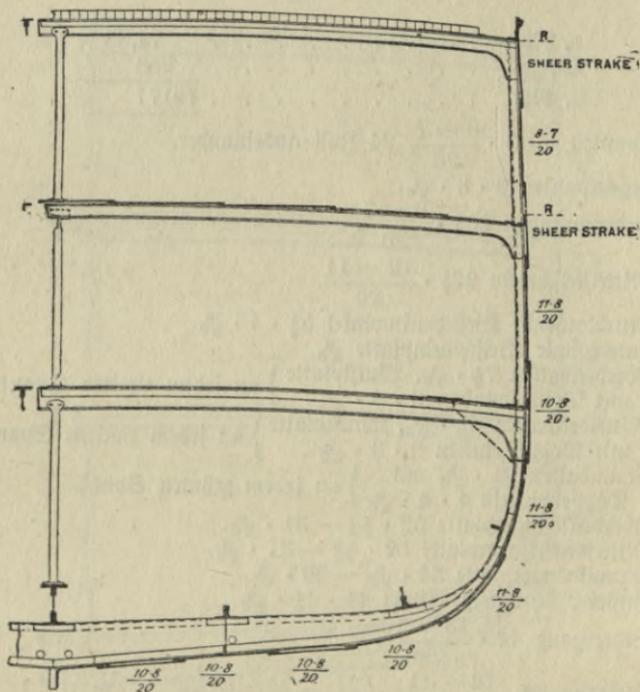
Verstärkungen für extreme Länge.

Das Mittelfiellschwein erhält eine größere Höhe.

Das Seitenfiellschwein erhält einen Wulst auf $\frac{1}{2}$ Länge mittschiffs.

Das Kinnfiellschwein erhält einen Wulst auf $\frac{2}{3}$ Länge mittschiffs.

Der Kinnstringer erhält eine intercostrale Platte auf $\frac{1}{2}$ Länge mittschiffs.



Sheer strake = Scheergang.

$14\frac{1}{2} - 2 = 12\frac{1}{2}$ Tiefen in Länge.

Fig. 68. — Mittschiffs-Querschnitt eines Spardeck-Schiffes.

Lloyds Zahlen.

$\frac{1}{2}$ Umfang	32,1
$\frac{1}{2}$ Breite	17,5
Tiefe	17,73
1. No.	67,33
Länge	258
2. No.	17371

Spanten $4 \cdot 3 \cdot \frac{7-6}{20}$, 23 Zoll auseinander.

Gegenspanten $3 \cdot 3 \cdot \frac{7}{20}$.

Bodenwrangen $20\frac{1}{2} \cdot \frac{8-7}{20}$,

Mittelfelschwein $17 \cdot \frac{12-10}{20}$.

Durchlaufende Kielschweinwinkel $5 \cdot 4 \cdot \frac{9}{20}$.

Intercostale Kielschweinplatte $\frac{8}{20}$.

* Vollständiges Stahldeck $\frac{6}{20}$.

Spardeckbalken $7 \cdot \frac{7}{20}$, Wulstplatte } an jedem zweiten Spant.
mit Doppelwinkeln $3 \cdot 3 \cdot \frac{6}{20}$

Hauptdeckbalken $6 \cdot 3 \cdot \frac{8-7}{20}$, Wulstwinkel an jedem Spant.

Raumbalken $9\frac{1}{2} \cdot \frac{9}{20}$, Wulstplatte } an jedem zehnten Spant.
mit Doppelwinkeln $4 \cdot 4 \cdot \frac{8}{20}$

Spardeckstringerplatte $44 \cdot \frac{9}{20} - 29 \cdot \frac{8}{20}$.

Hauptdeckstringerplatte $37 \cdot \frac{10}{20} - 29 \cdot \frac{8}{20}$.

Raumstringerplatte $32 \cdot \frac{9}{20} - 25 \cdot \frac{8}{20}$.

Außerer Kinnsteinwinkel $4 \cdot 4 \cdot \frac{9}{20}$.

Kielgang $36 \cdot \frac{11-10}{20}$.

Kiel $9 \cdot 2\frac{3}{4}$.

Raumstützen 3.

Spardeck $3\frac{1}{2}$ Zoll dick und calfatert.

Verstärkungen für extreme Länge.

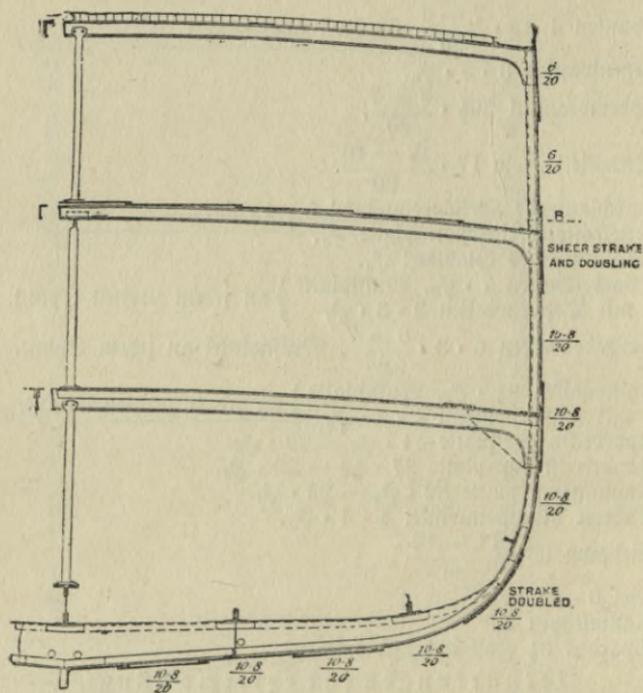
Die Dicke des Scheergangs wird um $\frac{2}{20}$ auf $\frac{3}{4}$ L. mittschiffs verstärkt.

Die Platte unter dem Scheergang wird um $\frac{1}{20}$ auf $\frac{1}{2}$ L. mittschiffs verstärkt.

Das Kinnfelschwein erhält eine Wulstplatte auf $\frac{3}{8}$ L. mittschiffs.

Die Dicke von 2 Kinnmärgen wird um $\frac{1}{20}$ auf $\frac{1}{2}$ L. mittschiffs verstärkt.

* Nimmt man die Abmessungen dieses Spardeck-Schiffes seinen Zahlen und Verhältnissen gemäß, so ist ein Stahldeck erforderlich, wie es auf dem Querschnitt angegeben ist. Indessen sagen Lloyds Vorschriften: „In keinem Falle braucht das Material des oberen Teils und die Anzahl und Stärke der erforderlichen Stahlfurnen oder eisernen Decks größer zu sein als bei einem Volldeck-Schiffe von denselben Dimensionen nötig ist.“ Da indessen ein Spardeck-Schiff ein vollständig gelegtes und calfatertes Großdeck, obgleich es von Holz und $\frac{3}{4}$ Zoll dick sein kann, haben muß, so sind wir einem allgemeynen Brauche der Schiffsbauer in dem nebenstehenden Querschnitt gefolgt, da dieselben gewöhnlich ein Stahldeck wählen.



Sheer strake and Doubling = Scheergang und Doppelung.
Länge = 14,5 Tiefen.

Fig. 69. — Mittschiffs-Querschnitt eines Sturmdack-Schiffes.

Lloyds Zahlen.

$\frac{1}{2}$ Umfang	32,1
$\frac{1}{3}$ Breite	17,5
Tiefe	17,83
	<hr/>
	67,33
Länge	258
2. No.	<hr/>
	17371

Spanten $4 \cdot 3 \cdot \frac{7-6}{20}$, 23 Zoll auseinander.

Gegenspanten $3 \cdot 3 \cdot \frac{7}{20}$.

Bodenwrangen $20\frac{1}{2} \cdot \frac{8-7}{20}$.

Mittelschiffschwein $17 \cdot \frac{12-10}{20}$.

Durchlaufende Kielschweinwinkel $5 \cdot 4 \cdot \frac{9}{20}$.

Intercostale Kielschweinplatte $\frac{8}{20}$.

Vollständiges Stahldeck $\frac{7}{20}$.

Sturmdeckbalken $6\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{8}{20}$, Wulstwinkel an jedem 2. Spant.

Hauptdeckbalken $6 \cdot 3 \cdot \frac{8-7}{20}$, Wulstwinkel an jedem Spant.

Raumbalken $9\frac{1}{2} \cdot \frac{9}{20}$ mit
Doppelwinkeln $4 \cdot 4 \cdot \frac{8}{20}$ } an jedem 10. Spant.

Sturmdeckstringerplatte $32 \cdot \frac{7}{20}$.

Hauptdeckstringerplatte $37 \cdot \frac{1}{10} - 29 \cdot \frac{8}{20}$.

Raumstringerplatte $32 \cdot \frac{9}{20} - 25 \cdot \frac{8}{20}$.

Außerer Kinnsteinwinkel $4 \cdot 4 \cdot \frac{9}{20}$.

Kielgang $36 \cdot \frac{11-10}{20}$.

Kiel $9 \cdot 2\frac{3}{8}$

Raumstützen 3.

Sturmdeck 3 Zoll dick und kalftert.

Verstärkungen für extreme Länge.

Der Scheergang wird auf der ganzen Breite unterhalb der Stringerplatte auf $\frac{3}{4}$ L. mittschiffs verdoppelt.

Der Oberdeckstringer wird um $\frac{1}{20}$ für $\frac{1}{2}$ L. mittschiffs verstärkt.

Ein Kinnplattengang wird für $\frac{1}{2}$ L. mittschiffs verdoppelt.

Stützplatten sind leichter als diejenigen, welche für das obere Deck eines Volldeckschiffes erforderlich sind.

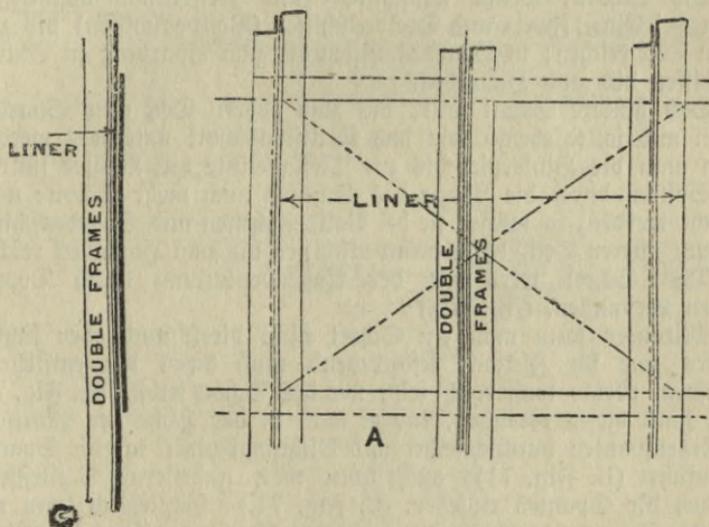
Da die Tiefe nur bis zum Hauptdeck gemessen wird und durch die bedeutende Stärke oberhalb des Hauptdecks die Versteifung des Schiffes als eines einzigen Längsträgers beträchtlich vermehrt wird, vor allem in der Längsrichtung, so erfordern sie keine besondere Verstärkung für extreme Verhältnisse, so lange die Länge nicht über 13 Tiefen beträgt; dagegen sind bei Volldeckschiffen extra Verstärkungen erforderlich, sobald die Länge über 11 Tiefen (bis zum Oberdeck) hinausgeht. Bei Sturmdeck-Schiffen reichen alle Spanten bis zum Sturmdeck; die Gegenspanten bis zum Hauptdeck; die Seitenbeplattung oberhalb des Hauptdecks wird bedeutend in Stärke verringert und das Sturmdeck erhält keinen Scheergang; die Sturmdeckbalken werden leichter gemacht als bei Spardeckschiffen. Da das Sturmdeck nur ein leichter Aufbau ist, so müssen solche Schiffe ein vollständiges, kalkartiges Hauptdeck haben. Man nimmt an, daß dieser Typ von extremen Proportionen ist, wenn die Länge über 11 Tiefen beträgt (Tiefe gemessen bis zum Hauptdeck).

Der Leser wird diese Bemerkungen besser verstehen, wenn er die verschiedenen Querschnitte 67, 68 und 69 mit einander vergleicht.

Schotte. Wasserdichte Schotte werden aus Eisen oder Stahl hergestellt und haben den Zweck, das Schiff entweder in der Querrichtung oder in der Längsrichtung in wasserdichte Abteilungen zu zerlegen. Sie geben auch eine Versteifung, doch ist ihr Hauptzweck, Sicherheit gegen das Volllaufen und Sinken zu gewähren, indem, wenn das Wasser auch eine Abteilung füllen sollte, das Schiff doch noch genügenden Auftrieb hat. Die meisten großen Schnelldampfer und Kriegsschiffe, welche in der letzten Zeit gebaut worden, sind in zahlreiche wasserdichte Abteilungen eingeteilt und haben weit mehr Schotte, als von Lloyds oder anderen Klassifikations-Gesellschaften verlangt wird. So können in vielen Fällen mehrere Abteilungen beschädigt und vom Wasser gefüllt werden, ohne daß die Sicherheit des Schiffes gefährdet wird.

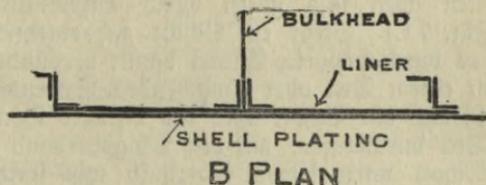
Schraubendampfer, welche bei Lloyds klassifiziert sind, haben ein Schott an jedem Ende des Maschinen- und Kesselraums und ein anderes nahe an jedem Ende des Schiffes. Die Notwendigkeit, daß der Maschinen- und Kesselraum von wasserdichten Schotten eingeschlossen wird, ist einleuchtend. Das vordere oder Kollisionschott sollte nicht weniger als eine halbe Schiffsbreite vom Steven entfernt sein. Da der Vorderteil des Schiffes am leichtesten durch Kollision beschädigt wird, auch die Beanspruchung durch Vibration leicht Leckage erzeugen kann, so ist es ersichtlich, daß diese Abteilung des Schiffes wasserdicht gemacht werden muß. Obgleich nun der Hinterteil des Schiffes in gewissem Maße von den Gefahren des Vorderteils frei ist, so ist doch eine schwere Anspannung, besonders

bei Schnelldampfern, durch die Vibration der Schraubenwelle vorhanden; namentlich arbeiten sich die Nieten in der hinteren Beplattung leicht los und deshalb schließt man diesen Teil ebenfalls durch ein wasserdichtes Schott ab. Obgleich nun vielleicht kurze Schiffe ihre Schwimmfähigkeit bewahren, wenn eine dieser 5 Abteilungen voll Wasser läuft, so ist es klar, daß bei langen Schiffen



Außriß des Schottes.

Innere Ansicht, die Verbindung des Schottes mit der Beplattung zeigend.



Bulkhead = Schott. Double Frames = Doppelspanten. Liner = Füllplatte.
Plan = Grundriß. Shell Plating = Beplattung.

Fig. 70. — Verbindung von Schott und Beplattung.

die vorderen und hinteren Laderäume so groß werden, daß durch das Eindringen des Wassers hier der Verlust an Auftrieb oder Schwimmfähigkeit so groß sein würde, daß ein Sinken unvermeidlich wäre. Lloyds verlangen daher, daß in Schiffen von 280 Fuß und mehr Länge ein weiteres Schott im vorderen Laderaum eingerichtet wird; beträgt die Länge über 330 Fuß, so muß auch der hintere Laderaum ein zweites Schott erhalten.

Alle diese Schotte müssen so hoch sein, daß, falls das Wasser in eine Abtheilung dringen sollte, ein Hinüberdringen des Wassers über das Schott ausgeschlossen bleibt.

Das Kollisionsschott sollte bis zum obersten Deck reichen und die Wasserdichtigkeit desselben erprobt werden, indem man die Vorpiek bis zur Höhe der Tiefadelinie mit Wasser füllt. —

Die Schotte, welche Maschinen- und Kesselraum abschließen, sollten bei Ein-, Zwei- und Dreideckschiffen (Volldeckschiffen) bis zum oberen Deck reichen; in Spardeckschiffen bis zum Spardeck; in Sturmdeckschiffen bis zum Hauptdeck. —

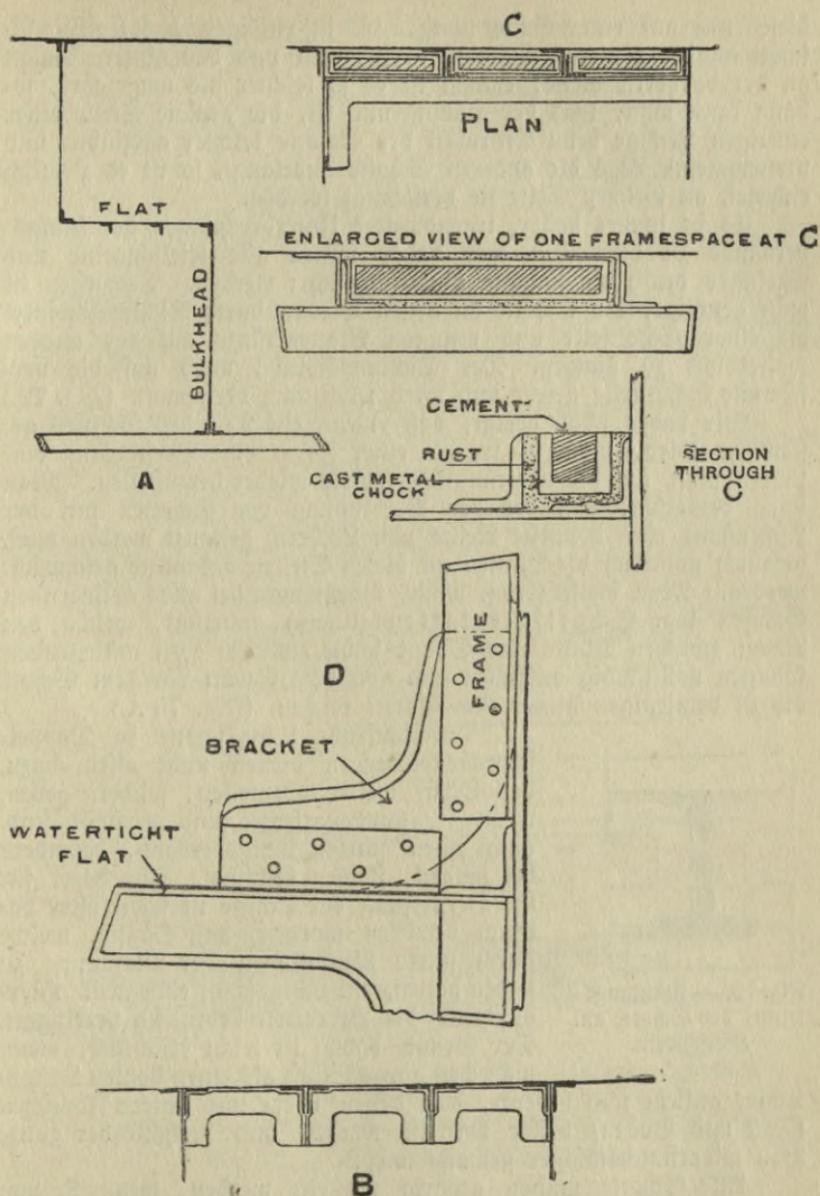
Das hintere Schott sollte bis zum oberen Deck oder Spardeck reichen und sollte ebenso wie das Kollisionsschott untersucht werden, indem man die Hinterpiek bis zur Tiefadelinie mit Wasser füllt.

Sollten durch die Länge des Schiffes noch mehr Schotte nötig gemacht werden, so müssen sie bei Volldeckschiffen und Spardeckschiffen bis zum oberen Deck, bei Sturmdeckschiffen bis zum Hauptdeck reichen.

Das Schott wird mit der Außenbeplattung durch Doppelspanten verbunden. (Fig. 70.)

Mitunter kann man ein Schott nicht direkt nach oben führen, sondern nur im Zickzack; selbstredend muß dann die entstehende Plattform ebenso wasserdicht sein, wie das Schott selbst. (A. Fig. 71.) Man kann dieses erreichen, indem man in der Höhe der Plattform die Gegenspanten durchschneidet und Dichtungswinkel um die Spanten herumführt (B. Fig. 71); auch kann man gußeiserne Schließstücke zwischen die Spanten einsetzen. (C. Fig. 71.) Schließlich kann man noch die Spanten durchschneiden; ein durchlaufender Winkel verbindet dann Plattform und Außenbeplattung, während Plattform und Spanten oben und unten durch Stützplatten verbunden werden. (D. Fig. 71.) Steht ein Schott auf einem Wasserballast-Tank, so muß es durch doppelte Winkel damit verbunden werden, desgl. wenn es mit einem Deck oder Zwischendeck verbunden ist.

Reicht ein Schott über ein eisernes Deck hinaus, so läßt man das Deck durchlaufen, um den Längsverband nicht zu unterbrechen; das Schott wird sowohl oberhalb wie unterhalb des Decks durch doppelte Winkel befestigt. — Gebraucht man eiserne Dichtungswinkel bei einer wasserdichten Plattform, so durchschneidet man die Gegenspanten, verdoppelt dagegen das Hauptspant etwa 3 Fuß, um die ursprüngliche Festigkeit zu bewahren. Da diese Methode ziemlich kostspielig ist, so wird sie nicht oft angewandt. Setzt man gußeiserne Schließstücke zwischen die Spanten ein, so werden dieselben in Cement gebettet und man läßt einen Raum von etwa $\frac{3}{4}$ Zoll rundherum frei. Diesen Raum füllt man mit Feilspähnen — Abfällen bei Bohrmaschinen — welche, wenn sie eingeroftet und verstemmt sind, sehr wasserdicht abschließen. Die Ranten und Ueberlappungen müssen bei allen Schotten verstemmt werden, indessen ist



Bracket = Stützplatte. Bulkhead = Schott. Cast Metal Chock = Metallflammer.
 Cement = Cement. Enlarged view of one Framespace at C = Vergrößerte Ansicht
 eines Spant-Zwischenraumes bei C. Frame = Spant. Plan = Grundriß. Flat =
 Plattform. Rust = Rost. Section through C = Querschnitt durch C. Watertight
 Flat = Wasserdichte Plattform.

Fig. 71. — Schott im Zick-Zack aufgeführt mit wasserdichter Plattform.

dieses nur auf einer Seite nötig. Es ist richtiger, das Kollisionschott an der hinteren Seite zu verstemmen und das hintere Schott an der vorderen Seite; einmal ist es so leichter als umgekehrt, so dann kann man, was der Hauptgrund ist, die genaue Stelle einer etwaigen Leckage beim Erproben der Schotte leichter ausfinden und verstemmen. Was die anderen Schotte anbelangt, so ist es ziemlich einerlei, an welcher Seite sie verstemmt werden.

Es ist immer besser, irgendwelche Unterbrechungen der Längsverbände zu vermeiden und daher sollten alle Kielschweine und Stringer durch die Schotte hindurchgeführt werden. Deswegen ist man genötigt, die Schotte an diesen Stellen durch Dichtungswinkel an einer Schottseite und mitunter Plattenkränze auf der andern wasserdicht zu machen. Der Dichtungswinkel wird auf die verstemnte Schottseite gesetzt und wird selbst auch verstemmt. (Fig. 72.)

Wir haben schon gesagt, daß, wenn ein Teil des Schiffes geschwächt wird, man in irgend einer Form eine Verstärkung einführen muß, um die ursprüngliche Stärke wieder herzustellen. Man wird bemerken, daß bei der Verbindung von Schotten mit der Außenhaut eine doppelte Reihe von Löchern gestanzt werden muß, wodurch natürlich die Platten an diesen Stellen bedeutend geschwächt werden. Man schafft Ersatz dafür, indem man bei allen abliegenden Gängen sog. Schottfüllplatten (liners) anbringt, welche den Raum zwischen Platte und Spant sowie zwischen zwei anliegenden Gängen vollständig ausfüllen und von dem Spant vor dem Schott bis zu demjenigen hinter dem Schott reichen. (Fig. 70 A.)

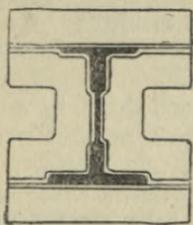
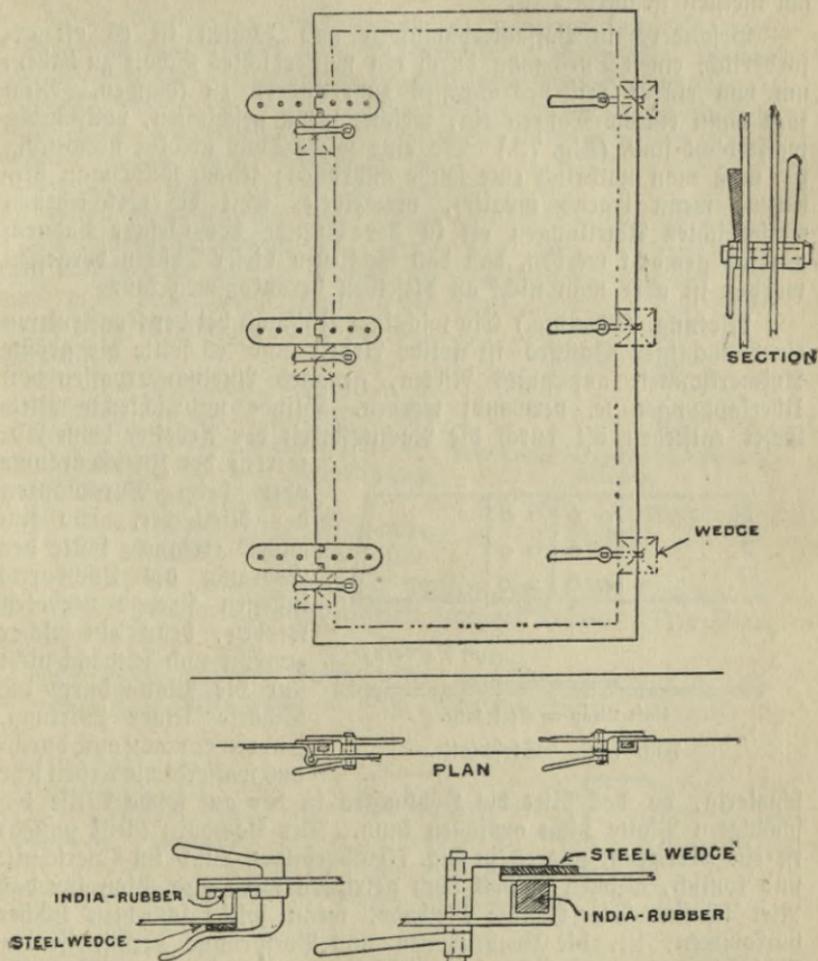


Fig. 72. — Dichtungswinkel des Schotts am Kielschwein.

Durchlaufende Längsschotte in Doppelschraubendampfern dienen nicht allein dazu, das Schiff weiter abzutheilen, sondern geben, wenn sie gut gearbeitet und versteift sind, auch einen starken Längsverband, besonders bei langen, flachen Schiffen. Ihr Wert für die Versteifung der Schiffe ist schon öfter dadurch bewiesen worden, daß Schiffe, welche durch starke Vibrationen der Maschinen zu leiden hatten, ein Längsschott einsetzten. Hierauf war die Vibration bedeutend verringert. Der Grund davon ist leicht ersichtlich, wenn man das ganze Schiff als einen hohlen Längsträger ansieht und bedenkt, daß dessen obere und untere Flanschen (Deck und Boden) besser versteift werden und deshalb der ganze Bau widerstandsfähiger gemacht wird.

Alle Schotte müssen gehörig versteift werden, wenn sie von Nutzen sein sollen. Einfache dünne Platten von der Stärke des Schottmaterials von einer Seite zur andern zu befestigen, würde vollständig ungenügend sein, um irgend welchem nennenswerten

Drucke zu widerstehen. Die Schottversteifung besteht aus Winkeln von der Stärke der Spanten, welche an der einen Seite vertikal



India Rubber = Gummi. Plan = Grundriss. Section = Querschnitt.
Steel Wedge = Stahlkeil. Wedge = Keil.

Zwei verschiedene Methoden, um Thüren wasserdicht schließend zu machen.

Fig. 73. — Wasserdichte Thür im Schott.

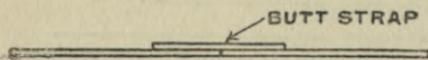
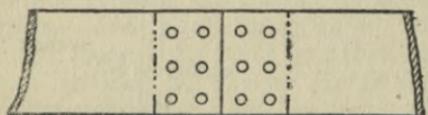
30 Zoll von einander befestigt werden, und auf der andern Seite horizontal in 48 Zoll Abstand. Je nach den Dimensionen des Schottes bringt man noch weitere Verstärkung an in Gestalt von

U Balken, Rahmenplatten und Wulstwinkeln. Namentlich sollte das Kollisionsschott eine vermehrte Festigkeit erhalten, da dieses das am meisten gefährdete ist.

Besonders in Passagierdampfern und Yachten ist es oft erforderlich, einen Durchgang durch ein wasserdichtes Schott zu haben, um von einem Teil des Schiffes zum andern zu kommen. Man fügt dann eiserne Thüren ein, welche, wenn geschlossen, vollständig wasserdicht sind. (Fig. 73.) Wo eine solche Thür absolut notwendig ist, muß man natürlich eine solche anordnen; jedoch sollte man dieselben, wenn irgend möglich, vermeiden, weil die verschiedenen wasserdichten Abteilungen oft in der Stunde der Gefahr dadurch wertlos gemacht werden, daß das Schließen dieser Thüren vergessen worden ist oder man nicht an dieselben herankommen kann.

Rietung. (Riveting.) Ein wichtiger Umstand bei der Konstruktion eines tüchtigen Schiffes ist solide Arbeit und es sollte die größte Aufmerksamkeit auf gutes Rieten, genaues Aneinanderpassen von Überlappungen zc. verwandt werden. Blinde und schlechte Nietlöcher entstehen oft durch die Nachlässigkeit der Arbeiter beim Ab-

merken der Zwischenräume oder beim Durchstanzen der Nietlöcher. Wo sich solches ereignet, sollte der Gebrauch des Lochdorns indessen strenge verboten werden, denn ein solcher zerreißt und schwächt nicht nur die Platte durch die Schärfe seiner Wirkung, sondern er macht auch durch-



Butt Strap = Stoßplatte.

Fig. 74. — Stoßplatte.

aus wasserdichte Arbeit sehr schwierig, da das Niet die Höhlungen in der auf solche Weise beschädigten Platte nicht ausfüllen kann. Der Lochdorn (drift punch) ist ein Werkzeug, wie es in Fig. 75 abgebildet, rund im Querschnitt und konisch, welches in das Loch getrieben wird und Platz für das Niet schafft. Die richtige Methode, wenn solche schlechten Löcher vorkommen, ist, die Unebenheiten und Vorsprünge vermittelst der Reibahle (rimer) (Fig. 75) zu beseitigen und so ein glattes Loch für das Niet zu schaffen.

Findet man, daß nach dem Abkühlen ein Niet lose sitzt, oder der Kopf schlecht aufgesetzt ist, oder auch, daß bei der Probe das

Anmerkung des Übersetzers: Übrigens sind jetzt die wasserdichten Thüren meistens eingeschiffene Fallthüren, und auf dem neuen Doppelschrauben-Schnelldampfer des Norddeutschen Lloyd „Kronprinz Wilhelm“ ist der sogen. Dorr'sche Thürverschluss eingeführt, welcher es ermöglicht, sämtliche Schottthüren durch einen einzigen Druck von der Kommando-Brücke aus zu schließen.

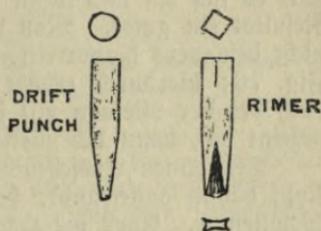
Niet leckt, so sollte ein solches herausgenommen und das Loch frisch vernietet werden.

Wenn es nicht so kostspielig wäre, würde es besser sein, alle durchgestanzten Nietlöcher mit der Reibahle zu bearbeiten. Weit aus bessere, aber auch kostspieligere Arbeit erhält man, wenn man die Nietlöcher bohrt, da dieses Bohren bessere Löcher giebt und die Platte durch die Arbeit nicht so geschwächt wird wie beim Durchstanzen. Wenn man Nietlöcher in Platten oder Winkel stanzt, so thut man solches immer von der Seite, welche an eine andere anschließen soll. Hierdurch schließen die Platten dichter aneinander, da beim Durchstanzen auf der andern Seite ein rauher Rand um das Loch entsteht.

So sind die Löcher, Fig. 76 A, in der Richtung der Pfeile gestanzt. Bei der Lochmaschine vergrößern sich die Löcher allmählich in der Stoßrichtung, wie aus der Figur ersichtlich.

Wir wollen auf einige Nietformen etwas näher eingehen. Soll bei wasserdichter Arbeit die eine Seite glatt werden, so ist die Nietung mit flachem Kopf (pan head) unzweifelhaft eine der besten. Ihre Form zeigt Fig. 76 B.

Man sieht, daß der Niethals sich nach dem Nietkopf zu ausdehnt; das Niet füllt, wenn es heiß gehämmert wird, das Loch in



Drift punch = Lochbohrn. Rimer = Reibahle.

Fig. 75. — Lochbohrn und Reibahle.

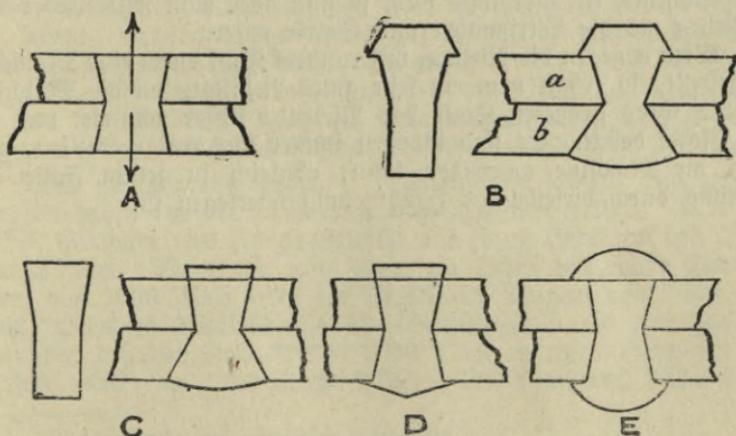


Fig. 76. — Nietlöcher und Nietformen.

Platte a vollständig aus. Nachdem das Nietloch in Platte b durchstoßen ist, wird es durch eine Maschine zu einer mehr konischen Form ausgebohrt. Man nennt dieses Versenken (countersinking). Ist das Nietende gehörig gehämmert, bearbeitet man es zu der abgerundeten Form, sodaß es etwas erhaben auf der glatten Platte bleibt. Beim Abkühlen zieht sich das Niet zusammen und hierdurch wird das Loch noch besser gefüllt. Eine andere Nietform stellt C, Fig. 76, dar. Je weiter man dieses Niet in ein Loch treibt, desto fester keilt es sich ein und wenn es gehörig ausgehämmert wird, ist das Resultat ein gutes. Man verbessert es noch weiter, wenn die Arbeit nicht besonders hervortritt, indem man es aushämmert, wie in D, Fig. 76; hierdurch erhöht sich die Festigkeit. Dieses kann man auch bei der Nietung mit flachem Kopf anwenden, welche, wie sich gezeigt hat, dann die wirksamste Nietung abgiebt.

Des guten Aussehens wegen wird die Nietung mit rundem Kopf häufig angewandt, besonders wo dieselbe ins Auge fällt, bei Schotten zc. Aber die Handarbeit hat in dieser Art Nietung noch keine großen Erfolge aufzuweisen gehabt. Beim Umnieten des Nietendes mit dem Nietseger bringt man die Nietränder dicht an die Platte (Fig. 76, E), während eine Höhlung rund herum unter dem Nietkopf bleibt.

So lange nun das Niet trocken bleibt, geht die Sache gut; kommt aber Wasser an den scharfen Rand, so rostet dieser leicht ein, sodaß das Wasser unter den Nietkopf gelangt. Alsdann fängt die Platte auch an zu rosten, sodaß schließlich das Niet lose wird und man dasselbe in manchen Fällen mit den Fingern drehen kann.

Wenn die Arbeit absolut wasserdicht sein soll, ist es weit besser, wenn man das Nietende einfach hart auf die Platte niederhämmert. Das Aussehen ist allerdings nicht so gut, aber man sollte lieber das Aussehen als die Wirksamkeit und Stärke opfern.

Wird dagegen die Nietung mit rundem Kopf durch eine Maschine hergestellt, so erhält man ein sehr gutes Resultat, da die Maschine infolge ihrer größeren Kraft das Nietende besser umnietet und an die Platte drückt. Es sind indessen immer nur einige Stellen, wo man die Maschine anwenden kann, obgleich in jedem Falle die Nietung durch dieselbe der Handnietung überlegen ist.

Sechstes Kapitel. (Erster Abschnitt.)

Stabilität.

Inhalt: Definition — Der aufrichtende Hebel — Das Metacentrum — Aufrichtendes Stabilitäts-Moment — Gleichgewichtslagen — Steif und rank — Metacentrische Stabilität — Trägheitsmoment — Verschiedene Faktoren, welche die metacentrische Höhe beeinflussen — Wie man ein steifes Schiff erhält — Veränderungen in der metacentrischen Höhe während des Ladens — Stabilität von cylindrischen Körpern — Stabilitätskurve — Metacentrumskurven — Wie der Schiffsoffizier die metacentrische Höhe und dann den Schwerpunkt bei jeder Beladung finden kann — Wirkung der Breite, Auswässerung, Höhe des Schwerpunktes über Oberkante des Kiels und der metacentrischen Höhe auf die Stabilität — Eintauchungs- und Austauchungskeile — Wirkung von oben eingeholten Schiffswänden auf die Stabilität — Stabilität bei verschiedenen Schiffstypen.

Definition. Der Ausdruck Statistische Stabilität bedeutet das Kraftmoment (gewöhnlich in Fuß-, Zoll- oder Metertonnen gemessen), wodurch ein Schiff, wenn es durch irgend welche äußere Einwirkung aus der aufrechten in eine geneigte Lage übergehelt ist, in die früher eingenommene aufrechte Lage zurückzukehren sucht. Die Stabilität hängt von der Schiffsform und der Beladung ab. Viele Schiffe haben nicht genug Stabilität, um ohne Ladung oder Ballast aufrecht zu stehen, sondern fallen etwas auf die Seite, und einige stehen ohne Ballast überhaupt nicht. Da es aber nicht Zweck der Schifffahrt ist, mit unbeladenen Fahrzeugen den Ozean zu durchkreuzen, so kann die Stabilität durch die Beladung oder den Ballast so geregelt werden, daß solche Schiffe dennoch gute Seeschiffe sein können.

Der aufrichtende Hebel.* (The righting lever). Im zweiten Kapitel haben wir die Bedeutung einer Fußtonne erklärt. Wir verstehen hierunter eine Tonne Gewicht mit einem Hebelarm von 1 Fuß multipliziert. Wenn wir nun sagen, ein Schiff mit einem Deplacément von 1000 Tons habe ein Stabilitäts-Moment von 2000 Fußtons, wenn es beispielsweise 30° übergeneigt ist, so verstehen wir darunter, daß das Gewicht von 1000 Tons an einem Hebelarm von 2 Fuß wirkt, da $1000 \text{ Tons} \cdot 2 \text{ Fuß} = 2000 \text{ Fußtons}$ sind; dieses

*) In der Physik „das aufrichtende Kräftepaar“.

Anmerk. des Übersetzers.

ist dann das Bestreben, sich aufzurichten, welches das Schiff bei 30° Neigung zeigt. Die zwei Faktoren in dem Stabilitätsmoment sind Gewicht und Hebelarm. Das Gewicht ist immer das ganze Displacement.

Wir werden nun versuchen, den Hebelarm zu erklären. Fig. 77 stellt zwei Mittschiffsquerschnitte desselben Schiffes dar, von denen der eine das Schiff aufrecht und der andere dasselbe 14° übergehellet zeigt. In der aufrechten Lage war die Wasserlinie W. L. Zur selben Zeit war der Punkt B. der Mittelpunkt des Auftriebs oder der Schwerpunkt des verdrängten Wassers und G der Schwerpunkt des ganzen Schiffes samt seiner Ladung (Systemschwerpunkt). Als nun das Schiff übergehellet wurde, wie in der Skizze angedeutet, wurde die Wasserlinie eine andere, W' L'. Man beachte nun folgendes. Das Displacement hat seine Form, aber nicht seinen körperlichen Inhalt und damit sein Gewicht verändert; dieses bleibt genau dasselbe, weil das Gewicht des Schiffes und der Ladung dasselbe bleibt. Dagegen hat sich der Displacementschwerpunkt nach rechts von B nach B' verschoben; dieses ist der neue Displacementschwerpunkt (d. h. der neue Mittelpunkt des von dem übergehelleten Schiffe verdrängten Wassers), da der alte, B, nicht länger den

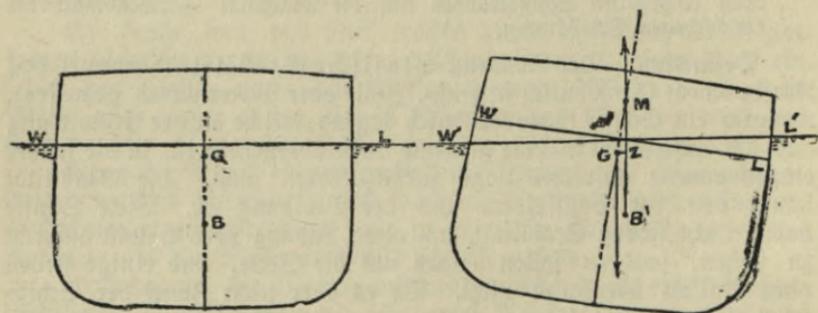


Fig. 77. — Schiff aufrecht und bei 14° Neigung.

Mittelpunkt bildet. Der Systemsschwerpunkt G. bleibt bei jedem Neigungswinkel des Schiffes immer in derselben Lage, so lange wir dessen Ladung nicht ändern. Er ist der Mittelpunkt des ganzen Gewichtes von Schiff und Ladung und wird sich, wie eben angegeben, nicht ändern, so lange die verschiedenen Gewichte an Bord stationär bleiben. Das Gewicht des Schiffes wirkt wie alle Gewichte vertikal nach unten im Systemsschwerpunkt G, und der Auftrieb wirkt vertikal nach oben im Displacementschwerpunkt B oder B', je nachdem das Schiff überliegt. Bei aufrechter Lage liegen die beiden Punkte in derselben vertikalen Linie, dagegen wirken bei dem übergehelleten Schiffe die beiden Kräfte in den vertikalen, durch die Pfeile ange-

deuteten Richtungen. Das Lot GZ zwischen den beiden nun nicht mehr zusammenfallenden vertikalen Wirkungslinien giebt uns den Hebelarm, welcher, wie wir schon oben erwähnten, einer der Faktoren bei der Berechnung der Stabilität eines Schiffes ist.

Das Metacentrum. (Metacentre.) Wie man sieht, schneidet die durch den Deplacementschwerpunkt gehende vertikale Linie die Mittellinie des Schiffes in dem Punkte M . Dieser Punkt wird Metacentrum genannt. Er verändert sich seiner Definition nach mit der Überhellung des Schiffes, bleibt aber bei Neigung von 0° — 15° angenähert fest und verschiebt sich merkbar erst bei größeren Winkeln. Unter dem Metacentrum schlechthin versteht man den für kleine Neigungen gefundenen festen Punkt.

Stabilitäts-Moment. (Righting Moment of Stability). Wenn M oberhalb G liegt, so nennt man das Kräftepaar, das aus der Schwerkraft und dem Auftrieb besteht, in geeigneter Weise ein aufrichtendes Kräftepaar und spricht kurz von einem aufrichtenden Hebel; denn alsdann geht die Wirkung des Auftriebs dahin, das Schiff wieder in die aufrechte Lage zu bringen, wie man leicht aus Fig. 77 ersehen kann. Liegt dagegen M unterhalb G , so wird die überneigende Kraft vermehrt und in solchem Falle ist der Hebel ein umkippender. In unserer Skizze ist augenscheinlich der Hebel ein aufrichtender und daher giebt das Deplacement des Schiffes mit diesem Hebelarm in Fuß multipliziert, das Stabilitäts-Moment in Fußtons für die betrachtete Überhellung.

Gleichgewichtsbedingungen. So lange ein Kräftepaar wirkt und das Schiff in der Lage ist, sich zu bewegen, wird es nicht zur Ruhe oder wie man sagt, in einen Zustand des Gleichgewichts kommen. Je länger der Hebelarm des Paares, desto größer ist das Moment, welches das Schiff entweder aufzurichten oder umzukippen sucht, je nachdem der Fall liegt; und je länger der aufrichtende Hebel ist, desto höher muß das Metacentrum über dem Systemschwerpunkt liegen. Damit also ein Schiff aufrecht im Zustande des Gleichgewichts schwimme, ist es klar, daß der Mittelpunkt des Auftriebs (Deplacementschwerpunkt) und der Systemschwerpunkt sich in derselben vertikalen Linie befinden müssen, sodaß sich die beiden Kräfte — Auftrieb des Wassers und Schwere des Schiffes — vollständig das Gleichgewicht halten oder mit anderen Worten, sich gegenseitig aufheben. Indessen folgt hieraus noch nicht, daß das Gleichgewicht ein stabiles ist. Denn sollte sich das Schiff unter dem Drucke einer äußeren Kraft, z. B. des Windes, überneigen und hat das Metacentrum vor dem Überneigen unter dem Systemschwerpunkt gelegen, so wird dieses eine weitere Neigung des Schiffes zur Folge haben. Damit ist nicht gesagt, daß das Schiff umfallen wird, denn sobald die nach oben gerichtete vertikale Linie des Auftriebs mit der nach unten gerichteten der Schwere zusammen trifft, wird das Schiff

wieder zur Ruhe kommen. Als das Schiff vor dem Überhellen aufrecht lag, konnte man es mit dem Kreisel eines Kindes vergleichen, welcher sorgfältig auf seiner Spitze balanciert und so ins Gleichgewicht gebracht wurde. In einer solchen Lage würde derselbe voraussichtlich nicht lange bleiben. Man nennt diesen Zustand das labile oder unbeständige Gleichgewicht. Befindet sich das Metacentrum dagegen über dem Systemschwerpunkt, so daß das Schiff bei der geringsten Neigung zur aufrechten Lage zurückzukehren sucht, so sagt man, es befindet sich im stabilen oder beständigen Gleichgewicht.

Steif und rank. (Stiff and tender). Liegt das Metacentrum hoch und ist das aufrichtende Moment, wenn das Schiff überliegt, daher groß, so sagt man, daß das Schiff steif sei. Liegt dagegen das Metacentrum näher bei dem Systemschwerpunkt und hat das Schiff bei kleinen Neigungen ein nicht so großes aufrichtendes Kräftepaar, so sagt man, daß das Schiff rank ist.

Fallen das Metacentrum und der Systemschwerpunkt zusammen, so nennt man das Gleichgewicht ein neutrales oder indifferentes, es ist dann weder stabil noch labil.

Metacentrische Stabilität. (Metacentric Stability). Wenn man die Entfernung zwischen dem Metacentrum und dem Systemschwerpunkt gefunden hat, kann man den wirklichen Hebelarm der Stabilität bei kleinen Neigungen bis zu 15° finden, indem man diese Entfernung mit dem Sinus des Neigungswinkels multipliziert.*)

Der Hebelarm in Fuß mit dem Displacement in Tons multipliziert, giebt dann das aufrichtende Moment in Fußtons. Diese Stabilität, welche man von der metacentrischen Höhe, d. h. von der Entfernung zwischen M. und G. (Fig. 77) ableitet, wird metacentrische Stabilität genannt.

Wir müssen nun versuchen, die Lage dieser Punkte zu ermitteln, und sehen, wodurch dieselbe beeinflusst wird. Den Mittelpunkt des Auftriebs haben wir bereits in Kapitel III. zum Gegenstand unserer Betrachtung gemacht und gesehen, daß seine Lage dem Schwerpunkt des Displacements entspricht (daher Displacementschwerpunkt). Dieser Punkt ist bei aufrechter Lage des Schiffes und gleichbleibender Wasserlinie immer ein fester Punkt, welcher sich nach dem Tiefgang richtet.

Das Metacentrum ist bei aufrechter Lage ebenfalls ein fester Punkt für einen bestimmten Tiefgang. Werden nun einige dieser Punkte berechnet, so läßt sich eine Kurve konstruieren, durch die man die Lage des Metacentrums bei jedem Tiefgang bestimmen kann.

*) Siehe die Sinustafel am Ende dieses Buches. Auch findet sich eine solche Tafel in manchen Lehrbüchern der Navigation.

Zuerst wollen wir sehen, welchen Einfluß der Aufriß und die Dimensionen eines Schiffes auf die Lage des Metacentrums haben. Die Formel, nach der man das Metacentrum findet, lautet:

$$\frac{\text{Trägheitsmoment der Schwimmebene}}{\text{Displacement in Kubikfuß}} = \begin{cases} \text{Höhe des Metacentrums über dem} \\ \text{Displacementschwerpunkt.} \end{cases}$$

Die gewöhnliche Erklärung des Trägheitsmomentes würde wahrscheinlich manchem Seemann Schwierigkeiten bieten. Wir wollen eine einfache, wenn auch vielleicht nicht sehr wissenschaftliche Methode anwenden, um den Ausdruck so darzustellen, daß er auch mit geringen mathematischen Kenntnissen verstanden werden kann.

Das Trägheitsmoment (moment of inertia) kann man als das Maß für das Bestreben auffassen, welches das Areal der Schwimmebene irgend eines Körpers hat, träge, ruhig oder bewegungslos zu bleiben. Man muß sich klar machen, daß dieses Trägheitsmoment sich nur auf das Areal der Wasserlinie bezieht, in welcher der Körper schwimmt, gleichgültig, ob derselbe ein Schiff, ein Kasten oder ein Stück Holz ist. Ob ein Teil eines Körpers über und ein anderer Teil unter Wasser ist, bleibt ganz außer Betracht. Wir haben es nur mit der Schwimmebene zu thun. Die Formel für das Trägheitsmoment einer rechteckigen Schwimmebene ist folgende:

Man erhebe die Länge der Seite, welche rechtwinkelig zur Längsachse ist, in die dritte Potenz, multipliziere diese Potenz mit der Länge der Wasserlinie und dividiere das Resultat durch 12.

Anmerkung. Alle Maße sollten in Fuß sein, wenn das Displacement in Kubikfuß angegeben.

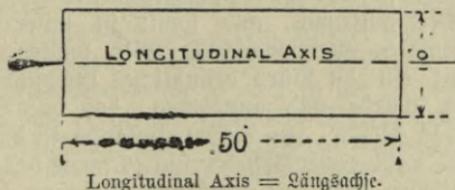


Fig. 78. — Grundriß der Schwimmebene.

Wir wollen als Beispiel Fig. 78 betrachten, welche die Schwimmebene eines kastenförmigen Schiffes von 50 Fuß Länge, 10 Fuß Breite und 8 Fuß Tiefgang darstellt. Das Trägheitsmoment würde sein:

$$\frac{10^3 \cdot 50}{12} = \frac{50000}{12} = 4166,66.$$

Da die Schwimmebenen dieses Kastenschiffes bei aufrechter Lage stets die gleichen bleiben, so ist das Trägheitsmoment bei jedem Tiefgange dasselbe.

Nun wollen wir versuchen, die Höhe des Metacentrums zu finden. Man bestimmt dieselbe, indem man das Trägheitsmoment, also in unserm Falle 4166,66, durch das Deplacement in Kubikfuß dividirt. Das Resultat ist die Höhe des Metacentrums über den Deplacementschwerpunkt. Der Tiefgang ist 8 Fuß. Der Deplacementschwerpunkt liegt daher augenscheinlich in der Höhe des halben Tiefganges, also 4 Fuß über dem Boden. Das Deplacement in Kubikfuß ist gleich dem Volumen des eingetauchten Theils, also:

$$50 \text{ Fuß Länge} \cdot 10 \text{ Fuß Breite} \cdot 8 \text{ Fuß Tiefe} = 4000 \text{ Kubikfuß.}$$

Die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt ist daher $\frac{4166,66}{4000} = 1,04$ Fuß.

Nun kann wohl jemand die Frage aufwerfen, was uns dieses nützt und die Antwort würde sein, daß die erlangten Punkte „für sich“ keinen praktischen Wert haben und uns keinen Anhalt über die Stabilität des Schiffes geben, bevor wir nicht die Lage des System Schwerpunktes kennen. Wir wollen einstweilen annehmen, daß die Höhe des System Schwerpunktes 3 Fuß vom Boden des Kastens entfernt sei (natürlich muß der Kasten mit irgend welchen Gewichten auf dem Boden versehen sein, um den System Schwerpunkt so weit nach unten zu bringen).

Da das Metacentrum $1,04 + 4 = 5,04$ Fuß vom Boden entfernt ist, so befindet sich der System Schwerpunkt $5,04 - 3 = 2,04$ Fuß unterhalb des Metacentrums, und somit ist unser Kastenschiff im Zustande des stabilen Gleichgewichts. Wir wollen uns nun vorstellen, daß jetzt ein an Bord befindliches Gewicht von 20 Tons 13 Fuß gehoben würde und annehmen, daß das Schiff in seiner aufrechten Stellung bleibt. In diesem Zustande ist das Deplacement und die Lage des Deplacementschwerpunktes sowie des Metacentrums unverändert geblieben, weil wir denselben Tiefgang behalten haben. Indessen ist eine Veränderung in der Lage des System Schwerpunktes eingetreten, wodurch die Entfernung zwischen diesem und dem unveränderten Metacentrum eine andere wird. Durch jede vertikale Gewichtsänderung in unserm Kastenschiff wird der System Schwerpunkt entweder sinken oder steigen; in unserm Falle wird, da die 20 Tons gehoben wurden, die Lage des System Schwerpunktes steigen. Es fragt sich nun aber, um wie viel. Die Lösung haben wir schon in dem Kapitel, welches über Momente handelt, gefunden. Sie lautet:

Man multipliziere das Gewicht mit der Entfernung, um welche es bewegt wurde, und dividiere das Produkt durch das ganze Deplacement (4000 Kubikfuß = 114,2 Tons).

$$\frac{20 \cdot 13}{114,2} = 2,2 \text{ Fuß} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Betrag, um welchen der System-} \\ \text{schwerpunkt gehoben.} \end{array} \right.$$

Wir sehen, daß der Systemschwerpunkt, anstatt wie früher 2,04 Fuß unter dem Metacentrum, jetzt um $2,2 - 2,04 = 0,16$ Fuß über demselben liegt. Im aufrechten Zustande befindet sich unser Rastenschiff jetzt im Zustande des labilen Gleichgewichts und irgend welche äußere Kraft wird es überneigen. Da das Schiff nicht genügend Stabilität besitzt, um aufrecht zu bleiben, tritt die Hauptfrage an uns heran: Wird es umfallen? Da in unserm Beispiel das Schiff eine gute Auswässerung von etwa 5 Fuß hat, so ist die Antwort „nein“, denn nachdem es etwa 18° übergehellt ist, wird es mit dieser Schlagseite dauernd liegen bleiben. Wir wollen die einzelnen Umstände genau ins Auge fassen. Der Systemschwerpunkt ist bei der Neigung stationär geblieben, dagegen finden wir eine geringe Verschiebung des Deplacementschwerpunktes. Im ersten Stadium der Neigung schnitt die Vertikale durch den Mittelpunkt des Auftriebs die Mittellinie des Schiffes unterhalb des Systemschwerpunktes, also im Metacentrum, wie immer bei kleinen Neigungen, sodaß eine Hebelwirkung zwischen den vertikalen Kräften, die in dem Deplacementschwerpunkt und dem Systemschwerpunkt angreifen, entstand. Da nun der Schnittpunkt unterhalb des Systemschwerpunktes liegt, so muß sich das Schiff weiter überneigen, denn das Moment ist kein aufrichtendes, sondern ein kippendes und der Auftrieb dient dazu, das Schiff weiter überzuhellen. Die Figuren 16 und 77 erleichtern das Verständnis für diesen Vorgang. Nachdem indessen die Neigung bis zu einem Winkel von 18° zugenommen hat, wird man finden, daß jetzt der Mittelpunkt des Auftriebs (Deplacementschwerpunkt) sich so weit in der Richtung der Neigung verschoben hat, daß er gerade unter dem Systemschwerpunkt zu liegen kommt und die vertikalen Wirkungslinien durch diese Punkte zusammenfallen. Da nun der kippende Hebel verschwunden ist, so schwimmt unser Schiff im Zustande des Gleichgewichts; es hat weder ein aufrichtendes noch ein kippendes Moment und wird sich weder nach Steuerbord oder Backbord bewegen, wenn es nicht durch direkte äußere Gewalt dazu gezwungen wird. Für Schiffe von cylindrischer Form mit kreisförmigem Querschnitt ist das Metacentrum für alle Neigungswinkel der Schnittpunkt der vertikalen Linie durch den Deplacementschwerpunkt mit der Mittellinie des Cylinders, und wir werden bald in der Lage sein, hiernach die Stabilität eines derartigen Schiffes zu bestimmen. Da jedoch wirkliche Schiffe namentlich

bei großen Neigungswinkeln beträchtlich von der Cylinderform abweichen, so muß man andere Methoden anwenden, um die Stabilität vollständig feststellen zu können. Diese Methoden findet man in Kapitel X.

Verschiedene Faktoren, welche die metacentrische Höhe beeinflussen. Die zwei wichtigen Faktoren im Aufriß eines Schiffes, welche die Höhe des Metacentrums beeinflussen, sind Breite und Displacement. Die Formel für das Trägheitsmoment der Schwimmebene eines Kastenschiffes haben wir schon gefunden. Sie lautet:

$$\frac{\text{Länge} \cdot \text{Breite}^3}{12}$$

sodas, da die Breite in die dritte Potenz erhoben wird, eine Vermehrung derselben größeren Einfluß auf die Zunahme des Trägheitsmomentes irgend welcher Schwimmebene haben wird, wie dieselbe Vermehrung der Länge.

Die Formel für die metacentrische Höhe über dem Displacementsschwerpunkt ist:

$$\frac{\text{Trägheitsmoment der Schwimmebene}}{\text{Displacement}}$$

Je kleiner daher das Displacement und je größer die Schwimmebene, desto größer ist diese Höhe. Wäre das Displacement unseres Kastenschiffes dadurch verringert worden, daß wir die Ecken im Boden abgenommen und dem unteren Teile des Schiffes eine mehr dreieckige Form gegeben hätten, wobei indessen die Schwimmebene dieselbe geblieben wäre, so würden wir ein bedeutend höheres Metacentrum erreicht haben. Daher findet man bei scharfen Schiffen, welche große Breite haben, die höchsten Metacentren. Wir können diese Einzelheiten am besten durch einige einfache Beispiele erläutern.

Wir wollen die Breite unseres vorhin erwähnten Kastenschiffes um 2 Fuß vermehren, wobei der Tiefgang derselbe bleiben soll. Alsdann bekommen wir die folgenden Dimensionen: Länge 50 Fuß, Breite 12 Fuß, Tiefgang 8 Fuß.

$$\text{Das Trägheitsmoment ist} = \frac{50 \cdot 12^3}{12} = 7200.$$

$$\text{Das Displacement} = 50 \cdot 12 \cdot 8 = 4800 \text{ Kubikfuß.}$$

$$\frac{7200}{4800} = 1,5 \text{ Fuß ist die Höhe des Metacentrums über dem Displacementsschwerpunkt.}$$

In der ursprünglichen Lage war die Höhe des Metacentrums über dem Displacementsschwerpunkt 1,04 Fuß und über dem Systemsschwerpunkt 2,04 Fuß. Da das Metacentrum durch die Breitenvermehrung von 2 Fuß um $(1,5 - 1,04) = 0,46$ Fuß gehoben ist, so wird hierdurch die metacentrische

Höhe auf $(2,04 + 0,46 =) 2,5$ Fuß gebracht, wodurch das Schiff bedeutend steifer wird. Hätten wir die Länge des Schiffes um 2 Fuß vermehrt, so würden wir wohl das Trägheitsmoment vermehrt haben, aber ebenso das Deplacement, wodurch die erwünschte Erhöhung des Metacentrums wieder aufgehoben würde. Es wird nämlich

$$\frac{52 \cdot 10^3}{12} = 4333,33 \text{ das Trägheitsmoment.}$$

$$52 \cdot 10 \cdot 8 = 4160 \text{ Kubikfuß das Deplacement.}$$

$$\frac{4333,33}{4160} = 1,04 \text{ Fuß die metacentrische Höhe über Deplacementschwerpunkt;}$$

also die Höhe dieselbe wie die ursprüngliche.

Hätten wir den Tiefgang um 2 Fuß vermehrt, würde das Trägheitsmoment unverändert $\frac{50 \cdot 10^3}{12} = 4166,66$ bleiben, dagegen würde das Deplacement $50 \cdot 10 \cdot 10 = 5000$ Kubikfuß betragen. Augenscheinlich ist das Resultat, daß in Beziehung auf den Deplacementschwerpunkt nun das Metacentrum niedriger zu liegen kommt, denn $\frac{4166,66}{5000} = 0,83$ Fuß metacentrische Höhe ist geringer als die ursprüngliche von 1,04 Fuß.

Nach diesen einfachen Beispielen ist es klar, daß die Breite der wichtigste Faktor in den Dimensionen eines Schiffes ist, durch welchen man ein hohes Metacentrum erlangt und zwar einfach deshalb, weil dieselbe bei der Berechnung in der dritten Potenz vorkommt und andere Faktoren nur in der ersten. Man bemerkt gleichfalls, daß die Höhe der an Bord geführten schweren Ladung sehr bei der Lage des System Schwerpunktes ins Gewicht fällt.

Wie man ein steifes Schiff erhält. Wir haben nun zwei Mittel gefunden, wie man das Schiff steif macht; erstens, indem man die schwere Ladung möglichst tief staut und dadurch den System schwerpunkt vom Metacentrum weg nach unten verlegt; und zweitens, indem man das Schiff breit konstruiert, um ein hohes Metacentrum zu erhalten.

Änderungen in der metacentrischen Höhe beim Laden. Wir verstehen jetzt besser, woher es kommt, daß einige Schiffe, besonders mit gleichartiger Ladung, raut werden, wenn der letzte Teil der Ladung an Bord kommt und man sich der Tiefadelinie nähert. In geringer Entfernung unterhalb der Tiefadelinie wird wenig oder gar keine Vergrößerung der Schwimmebene stattfinden. In der That, wenn ein Schiff oben bedeutend eingeholt ist (tumble home*), kann es vorkommen, daß die Schwimmebene in der Tiefadelinie selbst geringer ist, als ein oder zwei Fuß unterhalb derselben,

*) Unter tumble home versteht man den Unterschied zwischen der Mittschiffbreite des obersten Decks und der Konstruktionsbreite.

und wir haben gesehen, welche Wirkung eine Breitenverringernug auf das Trägheitsmoment hat. Während nun mit zunehmender Beladung bei Annäherung an die Tiefadelinie vielleicht keine Vergrößerung des Trägheitsmoments erfolgt, vergrößert sich jedenfalls das Deplacemnt bei zunehmendem Tiefgange. Infolgedessen rücken das Metacentrum und der Deplacemntschwerpunkt näher zusammen, denn je größer das Deplacemnt, desto höher wird der Deplacemntschwerpunkt liegen. Wenn nun auch das Metacentrum mit steigt, so rückt bei zunehmender Beladung ebenfalls der Systemchwerpunkt in die Höhe, wodurch die Entfernung zwischen diesen beiden Punkten geringer wird; das heißt also, die metacentrische Höhe wird kleiner und die Folge davon ist, daß das Schiff rank wird. Bevor mit dem Laden begonnen wurde, waren das Metacentrum und der Systemchwerpunkt vielleicht nur 5—6 Zoll auseinander. Bei dieser Position würde das Schiff rank sein, was bei unbeladenen Schiffen

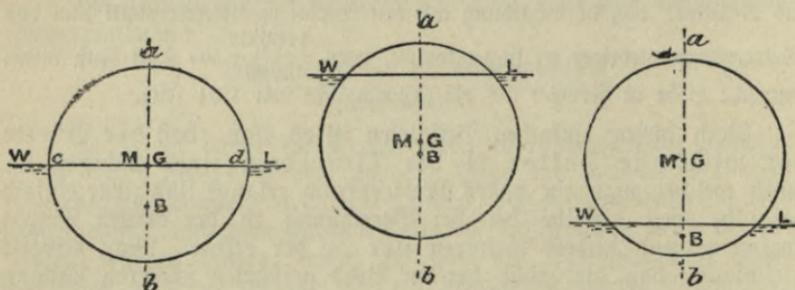


Fig. 79, 80, 81. — Stabilität von schwimmenden cylindrischen Körpern.

durchaus nicht ungewöhnlich ist. Wir wollen nun annehmen, daß bei dieser Lage der Systemchwerpunkt in der Höhe der halben Raamtiefe liegt. Wird dann mit dem Laden begonnen, so ist es ersichtlich, daß durch alle Ladung, welche man unterhalb dieses Schwerpunktes verstaut, derselbe nach unten gezogen wird. Infolgedessen wird das Schiff sehr steif, aber so wie die Beladung weiter geht und der Raum voll wird, rückt der Systemchwerpunkt wieder in die Höhe. Auch ist es klar, daß, wenn man mehr schwere Ladung über den ursprünglichen Schwerpunkt staut als unterhalb, derselbe höher zu liegen kommen wird wie vorher. Wir müssen indessen nicht vergessen, daß das Metacentrum bei jedem Tiefgange verschieden ist. Wenn wir eine Metacentrenkurve für unser Schiff hätten, so könnten wir leicht die genaue Lage bestimmen. Hätte es sich herausgestellt, daß das Schiff so beladen ist, daß der Systemchwerpunkt wieder in die Nähe des Metacentrums zu liegen kommt, so würden wir eine kleine metacentrische Höhe und damit ein rankes Schiff erhalten.

Stabilität von cylindrischen Körpern. Es wird jetzt der Mühe wert sein, unsere Aufmerksamkeit Körpern von cylindrischer oder cigarrenartiger Form zuzuwenden und aus diesen einfachen Formen die Grundzüge herzuleiten, nach denen wir uns auch mit den mehr komplizierten Schiffsformen abfinden können.

Fig. 79 soll solch ein Körper sein von 50 Fuß Länge und 10 Fuß Durchmesser, dabei aus einem festen Stück Holz bestehend, welches zur Hälfte eintaucht, also 5 Fuß Tiefgang hat. Der System-
schwerpunkt liegt natürlich im Mittelpunkt G. Jeder Leser weiß, daß ein solcher Körper eben so leicht in der einen Lage als in der andern schwimmt, welcher der Punkte a, b, c, d auch oben liegt. Der Körper befindet sich also im neutralen (indifferenten) Gleichgewicht und daher müssen Metacentrum und System-
schwerpunkt zusammenfallen. Wir wollen versuchen, dieses zu beweisen. Es ist

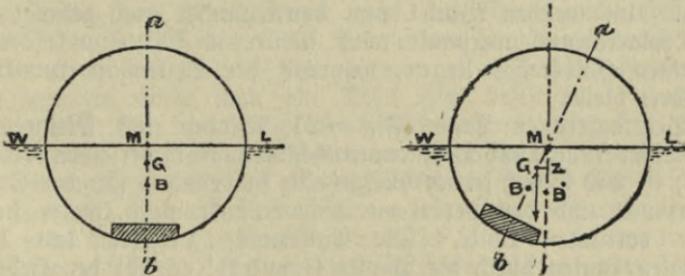


Fig. 82. — Mit festem Gewicht beladene Cylinder.

klar, daß G. der Gewichtsmittelpunkt ist. Der Mittelpunkt des Auftriebs (Displacementschwerpunkt) wird sich auf der Mittellinie G b des im Wasser befindlichen Halbkreises in B befinden. Würde man ein Stück Pappe in dieser Gestalt ausschneiden und den Punkt suchen, auf dem es im Gleichgewicht wäre, so würde man finden, daß sich derselbe um 0,4244 des Cylinder-Halbmessers unterhalb der Linie c d befindet, also um $\frac{5 \cdot 4244}{10000} = 2,122$ Fuß. Das Trägheitsmoment der Schwimmebene ist

$$\frac{50 \cdot 10^3}{12} = 4166,66.$$

$$\text{Das Displacement ist } \frac{10^3 \cdot 0,7854 \cdot 50}{2} = 1963,5.$$

Daher liegt das Metacentrum $\frac{4166,66}{1963,5} = 2,122$ Fuß über dem Displacementschwerpunkt; es liegt also in G, wodurch bewiesen wird, daß sich unser Cylinder im Zustande des indifferenten Gleichgewichts befindet.

Wäre der Cylinder aus schwererem Holze gewesen, sodaß sein Tiefgang größer gewesen wäre (Fig. 80), würde er sich dennoch im indifferenten Gleichgewicht befinden haben und der Systemschwerpunkt und das Metacentrum würden immer noch zusammenfallen.

Desgleichen, wenn wie in Fig. 81 das Material leichter gewesen, würde dasselbe stattgefunden haben.

Wir sehen aus diesen Beispielen, daß das Quer=Metacentrum (transversal M.) immer im Mittelpunkt des kreisförmigen Querschnittes liegt, einerlei wie groß der Tiefgang ist.

Nun wollen wir annehmen, der Cylinder wäre hohl und ein Gewicht in seinem Innern fest angebracht, welches die Wirkung hätte, den Systemschwerpunkt zu erniedrigen, sodaß derselbe beispielsweise einen Fuß unterhalb des Metacentrums läge. Das cylinderförmige Schiff soll einen Tiefgang = dem Radius, also = 5 Fuß haben. Um welchen Winkel nun der Cylinder auch gedreht wird, der Deplacementschwerpunkt wird immer im Mittelpunkt des eingetauchten Halbkreises liegen, während der Systemschwerpunkt unverändert bleibt.

Bei aufrechter Lage (Fig. 82) befinden sich Metacentrum, Systemschwerpunkt und Deplacementschwerpunkt in derselben vertikalen Linie; ist das Schiff jedoch übergehellt, so befinden sich der Systemschwerpunkt und der Deplacementschwerpunkt nicht länger in derselben vertikalen Linie. Die Entfernung zwischen den beiden vertikalen Linien durch die Punkte G und B' ergibt den Hebel der Stabilität, GZ.

Es ist klar, daß beim Überhellen ein Teil LMl (Fig. 83) des Schiffes, welcher keilförmige Form hat und früher außerhalb des Wassers war, jetzt eingetaucht wird, während ein anderer keilförmiger Teil WMw, der früher im Wasser war, jetzt austaucht. Wenn nun, wie auch im übrigen die Form des schwimmenden Körpers sein möge, der eingetauchte Keil dieselbe Gestalt hat, wie der aus dem Wasser kommende und ihre Mittelpunkte dieselbe Entfernung von der Vertikalen durch den Deplacementschwerpunkt haben, wird diese Vertikale im Punkt M die Linie ab schneiden und so nach die Entfernung von M nach G (die metacentrische Höhe) dieselbe bleiben.

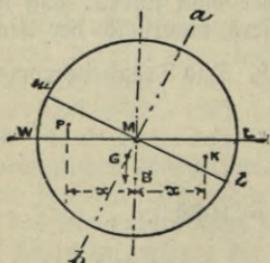


Fig. 83.

Dieses gilt für alle schwimmenden Körper von Cylinder-Form; es kommt nicht darauf an, wie groß der Neigungswinkel ist; man

findet immer, daß der eingetauchte Keil LM1 dieselbe Form hat, wie der Keil WMw und daß ihre Schwerpunkte P und K (Fig. 83) von der Vertikalen durch B' gleich weit entfernt sind. Da wir dieses wissen, können wir beginnen, den ganzen Umfang*) der Stabilität für unser cylindrisches Schiff zu bestimmen. Die Berechnung des Hebels der Stabilität wollen wir für Neigungen ausführen, welche jedesmal um 10° zunehmen.

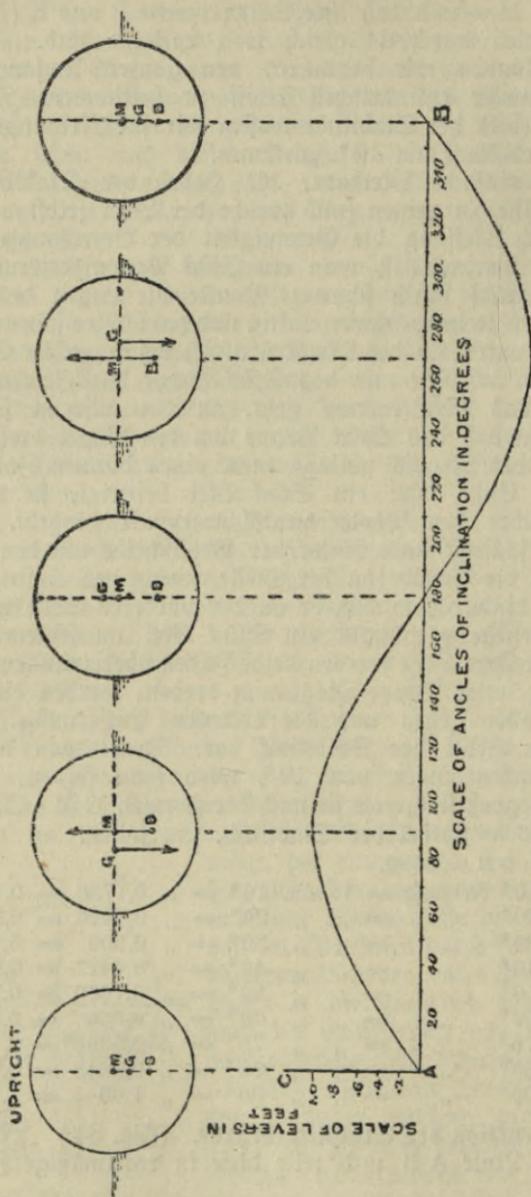
Eine sehr einfache Methode, die Hebel der Stabilität für cylindrische Schiffe zu zeigen (und welche der Leser selbst versuchen möge, um durch Messung die Genauigkeit der Berechnung zu beweisen), besteht darin, daß man ein Stück Pappe kreisrund ausschneidet und darauf durch schwarze Punkte die Lagen des Metacentrums, des Deplacementschwerpunktes und des Systemschwerpunktes (letzterer 1 Fuß unterhalb des Metacentrums) bei aufrechter Stellung bezeichnet. Man befestige nun das Stück Pappe durch einen Nagel, welcher durch das Metacentrum geht, an ein aufrecht stehendes glattes Brett, so daß das Stück Pappe um den Nagel drehbar ist. Um den Kopf des Nagels schlinge man einen dünnen Faden, an dessen unterem Ende man ein Stück Blei befestigt, so daß der Faden genau über den Deplacementschwerpunkt hingehet. Einen anderen Faden schlinge man hinter der Pappscheibe um den Nagel, führe ihn durch die Scheibe an der Stelle, welche den Systemschwerpunkt darstellt, hindurch, so daß er an der vorderen Seite herunterhängt und befestige gleichfalls ein Stück Blei an seinem unteren Ende. In aufrechter Lage werden beide Fäden übereinander hängen, aber sobald wir unser Pappe-Diagramm drehen, werden die beiden Fäden auseinander gehen und die lotrechte Entfernung zwischen ihnen stellt den Hebel der Stabilität dar. Dreht man das Diagramm in Zwischenräumen von 10° , wird man finden, daß die Hebel genau so groß sind, wie sie nach der Formel, $GM \cdot \sin$ des Neigungswinkels = Hebel der Stabilität, sein sollen.

Anmerkung: $GM = 1$ Fuß.

Hebel bei 10° Neigung	=	1. sin. 10°	=	1. 0,1736	=	0,17
" " 20° "	=	" " 20°	=	" 0,3420	=	0,34
" " 30° "	=	" " 30°	=	" 0,5000	=	0,5
" " 40° "	=	" " 40°	=	" 0,6427	=	0,64
" " 50° "	=	" " 50°	=	" 0,7660	=	0,77
" " 60° "	=	" " 60°	=	" 0,8660	=	0,87
" " 70° "	=	" " 70°	=	" 0,9396	=	0,94
" " 80° "	=	" " 80°	=	" 0,9848	=	0,98
" " 90° "	=	" " 90°	=	" 1,00	=	1.

Die Konstruktion der Stabilitätskurve. (Fig. 84.) Man ziehe die horizontale Linie AB und theile diese in regelmäßige Zwischen-

*) Unter Umfang (range) der Stabilität verstehen wir den Betrag des Überhessens von der aufrechten Lage bis zu dem Winkel, wo die aufrichtende Kraft des Schiffes verschwindet.



Scale of Angles of Inclination in Degrees = Scala der Neigungswinkel in Graden.
 der Scheitel in Fuß. Upright = aufrecht.

Scale of Levers in Feet = Scala der Stabilitätskurve.

Fig. 84. — Stabilitätskurve.

räume ein, welche je 10° Neigung bezeichnen. Diese Intervalle können wieder in Zehntel geteilt werden, welche also je 1° entsprechen. Von A zieht man die Vertikale AC und teilt diese in 10 gleiche Teile, von denen jeder $\frac{1}{10}$ Fuß darstellt und die Größe des Hebelarmes der Stabilität bedeutet. Indem man nun die Skalen AC benutzt, errichtet man in Intervallen von 10° Vertikale, welche man gleich den oben berechneten Hebeln macht. Verbindet man die Endpunkte dieser Vertikalen (die Linien selbst sind in der Figur fortgelassen), so erhält man eine Kurve und kann vermittlest derselben den Hebelarm bei jedem zwischenliegenden Neigungswinkel leicht abmessen. In der Figur sehen wir, daß der aufrichtende Hebel der Stabilität bis 90° beständig zunimmt, wo er sein Maximum erreicht; er nimmt dann ebenso gleichmäßig bis zu 180° ab, wo er gänzlich verschwindet. Er nimmt dann wieder zu, ist aber nicht mehr ein aufrichtender Hebel, sondern ein kippender und erreicht bei 270° wieder ein Maximum; darnach nimmt er wieder gleichmäßig ab bis zu 360° , wo das Schiff wieder stabil wird.

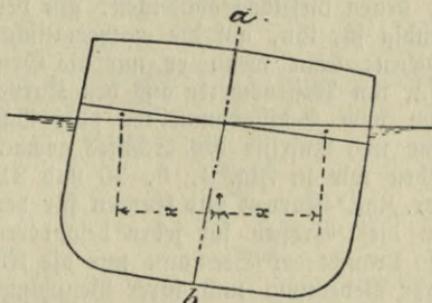


Fig. 85. — Ein- und Ausstachungskeile als gleiche Kreis-sektoren bei kleinen Neigungswinkeln betrachtet.

Nun kann man die Frage aufwerfen, wie es zugeht, daß für wirkliche Schiffe die Vertikale durch den Displacementschwerpunkt die Mittellinie des Schiffes im Metacentrum nur bei kleinen Neigungen bis zu 15° schneidet und in der Regel nicht bei größeren Neigungswinkeln. Der Grund davon ist einfach darin zu suchen, daß die Ein- und Ausstachungskeile eines wirklichen Schiffes bei kleinen Neigungswinkeln sozusagen Kreisabschnitte sind und daher den Keilen gleichen, mit welchen wir uns soeben bei Schiffen von Cylinderform beschäftigt haben. Die Keile sind genau gleich an körperlichem Inhalt und man kann auch sagen, daß sie ungefähr der Form nach gleich sind; ebenso haben ihre Schwerpunkte die gleichen Entfernungen (x) von der Vertikalen durch den Displacementschwerpunkt. (Fig. 85). So lange diese Voraussetzungen zutreffen,

wird die Vertikale durch den Deplacementschwerpunkt auch bei jeder Neigung des Schiffes die Linie $a b$ im Metacentrum schneiden und wenn dieses der Fall, wird die Entfernung $M G$ multipliziert mit dem Sinus des Neigungswinkels den Hebelarm der Stabilität $G Z$ ergeben. Wenn indessen gewöhnliche Schiffe stark überliegen, sind die ein- und austauchenden Keile, obgleich von demselben körperlichen Inhalt, doch der Form nach verschieden und deshalb haben ihre Schwerpunkte auch ungleiche Abstände vom Deplacementschwerpunkt.

Metacentrumskurven. Ist dieses letztere der Fall, so schneidet die Vertikale durch den Deplacementschwerpunkt nicht die Linie $a b$ (Fig. 85) im Metacentrum.*)

Für große Neigungen ist die Lage des Punktes M (der bei geringen Neigungen das Metacentrum bildet) schwer zu bestimmen, und man giebt sich in der Praxis nicht mehr damit ab, um den Umfang der Stabilität zu bestimmen.

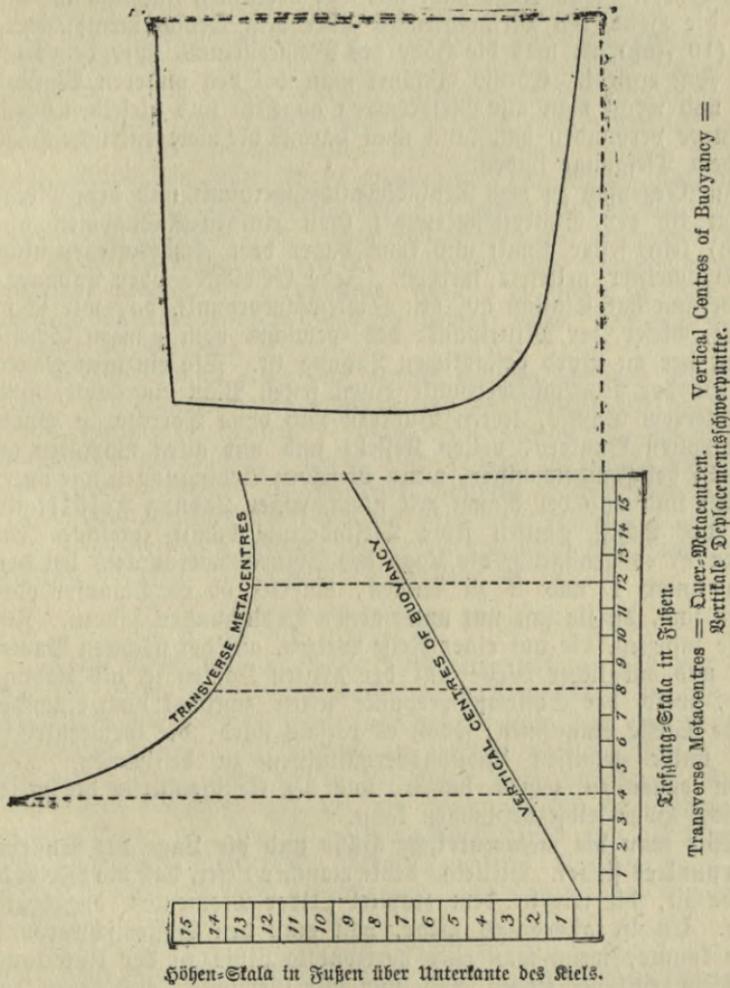
Obgleich es nun für einen Seemann empfehlenswert ist, daß er die Bedeutung von Deplacement, Auftrieb, Metacentrum und die Grundsätze, von denen dieselben abhängen, gut verstehe, so ist es doch nicht notwendig für ihn, auf die mathematischen Berechnungsmethoden einzugehen; denn wenn er nur die Grundsätze versteht, kann er alles für ihn Wissenswerte aus den Kurven ersehen, und diese können ihm vom Schiffsbaumeister oder Schiffbauingenieur, welcher die Pläne und Aufrisse des Schiffes gemacht hat, geliefert werden. So haben wir in Fig. 3, 5, 20 und 21 Deplacementskurven, „Tons pr. Zoll“-Kurven und Kurven für den Deplacementschwerpunkt. Da diese Größen für jeden besonderen Tiefgang dieselben bleiben, so braucht der Seemann nur die Kurven selbst und die Kenntnis ihrer Bedeutung und ihrer Benutzung. Das Gleiche gilt auch von dem Metacentrum. Dasselbe ist ebenfalls ein fester Punkt für jeden Tiefgang des Schiffes in aufrechter Lage und bei kleinen Neigungswinkeln. Wir werden nun die Erläuterung einer solchen Kurve geben und zeigen, wie sie hergestellt und abgelesen wird.

Der Grundsatz für die Berechnung**) des Metacentrums für einen bestimmten Tiefgang ist derselbe wie für ein Kastenschiff, angenommen, daß wegen der wechselnden Gestalt der Schwimmebene eine geringe Abänderung gemacht werden muß, um das Trägheitsmoment der Schwimmebene zu finden, welches durch das Deplacement bei dem jeweiligen Tiefgang dividiert, die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt ergibt. Wir müssen also zuerst die Lage des Deplacementschwerpunktes kennen. In Fig. 20 ist eine Kurve der Deplacements-

*) Metacentrum ist ein Ausdruck, welchen man dem Punkt M nur so lange geben sollte, als er unveränderlich ist; dieses ist nur bei kleinen Neigungen der Fall.

**) Siehe wegen Metacentrums- und anderer Schiffs-Berechnungen Kapitel X.

schwerpunkte für ein bestimmtes Schiff gegeben. Diese wollen wir auf Fig. 86 übertragen und dann die Metacentren für dasselbe Schiff absetzen.



Nach Berechnung ergeben sich die Höhen des Metacentrums wie folgt:

Bei 4 Fuß Tiefgang	19 Fuß	über dem	Deplacentschwerpunkt
" 8 "	" "	9,2 "	" "
" 12 "	" "	5,75 "	" "
" 16 "	" "	4,0 "	" "

In dem Punkte der horizontalen Tiefgangskala, welche einem Tiefgang von 4 Fuß entspricht, errichtet man eine Senkrechte, welche die Kurve der Deplacementschwerpunkte schneidet und sich darüber hinaus erhebt. Nun trage man aus der vertikalen Fußskala an der Seite die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt (19 Fuß) ab, was die Höhe des Metacentrums über dem Kiel zu 22 Fuß ergibt. Ebenso verfährt man bei den anderen Wasserlinien und wenn man alle Metacentren abgesetzt und dieselben durch eine Kurve verbunden hat, kann man daraus die metacentrische Höhe bei jedem Tiefgange finden.

Im Gegensatz zu dem Deplacementschwerpunkt und dem Metacentrum ist der Systemsschwerpunkt (von einigen Ausnahmen abgesehen) kein fester Punkt und kann daher dem Schiffsoffizier nicht vom Baumeister geliefert werden. Jede Gewichts- oder Ladungsveränderung hat Einfluß auf den Systemsschwerpunkt, da, wie schon bemerkt, dieser der Mittelpunkt des Gewichtes vom ganzen Schiffe mitsamt der an Bord befindlichen Ladung ist. Die einzigen Lagen also, wo der Systemsschwerpunkt einen festen Platz einnimmt, sind 1) bei leerem Schiffe, leeren Bunkern und ohne Vorräte an Bord, 2) bei vollen Bunkern, vollen Kesseln und mit allen Vorräten an Bord, 3) bei Handelsschiffen, wenn dieselben Bedingungen wie unter 2 erfüllt sind und der Raum mit gleichartiger Ladung gefüllt ist, sodaß das Schiff genau seine Tiefadelinie damit erreicht. Für Jachten ist es genügend, die Lage des Systemsschwerpunktes bei den Lagen unter 1 und 2 zu kennen, einerlei ob es Dampfer oder Segler sind, da sie fast nur unter diesen Bedingungen fahren. Für Schiffe indessen, die auf einer Reise Weizen, auf der nächsten Baumwolle und möglicher Weise auf der dritten Kohlen zc. als Ladung haben, wird der Systemsschwerpunkt selten zweimal nach einander dieselbe Stelle einnehmen, sodaß es ratsam wird, die metacentrische Höhe unter gewissen Ladungsverhältnissen zu bestimmen. Wir werden daher zu zeigen suchen, wie der Schiffsoffizier die metacentrische Höhe selbst bestimmen kann.

Wie man die metacentrische Höhe und die Lage des Systemsschwerpunktes findet. Vielleicht denkt mancher Leser, daß die Methode dieselbe ist, die wir in dem Kapitel „Über Momente“ angedeutet haben. Es ist allerdings wahr, daß man den Systemsschwerpunkt finden könnte, wenn man eine horizontale Linie an der Unterkante des Kiels entlang ziehen und nun alle Gewichte, aus denen das Schiff und die Ladung besteht (Beplattung, Spanten, Decke, Deckbalken, Masten, Vorräte, Ladung, Maschinen, Kessel, Winschen, Spille zc.) mit ihren Höhen über der horizontalen Linie multiplizieren würde; die Summe dieser Momente, durch die Summe aller Gewichte dividiert, würde die Höhe des Systemsschwerpunktes über der horizontalen Linie ergeben. Bei sorgfältiger Ausführung würde

die Methode recht gut sein, aber welche ungeheure Arbeit damit verbunden wäre, wird jedem Leser einleuchten. Glücklicherweise giebt es sowohl eine genaue, als auch eine leichte Methode, durch die man den Systemschwerpunkt in sehr kurzer Zeit durch ein Experiment bestimmen kann. Man muß sich dazu einen möglichst ruhigen Tag aussuchen. Das Schiff, welches entweder im Hafen oder in einem Flusse liegen kann, sollte nur vorn und hinten vertäut werden. Seitliche Befestigungen müssen nicht gebraucht werden und falls etwas Wind sein sollte, ist es möglichst so einzurichten, daß derselbe von vorn oder hinten kommt, damit er keinen Einfluß auf das Ueberhellen des Schiffes habe. Nun bringe man ein bekanntes Gewicht mit seinem Mittelpunkt über die Mittellinie des Schiffes und zwar möglichst auch in der Längsmitte, welches so schwer ist, daß, wenn es nach Steuerbord oder Backbord bewegt wird, das Schiff davon 5° oder 6° überhellt.

Dieses Gewicht kann aus irgend welchen schweren Stoffen bestehen, nur muß man die Schwere und den Mittelpunkt des Ganzen genau bestimmen können.* Man kann hierzu Big-Eisen** oder Ballasteisen gebrauchen. Dieses sollte je nach der Größe des Schiffes über einen möglichst kleinen Platz verstaут werden und kann von 1 Ton oder weniger bis 15 Tons oder mehr wiegen.

Nachdem dieses gethan, muß man sorgfältig den Tiefgang des Schiffes notieren. Angenommen, derselbe sei

13' 6" vorn } also mittlerer Tiefgang 14 Fuß.
14' 6" hinten }

Dann findet man nach der Deplacementskala, daß das Schiff nun ein Displacement von 1400 Tons hat. (Fig. 3). In der Mittellinie des Schiffes hängt man jetzt 2 Lote, das eine vorn und das andere hinten. Die Leinen, an welchen die Lote hängen, macht man gleich lang. Wir wollen in unserm Falle annehmen, daß die Länge vom Aufhängungspunkt ab genau 8 Fuß sei. Man muß darauf achten, daß die Mittellinie des Schiffes und die durch die Lote angezeigte Senkrechte übereinstimmen. Nachdem alle diese Vorbereitungen sorgfältig gemacht sind, kann man mit dem Experiment beginnen.

Man läßt das Gewicht von (beispielsweise) 12 Tons von mittschiffs nach Steuerbord schaffen und zwar möglichst weit (in unserm Falle 14 Fuß). Diese Entfernung von 14 Fuß wird gemessen von der Mitte des Gewichtes in der ersten, bis zur Mitte des Gewichtes in der zweiten Lage. Darauf sieht man nach den Loten und findet, daß die Abweichung des vorderen von der senkrechten auf 8 Fuß

* Auf eine verlässliche und passende Weise läßt sich dieses erreichen, wenn man einen großen Frischwassertank an jeder Schiffseite hat. Ist das Gewicht des in demselben befindlichen Wassers genügend, so kann man es für Krängungszwecke benutzen.

** Alle an Bord befindlichen Gewichte müssen unverrückbar sein und kein Wasser in der Kinn und im Doppelboden.

Länge (beispielsweise) $5\frac{1}{2}$ Zoll beträgt, während dieselbe hinten 6 Zoll ist. Jetzt läßt man die Gewichte nach der Backbordseite schieben und zwar gleichfalls 14 Fuß von der Mittellinie. Bei den Loten findet man vorn eine Abweichung von $6\frac{1}{4}$ Zoll und hinten eine solche von $5\frac{3}{4}$ Zoll.

Addiert man diese 4 Abweichungen und dividirt dann die Summe durch 4, so erhält man folgende mittlere Abweichung:

Backbord vorn	= $6\frac{1}{4}$
" hinten	= $5\frac{3}{4}$
Steuerbord vorn	= $5\frac{1}{2}$
" hinten	= 6

$$23\frac{1}{2} : 4 = 5,875 \text{ Zoll mittl. Abweichung.}$$

Nachdem man dieses Ergebnis erlangt hat, ist der praktische Teil des Experiments abgeschlossen, das übrige ist einfache Rechnung. Es müssen drei Resultate gefunden werden.

1. Wie weit der System Schwerpunkt sich nach der Seite verschoben hat. Vielleicht wird hier jemand einwenden, der wirkliche System Schwerpunkt sei noch gar nicht gefunden. Das ist allerdings wahr, trotz alledem können wir aber angeben, wie weit er sich in der Richtung der verlegten Gewichte verschoben hat. In Kapitel II. „Über Momente“ haben wir die Regel aufgestellt: Multipliziere das Gewicht mit der Entfernung, um welche es bewegt wurde und dividiere dann durch das Totalgewicht. Nun ist

das bewegte Gewicht = 12 Tons.

Die Entfernung = 14 Fuß, und das Totalgewicht ist gleich dem Deplacement, welches wir zu 1400 Tons gefunden haben. Also ist

$$\frac{12 \cdot 14}{1400 \text{ Tons Deplacement}} = 0,12 \text{ Fuß} = \text{der Entfernung, um welche der System Schwerpunkt sich in einer Richtung, parallel der Verbindungslinie der Gewichte in der ursprünglichen und späteren Position, bewegt hat.}$$

2. Darauf müssen wir die Cotangente des Winkels finden, um den das Schiff geneigt wurde. Dieses erreichen wir, indem wir die Länge des Lotes in Zollen durch die oben gefundene mittlere Abweichung in Zollen dividieren.

$$\frac{8 \cdot 12}{5,875} = 16,3 = \text{Cotangente des Neigungswinkels.}$$

Obgleich wir den Neigungswinkel selbst bei dieser Berechnung nicht brauchen, kann man denselben leicht aus der Tafel für Cotangenten am Ende des Buches entnehmen. Wir sehen daraus, daß das Überhellen des Schiffes $3\frac{1}{2}^\circ$ betragen hat.

3. Der letzte Teil der Operation besteht darin, die metacentrische Höhe oder die Entfernung zwischen dem System Schwer-

punkt und dem Metacentrum zu finden. Dieses geschieht in der Weise, daß man die Verschiebung des System Schwerpunktes mit der Cotangente des Neigungswinkels multipliziert.

$0,12 \cdot 16,3 = 1,95$ Fuß Höhe des Metacentrums über den System schwerpunkt.

Dieses Resultat ist die metacentrische Höhe des Schiffes in seinem jetzigen Zustande, d. h. mit den Gewichten, welche wir zum Überhellen gebraucht haben, auf dem oberen Deck. Es ist nun nicht anzunehmen, daß diese Gewichte dort verbleiben werden, wenn das Schiff seine Reise antritt. Sollte das Gewicht nur an Bord gebracht worden sein, um den Krängungsversuch zu machen und kommt es nachher wieder an Land, so muß eine Berichtigung der metacentrischen Höhe vorgenommen werden, denn es ist klar, daß durch das an Deck, sagen wir 8 Fuß über dem System schwerpunkt, befindliche Gewicht derselbe höher zu liegen kommt, als wenn dasselbe nicht an Bord wäre. Nimmt man daher das Gewicht weg, so wird der Schwerpunkt wieder sinken. Alsdann giebt uns das mit seiner Entfernung vom System schwerpunkt multiplizierte Gewicht, dividirt durch das Totalgewicht, welches um das zu dem Experiment gebrauchte Gewicht zu verringern ist, die Entfernung an, um welche der System schwerpunkt erniedrigt wird. Es ergeben sich sonach

$$\frac{12 \cdot 8}{1400 - 12} = \frac{96}{1388} = 0,06 \text{ Fuß, um welche der System schwerpunkt erniedrigt wird.}$$

Nach der Entfernung des Gewichtes liegt der System schwerpunkt demgemäß $1,95 + 0,06 = 2,01$ Fuß unter dem Metacentrum.

Nun wollen wir noch den Fall annehmen, daß das zum Überhellen gebrauchte Gewicht an Bord bleibt, vielleicht als Teil des Ballastes. Staut man dann dasselbe wieder in den Raum, so wird selbstverständlich auch der System schwerpunkt niedriger zu liegen kommen und wir finden, wie vorhin: (Gewicht \cdot Weg) : Deplacement = der Entfernung, um welche sich der System schwerpunkt nach unten verschoben hat. Nehmen wir an, die Entfernung vom Mittelpunkt des Gewichtes an Deck bis zum Mittelpunkt des Gewichtes im Raum betrage 15 Fuß, dann ist

$$\frac{12 \cdot 15}{1400} = 0,12 \text{ Fuß die Entfernung, um welche sich der System schwerpunkt nach unten verschoben hat.}$$

Die berichtigte metacentrische Höhe ist daher

$$1,95 + 0,12 = 2,07 \text{ Fuß.}$$

Nachdem wir uns mit dem Deplacements schwerpunkt, Metacentrum und System schwerpunkt bekannt gemacht, sowie einigermaßen mit den Ursachen, welche dieselben beeinflussen, auch den ein- und

austauchenden Keilen beim Überhellen des Schiffes unsere Aufmerksamkeit geschenkt haben, sind wir fähiger, diesen Gegenstand weiter zu verfolgen und zu sehen, wie sich die Hebel und der Umfang der Stabilität eines Schiffes bei größeren Neigungswinkeln verhalten.

So wertvoll die Kenntniss der metacentrischen Stabilität (d. h. Stabilität bei sehr kleinen Neigungen) unter gewissen Umständen sein kann, so ist sie allein kein sicheres Kennzeichen für die Sicherheit des Schiffes, wenn dasselbe schwerem Wetter und außerordentlichen überhellenden Kräften unterworfen wird.

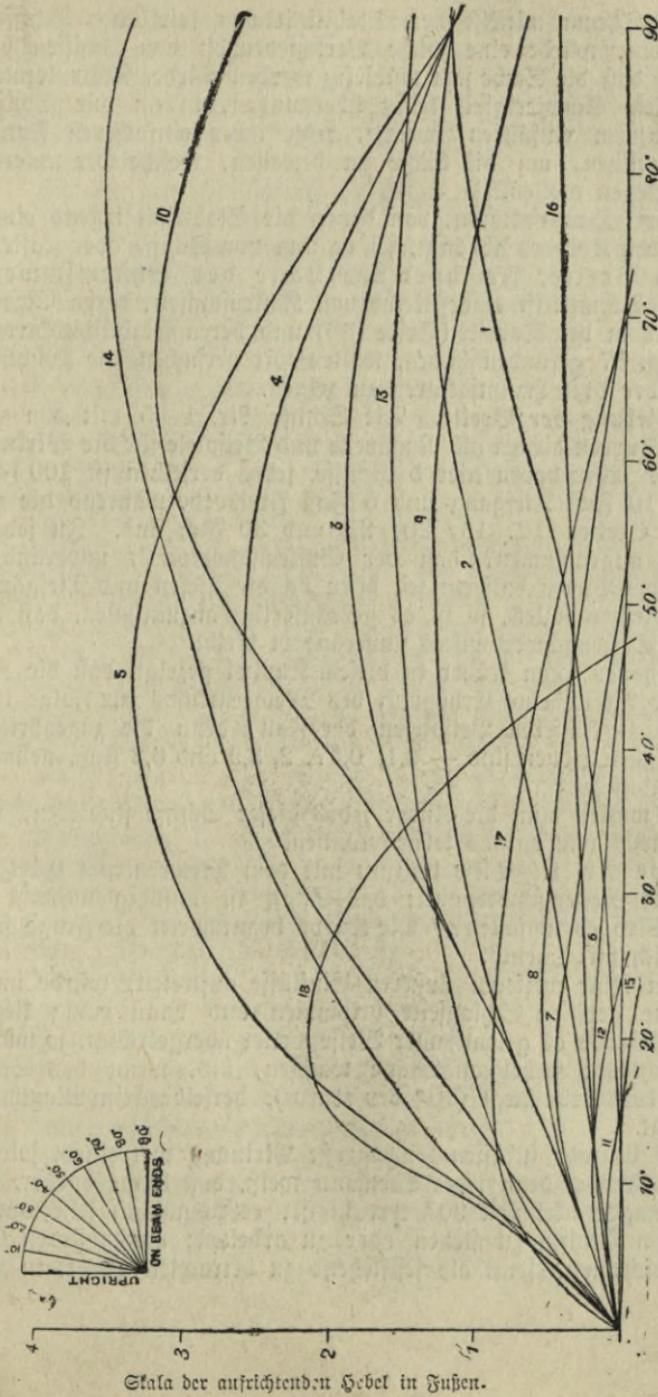
Ein beladenes Schiff mag z. B. einen Fuß metacentrische Höhe haben und damit bei kleinen Neigungen gewöhnlich eine gute aufrichtende Kraft; vielleicht vermindert sich indessen diese aufrichtende Kraft bei größerem Neigungswinkel rasch und verschwindet schließlich ganz und gar.

Ein anderes Schiff hat vielleicht nur 6 Zoll metacentrische Höhe mit einem kleinen aufrichtenden Moment für geringe Neigungswinkel, dagegen kann der Umfang der Stabilität groß sein und das Schiff eine gute aufrichtende Kraft bei großen Neigungen besitzen.

Es ist daher klar, daß wir die Sache weiter untersuchen müssen, um herauszufinden, was in den Abmessungen oder sonstigen Verhältnissen die Stabilität so sehr unter allen Neigungswinkeln beeinflusst.

No.	Dimensionen* L. B. D. in Fuß.	Freibord in Fuß und Zoll.	Entfernung des Systemschwer- punktes von unten in Fuß.	Metacentrische Höhe in Fuß.	Bemerkungen.
1	100 • 12 • 10	5 0	6,3	— 0,1	Einfluß der Breite, bei sonst unveränderten Be- dingungen.
2	100 • 15 • 10	5 0	6,3	+ 0,57	
3	100 • 20 • 10	5 0	6,3	+ 2	
4	100 • 25 • 10	5 0	6,3	+ 3,9	
5	100 • 30 • 10	5 0	6,3	+ 6,2	
6	100 • 20 • 10	1 0	6,3	+ 2	Einfluß der Vermehrung des Freibords bei sonst unveränderten Bedin- gungen.
7	100 • 20 • 10	1 6	6,3	+ 2	
8	100 • 20 • 10	2 0	6,3	+ 2	
9	100 • 20 • 10	4 0	6,3	+ 2	
10	100 • 20 • 10	8 0	6,3	+ 2	Wirkung des veränderten Systemschwerpunktes bei sonst unveränderten Be- dingungen.
11	100 • 20 • 10	1 6	8,05	+ 0,25	
12	100 • 20 • 10	1 6	7,3	+ 1	
13	100 • 20 • 10	1 6	4,3	+ 4	
14	100 • 20 • 10	1 6	2,3	+ 6	
15	100 • 12 • 10	1 6	6,3	— 0,1	
16	100 • 12 • 10	1 6	5,3	+ 0,9	
17	100 • 30 • 10	1 6	6,2	+ 6,2	
18	100 • 30 • 4	16 0	14,5	+ 6,2	

* L = Länge. B = Breite. D = Tiefgang. (draught.)



Skala der Neigungswinkel in Grad.
 On beam Ends = Platt auf Seite. Upright = Aufrecht.

Fig. 87. — Stabilitätskurven.

Skala der aufrechtstehenden Hebel in Fuß.

Dieses Thema mittelst der Stabilität von wirklichen Schiffen zu behandeln, würde eine solche Verschiedenheit von Schiffen beanspruchen, daß die Sache sehr mühselig werden würde. Wir können indessen diese Schwierigkeit leicht überwinden, indem wir Schiffe von Kastenform einführen, welche, trotz ihrer einfacheren Form, dennoch genügen, um die Sätze zu beweisen, welche wir unseren Lesern klarlegen wollen.

Die drei Hauptfaktoren, von denen die Stabilität irgend eines schwimmenden Körpers abhängt, sei er nun von Schiff- oder Kastenform, sind Breite, Freibord und Lage des Systemschwerpunktes. Vermittelst einer Reihe von Kastenschiffen, deren Eigenschaften wir in der Tabelle (Seite 136) und deren Stabilitätskurven wir in Fig. 87 gefunden haben, wollen wir versuchen, die Wichtigkeit jedes der drei Hauptfaktoren zu zeigen.

1. Wirkung der Breite. Die Schiffe Nr. 1—5 mit den zugehörigen Kurven dienen als Nachweise und Beispiele für die Wirkung der Breite. Wir haben hier 5 Schiffe, jedes derselben ist 100 Fuß lang, hat 10 Fuß Tiefgang und 5 Fuß Freibord, während die zugehörigen Breiten 12, 15, 20, 25 und 30 Fuß sind. In jedem Falle ist angenommen, daß der Systemschwerpunkt unverändert 6,3 Fuß vom Boden entfernt sei, denn da die Tiefen und Tiefgänge dieselben bleiben sollen, so ist es gerechtfertigt anzunehmen, daß die Lage des Systemschwerpunktes unverändert bleibt.

Wir haben schon früher in diesem Kapitel gezeigt, daß die Zunahme der Breite eine Erhöhung des Metacentrums zur Folge hat. Dieses ist in unseren Beispielen der Fall, denn die zugehörigen metacentrischen Höhen sind — 0,1, 0,57, 2, 3,9 und 6,2 Fuß, nehmen also beständig zu.

Wir wollen nun die Kurve jedes dieser Schiffe studieren, um zu sehen, was wir daraus lernen können.

Kurve Nr. 1. Diese beginnt mit dem Metacentrum 0,1 Fuß unter dem Systemschwerpunkt; das Schiff ist unfähig aufrecht zu stehen. Wird es umfallen? Die Kurve beantwortet die Frage sehr nachdrücklich mit „nein“.

Wenn keine weiteren äußeren Einflüsse auftreten, würde unser Schiff eine geringe Schlagseite bekommen und dann ruhig liegen bleiben. Würde es gewaltsamer Weise weiter übergekrängt, so würde der aufrichtende Hebel an Länge wachsen, bis, wenn das Schiff platt auf der Seite liegt (90° der Kurve), derselbe sein Maximum erreicht hat.

Man braucht indessen keine große Meinung von einem solchen Schiffe zu haben, denn jeder Seemann weiß, daß lange vorher, ehe der Neigungswinkel von 90° erreicht ist, es unmöglich sein würde, auf solchem Schiffe zu stehen oder zu arbeiten; auch würden Gewichte, welche man sonst als feststehend zu betrachten pflegt, in Be-

wegung geraten, und es müßte eine unvermeidliche Katastrophe erfolgen. Wenn die Hebel der Stabilität gut sind bis zu 50° oder 60° , und alsdann abnehmen, um bei 90° ganz zu verschwinden, braucht man sich keine große Sorge zu machen, denn man betrachtet ein Schlingern von 30° oder 40° nach jeder Seite schon als ganz außergewöhnlich.

Wären wir in unserm speziellen Falle nur durch die metacentrische Höhe geleitet worden, so möchten wir zu dem Schlusse gekommen sein, die Lage des Schiffes als gefährlicher anzusehen, wie sie in Wirklichkeit ist. Gewiß ist das Schiff zu rauh, aber es fehlt demselben nur etwas Ballast im Boden, wenn es nicht bis zur Tiefadelinie geladen ist, oder die Ladung muß umgestaut werden, sodaß die schweren Gewichte niedriger zu liegen kommen, damit man eine größere metacentrische Höhe erhält.

Jede dieser Methoden würde eine große Verbesserung in der Lage des Schiffes zur Folge haben. Weitere Bemerkungen über diesen Schiffstyp werden wir später in dem Abschnitt über „Schlingern“ und „Verhalten auf See“ machen.

Kurve Nr. 2. Der Unterschied zwischen diesem und dem vorhergehenden Schiffe liegt darin, daß wegen der um 3 Fuß vergrößerten Breite das Metacentrum höher gerückt ist, so daß die metacentrische Höhe jetzt 0,57 Fuß beträgt. Die Kurve zeigt längere Hebelarme bis zu 90° Neigung, wo sie die vorhergehende Kurve schneidet. Das Schiff ist daher steifer und hat eine größere aufrichtende Kraft bis zu diesem Punkte; das Maximum des aufrichtenden Hebels wird indessen früher als bei Nr. 1 erreicht.

Kurve Nr. 3. Die Breite ist nun 20 Fuß, das Metacentrum steigt noch weiter, und die metacentrische Höhe beträgt schon 2 Fuß.

Kurve Nr. 4. Hier ist die Breite 25 Fuß, mit einem noch höheren Metacentrum und einer metacentrischen Höhe von 3,9 Fuß.

Kurve Nr. 5. Die Breite hat bis 30 Fuß zugenommen; infolge davon ist das Metacentrum soweit gestiegen, daß die metacentrische Höhe jetzt 6,2 Fuß beträgt.

Wir wollen nun sehen, was wir für Schiffe mit zunehmender Breite aus diesen Kurven lernen können.

Erstens. Mit jeder Breitenvermehrung und daraus hervor-
gehender Zunahme der metacentrischen Höhe steigen die Kurven steiler in die Höhe, wodurch eine Vergrößerung der Steifigkeit und des Krängungswiderstandes angezeigt wird.

Zweitens. Jede folgende Kurve erreicht eine größere Höhe wie die vorhergehende, was einen längeren Maximal-Hebel der Stabilität und deshalb ein größeres aufrichtendes Moment bedingt.

Drittens. In jeder folgenden Kurve wird der Maximal-Hebel der Stabilität bei einem kleineren Neigungswinkel erreicht.

Viertens. In jeder Kurve verschwindet der Hebel der Stabilität bei einem kleineren Neigungswinkel wie bei der vorhergehenden.

Beim Beurteilen dieser Kurven möchten wir zuerst geneigt sein, das schnelle Zunehmen in der Länge der aufrichtenden Hebel bei den späteren Kurven allein der Zunahme der metacentrischen Höhe, welche von der vermehrten Breite herrührt, zuzuschreiben; aber ein weiterer Vergleich der Kurven wird uns zu einem anderen, richtigeren Schluß führen.

2. Wirkung des Freibords. Kurve Nr. 6. Das Schiff, welches durch diese Kurve dargestellt wird, hat dieselbe Länge, Breite, Tiefgang, metacentrische Höhe und dieselbe Höhe des Systemschwerpunktes über der Unterkante des Bodens wie Nr. 3. Anstatt 5 Fuß Freibord hat es nur 1 Fuß. Man betrachte jetzt die Wirkung in der Kurve. Anstatt des hochgewölbten Bogens der Kurve Nr. 3, welche ihren Maximalhebel von 1,9 Fuß bei etwa 60° Neigung erreicht und weit nach 90° Neigung erst verschwindet, zeigt Nr. 2 niemals einen Hebel über 0,2 Fuß und dieses bei 20° Neigung, während die Kurve bei einem Winkel von weniger als 50° gänzlich verschwindet.

Kurve Nr. 7 bezieht sich auf ein gleiches Schiff mit 1,5 Fuß Freibord,

"	"	8	"	"	"	"	"	"	"	2	"	"
"	"	9	"	"	"	"	"	"	"	4	"	"
"	"	10	"	"	"	"	"	"	"	8	"	"

Wir wollen sehen, was uns diese letzten Kurven lehren.

Erstens. Große Breite mit guter metacentrischer Höhe, ohne die Unterstützung eines passenden Freibords giebt keine Garantie für einen genügenden Umfang oder für gute Hebel der Stabilität. Dieses zeigt sich deutlich, wenn man die Kurven Nr. 6 und 7 mit Nr. 3, und Nr. 17 mit Nr. 5 vergleicht. Die letzten zwei stellen mit Ausnahme des Freibords dieselben Schiffe dar; der Freibord beträgt 1 Fuß 6 Zoll im ersteren und 5 Fuß im letzteren Fall. Der große Unterschied der Kurven, welchen man nur dem Freibord zuschreiben kann, ist augenscheinlich.

Zweitens. Zunahme im Freibord bei unverminderter metacentrischer Höhe vermehrt nicht nur die Länge der Hebel, sondern der Maximalhebel wird auch in jedem Falle erst bei einem größeren Neigungswinkel erreicht und ebenso wird der Gesamtbetrag der Stabilität vergrößert. Die Kurven Nr. 6, 7, 8, 9 und 10 mit ihrem zunehmenden Freibord beweisen dieses; jede der ersten vier nähert sich der Reihe nach Nr. 3, während Nr. 10 mit dem großen Freibord von 8 Fuß auch diese weit übertrifft, sowohl was den Maximalhebel als die Gesamt-Ausdehnung der Stabilität betrifft.

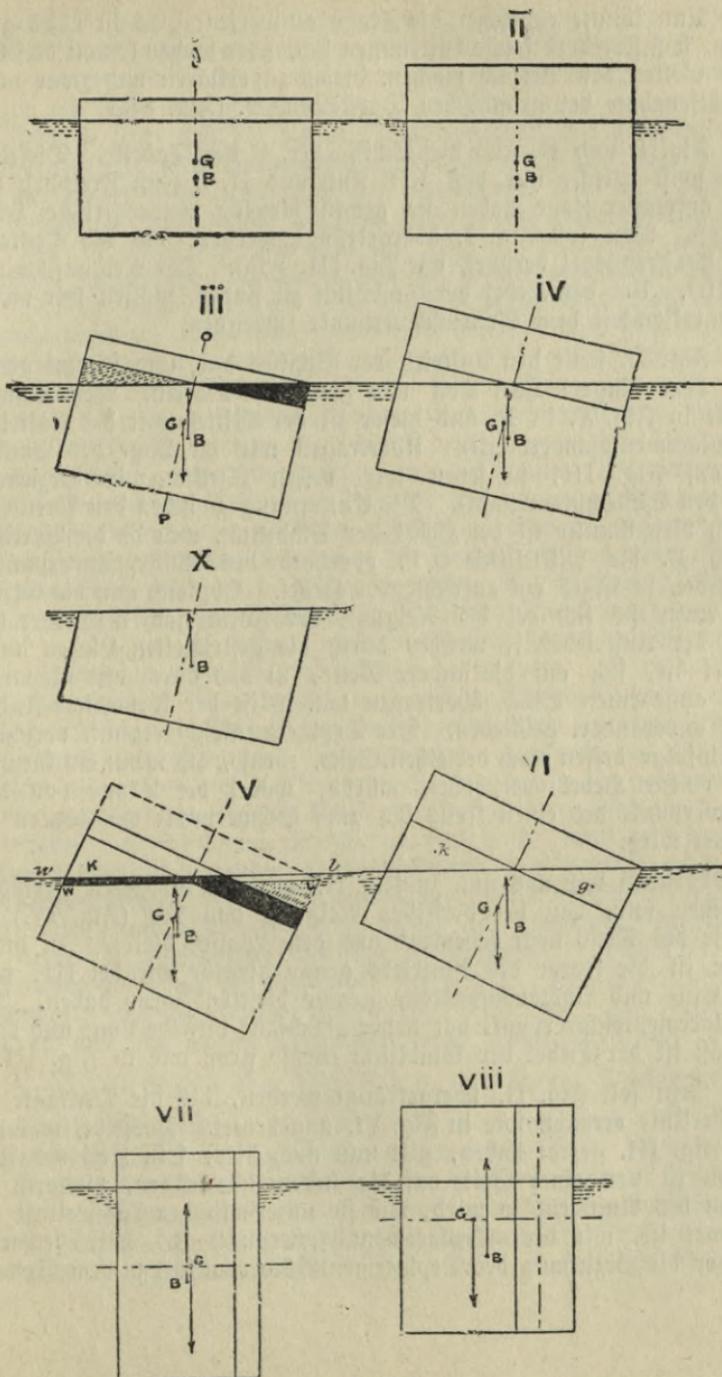


Fig. 88. — Wirkung des Freibords auf die Stabilität.

Nun könnte ein Leser die Frage aufwerfen: „Es ist alles ganz schön, daß Freibord solche Wirkungen hat, aber woher kommt dieses?“ Wir wollen den Versuch machen, dieses zu erklären und zwar unter Zuhilfenahme der graphischen Darstellungen. (Fig. 88.)

Fig. I. und II. sind die Schiffe Nr. 8 der Tabelle. Dieselben sind sonst gleich, nur daß I. 2 Fuß und II. 5 Fuß Freibord hat. In aufrechter Lage haben sie genau dieselbe metacentrische Höhe, 2 Fuß. Nun soll Fig. I. übergekrängt werden, bis die Deckkante den Wasserpiegel berührt, wie Fig. III. zeigt. Der Neigungswinkel ist 10° . Um den Hebel der Stabilität zu finden, müssen wir unsere Aufmerksamkeit dem Systemsschwerpunkt zuwenden.

Fig. X. stellt den Auftrieb des Schiffes dar, und stimmt genau mit dem eingetauchten Teil von Fig. III. überein. Der Schwerpunkt in Fig. X. ist B. und dieser ist der Mittelpunkt des Auftriebs (Displacementschwerpunkt). Übertragen wir die Lage des Punktes B. auf Fig. III, so sehen wir dessen Stellung in Beziehung auf den Systemsschwerpunkt. Die Entfernung zwischen den Vertikalen durch diese Punkte ist der Hebel der Stabilität, und da die Vertikale durch B. die Mittellinie O. P. oberhalb des Systemsschwerpunktes schneidet, so ist es ein aufrichtender Hebel. Obgleich nun die Gestalt des Auftriebs sich bei der Neigung der Form nach verändert hat, weil der Auftriebskeil, welcher durch die gestrichelten Linien angedeutet ist, sich auf die andere Seite, in das durch den schwarzen Keil angedeutete Stück, übertragen hat, so ist der körperliche Inhalt doch unverändert geblieben. Der Displacementschwerpunkt verschiebt sich infolge dessen nach derselben Seite, ebenso, als wenn ein Gewicht auf einem Hebel verschoben würde, wobei die Länge von dem Schwerpunkt des einen Keils bis zum Schwerpunkt des andern gerechnet wird.

Wenden wir uns nun zu Fig II. mit dem größeren Freibord, so sehen wir, daß bei derselben Neigung von 10° (Fig. IV.) die Kante des Decks noch bedeutend aus dem Wasser bleibt. In dieser Lage ist die Form des Auftriebs genau dieselbe wie bei III, weil die Ein- und Austauchungskeile genau dieselbe Form haben. Der Displacementschwerpunkt hat daher gleichfalls dieselbe Lage und demgemäß ist der Hebel der Stabilität ebenso groß wie in Fig. III.

Jetzt soll Fig. II. übergekrängt werden, bis die Deckkante die Wasserlinie erreicht, wie in Fig. VI. angedeutet. Dasselbe, was wir für Fig. III. gesagt haben, gilt nun auch hier: Ein Keil des Auftriebs ist von einer Seite auf die andere übertragen, wodurch die Form des Auftriebs so wird, wie sie unterhalb der Wasserlinie gezeichnet ist, mit dem Displacementschwerpunkt B. Wir bemerken wieder die Beziehung des Displacementschwerpunktes zu dem System-

schwerpunkt und finden einfach deswegen einen vergrößerten Hebel der Stabilität, weil ein größerer Keil übertragen worden ist, und zwar auf die Entfernung von k nach g (der Abstand der Schwerpunkte der Keile von einander).

Fig. I. zeigt uns bei diesem Neigungswinkel ein ganz anderes Bild (Fig. V.) Ein austauchender Keil ist wohl da, aber wegen des geringeren Freibords kann der eintauchende Keil nicht derselbe sein. Die punktierte Linie zeigt die Grenze des größeren Auftriebs von Fig. VI. Nehmen wir nun an, Fig. V. schwämme im übergehellen Zustande in der Wasserlinie $W. L.$ mit dem austauchenden Keil $K.$, so sollte ein Keil von gleichem körperlichen Inhalt eingetaucht werden. Dies kann jedoch nicht der Fall sein, weil der eintauchende Keil um den Inhalt des durch die gestrichelten Linien angedeuteten kleinen Theils verringert wird. Nun muß aber der körperliche Inhalt des austauchenden Theils, einerlei von welcher Gestalt derselbe ist, gleichen Inhalt mit dem eingetauchten Teil haben und da derselbe, wie schon gezeigt, um den kleinen Keil verringert wird, so kann dieser Verlust an Auftrieb nur wieder erlangt werden, wenn das Schiff einen größeren Tiefgang bekommt, wodurch der Auftrieb des verlorenen Keils an der Wasserlinie ausgebreitet und die neue Wasserlinie $w. l.$ geschaffen wird. Der schwarze Teil der Figur zeigt den jetzt eingetauchten Auftrieb. Es kommt nun vor allem darauf an, zu finden, welchen Einfluß dieser neugewonnene Auftrieb auf den Hebel der Stabilität haben wird. Je mehr Auftrieb auf diejenige Seite kommt, nach welcher sich der Deplacementschwerpunkt schon verschoben hat, desto weiter wird sich dieser letztere nach jener Seite bewegen. Der geringere Freibord des Schiffes, welcher wiederum den Auftriebsverlust des durch die gestrichelten Linien angedeuteten kleinen Keils zur Folge hat, verhindert das Verschieben des Deplacementschwerpunktes nach rechts und da der verlorene Auftrieb über die ganze Schwimmebene verteilt wird, so muß augenscheinlich der Deplacementschwerpunkt wieder mehr nach links rücken; daher der geringere Hebel der Stabilität, verglichen mit Figur VI. Sehen wir uns nun die Figuren VII. und VIII. an, so erkennen wir, daß die Schiffe 90° überliegen. Der Deplacementschwerpunkt läßt sich in diesen Fällen leicht bestimmen. Für Fig. VII. liegt er auf der halben Entfernung vom Boden bis zum Deck, also $\frac{10 + 2}{2} = 6$ Fuß über dem Boden, und da der Deplacementschwerpunkt 6,3 Fuß von unten liegt, so folgt, daß wir einen kippenden Hebel von 0,3 Fuß erhalten. Fig. VIII. genießt aber den Vorteil des Auftriebs, welchen der größere Freibord gewährt, der in der Figur rechts von der punktierten Linie zum Ausdruck kommt. Dieses hat natürlich eine Verschiebung des Deplacementschwerpunktes nach rechts zur Folge, und seine Lage ist nun

$\frac{10+5}{2} = 7,5$ Fuß von unten: der anfrichtende Hebel wird also $7,5 - 6,3 = 1,2$ Fuß.

Diese Bemerkungen werden mit Hinzuziehung der Figuren genügen, um die Wichtigkeit des Freibords als großen Faktor in bezug auf Stabilität erkennen zu lassen.

3. Wirkung der Lage des Systemsehwerpunktes. Wir wollen nun dazu übergehen, den Fall zu untersuchen, daß die metacentrische Höhe nicht durch Vergrößerung der Breite, also Erhöhung des Metacentrums, sondern unter Beibehaltung derselben Breite und Lage des Metacentrums, durch Erniedrigung des Systemsehwerpunktes gewonnen wird.

Man erreicht dieses bei Frachtdampfern und Seglern, welche verschiedenartige Güter laden, dadurch, daß man die schweren Gewichte nach unten verstaut; aber in noch viel größerem Maße kann man es bei Yachten durch festen Ballast bewirken, indem hierdurch der Systemsehwerpunkt fast in jede gewünschte Lage gebracht werden kann.

Die Kurven Nr. 11, 12, 7, 13 und 14 sind für Schiffe von 100 Fuß Länge, 20 Fuß Breite und 10 Fuß Tiefgang mit 1 Fuß 6 Zoll Freibord gezeichnet; das Metacentrum hat daher dieselbe Höhe von der unteren Bodenfläche jedes Schiffes an gerechnet, nämlich 8,3 Fuß. Der einzige Unterschied bei diesen Schiffen ist die Höhe des Systemsehwerpunktes.

Für Nr. 11	liegt der Systemsehwerpunkt	0,25	Fuß	unter dem Metacentrum,				
" "	12	" "	"	"	1,0	"	"	"
" "	7	" "	"	"	2,0	"	"	"
" "	13	" "	"	"	4,0	"	"	"
" "	14	" "	"	"	6,0	"	"	"

Die Wirkung dieser Veränderung in der Lage des Systemsehwerpunktes wird durch die Kurven klar gelegt. Erstens, bei einem bestimmten Tiefgang, wird durch jede Verschiebung des Systemsehwerpunktes nach unten, wodurch eine größere metacentrische Höhe erlangt wird, sowohl der Hebel als auch die Ausdehnung der Stabilität vergrößert. Zweitens steigt jede Kurve steiler wie die vorhergehende auf, wodurch größere Steifigkeit angezeigt wird.

Die Wirkung der Breite auf die Stabilität haben wir schon betrachtet. Wir wollen jetzt annehmen, daß ein Schiff, welches in jeder Weise gleichartig mit Nr. 14 ist, 10 Fuß verbreitert würde. Die Wirkung ist eine Erhöhung des Metacentrums und der metacentrischen Höhe. Nun soll der Systemsehwerpunkt auch erhöht werden und zwar von 2,3 Fuß über dem Schiffsboden bis zu 6,3 Fuß; die metacentrische Höhe ist dann 6,2 Fuß, und man erhält ein Schiff

wie Nr. 17. Nr. 14 und Nr. 17 unterscheiden sich also eigentlich nur in der Breite.

Mitunter täuscht man sich in solchem Falle, da man denkt, daß das breite Schiff, selbst mit derselben metacentrischen Höhe, besser ist, als das schmalere von derselben Rauntiefe und demselben Freibord. Vergleicht man die Kurven dieser zwei Schiffe, so sieht man, daß die Stabilität ganz verschieden ist, indem das schmalere Schiff in jeder Beziehung eine größere Stabilität besitzt wie das breite, ausgenommen vielleicht am Anfang der Kurve.

Wie geht dieses zu? Erstens verlor das Schiff den durch die vergrößerte Breite erlangten Vorteil der vermehrten metacentrischen Höhe durch die Erhöhung des Systemschwerpunktes, wodurch die metacentrische Höhe in beiden Fällen die gleiche wird. Nun könnte vielleicht ein Leser wieder die Frage aufwerfen: „Warum sind die Kurven nicht dieselben, da die metacentrische Höhe für beide Schiffe gleich gemacht ist?“ Dieser Irrtum wird oft begangen, und wir haben schon früher gesagt, daß die metacentrische Stabilität keine Richtschnur für den Umfang der Stabilität des Schiffes abgibt, sondern nur auf kleine Neigungswinkel paßt. Bis zu 7° oder 8° sind die Kurven ungefähr gleich, dann müssen wir unsere Aufmerksamkeit aber dem Deplacementschwerpunkt zuwenden und dessen Verschiebungen in bezug auf den Systemschwerpunkt verfolgen.

In A. und B., Fig. 89 verschwindet der Hebelarm der Stabilität, weil sich die Schiffe in aufrechter Lage und vollkommen im Gleichgewicht befinden mit dem Systemschwerpunkt, dem Deplacementschwerpunkt und dem Metacentrum (letzteres nicht dargestellt) in derselben senkrechten Linie a b. In Fig. C. und D. sind dieselben Schiffe 45° übergehellt. Man sieht nun, daß die Hebel der Stabilität in dieser Lage sehr verschieden sind und derjenige bei dem kleineren Schiffe bedeutend größer ist. Dieses Resultat ist sowohl dem Deplacementschwerpunkt als auch dem Systemschwerpunkt zuzuschreiben, jedoch hauptsächlich dem letzteren. Sehen wir uns zunächst den Deplacementschwerpunkt an, so finden wir, daß sowohl in C. als auch in D. wegen des geringen Freibords die Deckkante schon bei kleinen Neigungswinkeln eintaucht. Dieser Umstand wirkt sofort der Verschiebung des Deplacementschwerpunktes nach rechts entgegen, doch ist C. gegen D. im Vorteil, weil es bei ersterem schon größerer Neigung bedarf, um die Deckkante ins Wasser zu bringen.

Richten wir nun unser Augenmerk auf den Systemschwerpunkt, so finden wir in diesem den Hauptfaktor, welcher den großen Unterschied in den Hebeln der Stabilität bewirkt. Zuerst fällt die ungleiche Entfernung von dem Boden des Schiffes in der Linie a b auf, obgleich die metacentrischen Höhen bei aufrechter Lage etwa die gleichen sind. Bei Fig. B. ließ sich wegen der großen Breite leicht eine gute metacentrische Höhe erreichen, aber bei Fig. A. mußten wir

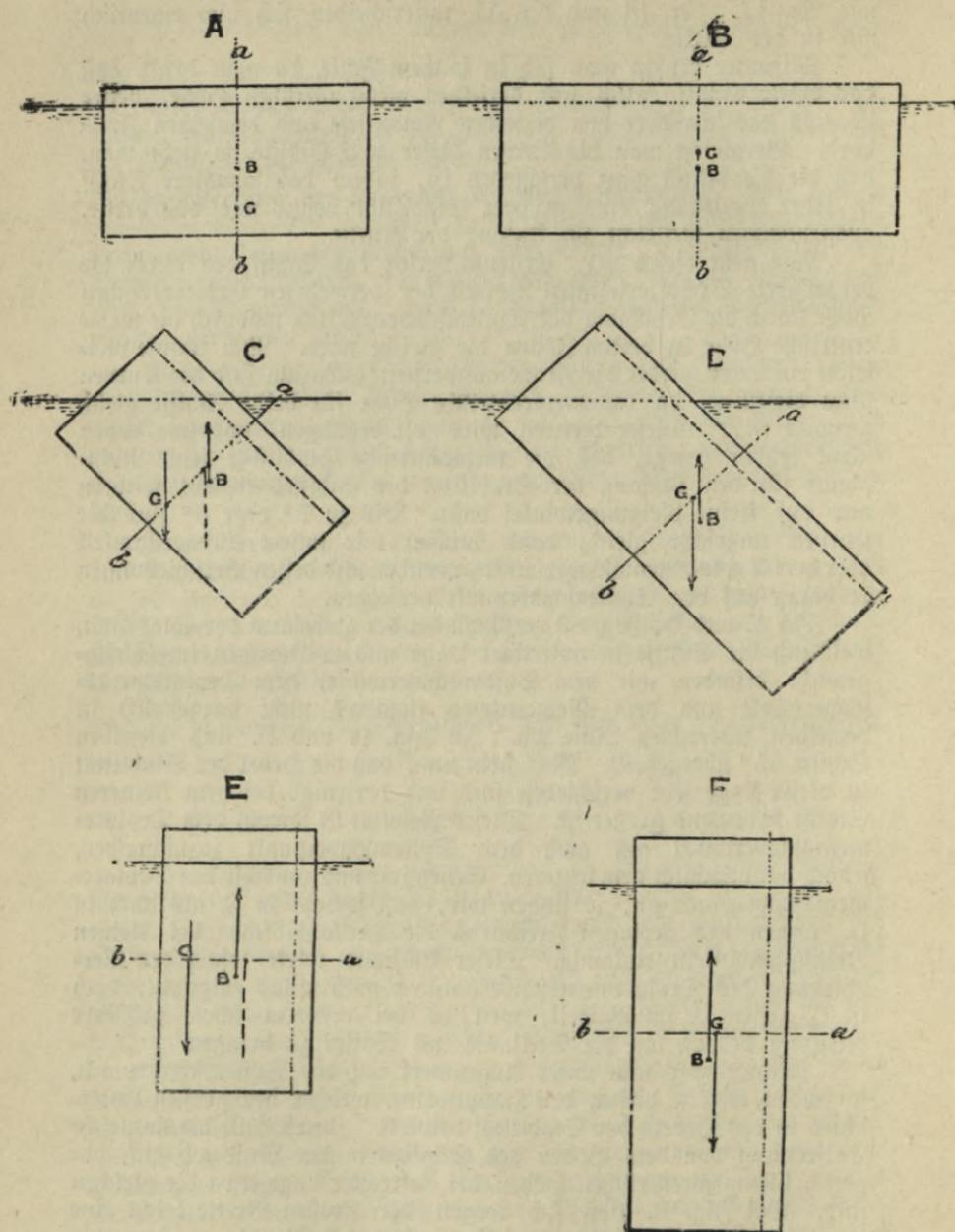


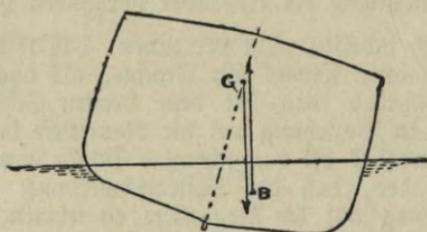
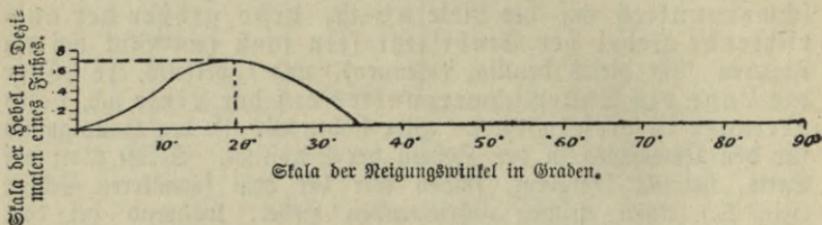
Fig. 89. — Vergleich von Schiffen mit verschiedener Breite und gleichen metacentrischen Höhen.

wegen der bedeutend geringeren Breite den System Schwerpunkt ein großes Stück nach unten verlegen, um dieselbe metacentrische Höhe wie bei B. zu bekommen. Daher der Unterschied in ihren Lagen. Man bemerkt nun, daß, je niedriger die Lage des System Schwerpunktes auf der Linie ab ist, desto größer der aufrichtende Hebel der Stabilität sein muß (ein Blick auf die Figuren läßt dieses deutlich erkennen), und anderseits, je höher die Lage des System Schwerpunktes auf der Linie ab, desto geringer ist dieser Hebel. Hier haben wir also den Hauptgrund für den Unterschied in den Hebeln der Stabilität. Selbst platt auf Seite, bei 90° Neigung, finden wir bei dem schmäleren Schiffe (Fig. E.) einen großen aufrichtenden Hebel, während bei dem breiteren, F., thatsächlich ein kippender vorhanden ist.

Es läßt sich indessen nicht verkennen, daß wir einen extremen Fall gewählt haben, sowohl für Fracht-, als auch für Passagierschiffe; denn während man bei dem breiten Schiffe den System Schwerpunkt oft, in Beziehung auf die Raumtiefe des Schiffes, hoch finden wird, würde es bei dem schmalen Schiffe unmöglich sein, dasselbe so zu beladen, daß der System Schwerpunkt eine solche tiefe Lage in Beziehung auf die Raumtiefe einnehmen könnte. Wären die beiden Schiffe in derselben Weise beladen, so würde auch der System Schwerpunkt die gleiche Entfernung vom Schiffsboden haben; es würde aber alsdann ein gänzlich verschiedenes Resultat entstehen. Wir wollen durch die Art der Beladung bewirken, daß der System Schwerpunkt bei dem schmalen Schiffe ebenso hoch wie bei dem breiten, nämlich 6,3 Fuß vom Schiffsboden liegt. Die punktierten Linien bei den Figuren zeigen die neue Vertikale durch den System Schwerpunkt des schmalen Schiffes, während wir in der Kurve Nr. 7 den ganzen Umfang der Stabilität vor Augen haben. Jetzt findet das Gegentheil statt wie vorher, das schmalere Schiff hat die geringere Stabilität. Es ist daher klar, daß der Beladung große Aufmerksamkeit zuzuwenden ist, und im letzteren Falle die schwereren Gewichtsteile der Ladung möglichst weit nach unten zu stauen sind, um annähernd gleiche Hebel für die Stabilität beider Schiffe zu erhalten.

Aber während die Lage des System Schwerpunktes 2,3 Fuß über dem Schiffsboden (Kurve Nr. 14) ein übertriebener Fall für Handelsschiffe ist, so ist solches durchaus nicht übertrieben für Segel-Yachten, denn um große Steifigkeit und lange Hebel der Stabilität zu erlangen, welche zum Führen einer großen Segelfläche, besonders bei geringer Breite, nötig sind, muß man die Methode anwenden, den System Schwerpunkt möglichst weit nach unten zu rücken, was man erreicht, indem man den Ballast so niedrig wie irgend möglich staut oder durch Anbringung eines schweren Kiels aus Eisen oder Blei.

Bevor wir diesen Gegenstand verlassen, wollen wir noch vor der Schlußfolgerung warnen, daß eine Kombination von guter Breite, gutem Freibord und guter metacentrischer Höhe stets genügende Stabilität hervorrufen.



Neigung, welche den größten Hebel der Stabilität zeigt.

Stabilitätskurve für ein Segelschiff, 270 Fuß lang, 41 Fuß breit und 26 Fuß 3 Zoll tief, ganz leicht in Ballast (112 Tons). Metacentrische Höhe 2,9 Fuß. Systemischwerpunkt $20\frac{1}{2}$ Fuß über Oberkante des Kiels. Freibord $17\frac{1}{2}$ Fuß.

Fig. 90.

Wir haben dieses schon bei verschiedenen Rastenschiffen und ihren Kurven gezeigt und ein Blick auf obige Stabilitätskurve, welche für ein Segelschiff mit nur wenig Ballast gilt, wird es noch deutlicher machen. Das Schiff ist 41 Fuß breit, hat 2,9 Fuß metacentrische Höhe und einen Freibord von $17\frac{1}{2}$ Fuß; der letztere ist außerordentlich groß und doch ergibt sich aus der Kurve, daß in dieser Lage die Hebel und der Umfang der Stabilität sehr gering sind. Der Grund hierfür liegt darin, daß im unbeladenen Zustande durch das schwere Gewicht der Masten, Raaen und Stengen u. d. der Systemischwerpunkt sehr hoch zu liegen kommt und wir haben schon gesehen, daß, je höher der Systemischwerpunkt liegt, desto kürzer die Hebel der Stabilität sind und desto eher die Vertikale durch den Displacementschwerpunkt die Mittellinie des Schiffes unter dem Systemischwerpunkt schneidet, wodurch ein kippendes Moment geschaffen wird. Dasselbe Schiff würde beladen, mit nur $5\frac{1}{2}$ Fuß Freibord und 3 Fuß metacentrischer Höhe, ganz bedeutend größere Hebel und einen weiteren Umfang der Stabilität zeigen, weil jetzt der Systemischwerpunkt bedeutend niedriger liegt.

Wenn bei einem Kastenschiffe von 20 Fuß Rauntiefe der System-
schwerpunkt in halber Rauntiefe liegt, so muß der aufrichtende Hebel
der Stabilität bei 90° Neigung verschwinden, einerlei, wie viel
Freibord das Schiff hat; denn in dieser Lage befinden sich der
Displacementsschwerpunkt und der System-
schwerpunkt in derselben
vertikalen Linie. Läge der System-
schwerpunkt höher als die halbe
Rauntiefe beträgt, so würden die Hebel kleiner und der Umfang
der Stabilität geringer sein, wogegen bei einer tieferen Lage als
 $\frac{1}{2}$ Rauntiefe die Hebel größer werden und der Umfang der
Stabilität sich über 90° ausdehnen würde. Nun haben alle wirk-
lichen Schiffe keine Kastensform, obgleich zugegeben werden muß, daß
sich einige nicht viel davon unterscheiden. Haben zwei Schiffe gleiche
Breite und Rauntiefe, so kann in dem einen, welches mehr Auftrieb
in der oberen Hälfte hat und infolge dessen in den Rinnen und
im Boden schärfer ist, der System-
schwerpunkt höher liegen; je mehr
sich das andere aber dem Kasten-
Querschnitt nähert, desto tiefer
muß der System-
schwerpunkt liegen.

Das wirkliche Kastenschiff ist daher der schlimmste Fall, da es
den Displacementsschwerpunkt in die niedrigst mögliche Lage bringt;
dagegen liegt bei einem Schiffe, welches in der Wasserlinie voll
und unten scharf ist, der Displacementsschwerpunkt hoch und daher
hat das Schiff die längsten Hebel und den weitesten Umfang der
Stabilität, wenn die anderen Bedingungen günstig liegen. Es ist
daher nicht möglich, eine bestimmte Lage des System-
schwerpunktes,
welcher für alle Schiffe paßt, festzusetzen.

Für kastenartige Schiffe kann man einen ziemlich guten Umfang
der Stabilität erwarten, wenn der System-
schwerpunkt etwa 0,5 bis
0,6 der Rauntiefe über der Oberkante des Kiels liegt und eine an-
gemessene metacentrische Höhe vorhanden ist, obgleich die aufrichten-
den Hebel unter gewissen Umständen nur klein sein mögen. Für
Schiffe, welcher unter der Wasserlinie schärfer sind, würde die
Stabilität eine größere sein, und läge der System-
schwerpunkt weniger
als 0,5 Rauntiefe oberhalb des Kiels, so würde man mit Sicherheit
auf eine große Stabilität rechnen können.

Wirkung oben eingeholter Schiffsseiten (tumble home.) In
Fig. 91 soll G der System-
schwerpunkt, B der Displacementsschwer-
punkt bei aufrechter Lage, CDE der eintauchende Keil und K der
Schwerpunkt dieses Keils sein.

Je größer die Entfernung von dem ursprünglichen Displacementsschwerpunkt B bis zum Displacementsschwerpunkt des eintauchenden Keils, K (durch die Linie P angedeutet) ist, desto weiter wird der Displacementsschwerpunkt B aus seiner ursprünglichen Lage nach außen verlegt werden. Für die geneigte Lage des Schiffes sei B' dieser neue Displacementsschwerpunkt und GZ der aufrichtende Hebel der Stabilität.

Nun wollen wir annehmen, daß ein Stück von der Größe des schwarzen Keils von unserm Schiffe abgeschnitten sei und sehen, welche Wirkung dieses auf die Stabilität haben wird. Durch den Verlust des Auftriebs in der geneigten Lage wird das Schiff sozusagen eine Anleihe bei dem Reserve-Auftrieb machen müssen; hierdurch wird die Schwimmebene nach der punktierten Linie verlegt. Der Grund liegt darin, daß der eintauchende Keil kleiner als der austauchende wird und das Verhältnis ausgeglichen wird, indem der eintauchende Keil durch eine Schicht von C bis D vergrößert und der austauchende in derselben Weise durch eine Schicht von W bis C verkleinert wird.

Der Schwerpunkt des eintauchenden Keils, K, muß sich nun nach links verschieben, und B' nach derselben Richtung; auch hilft

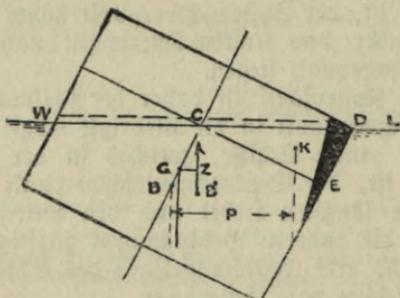


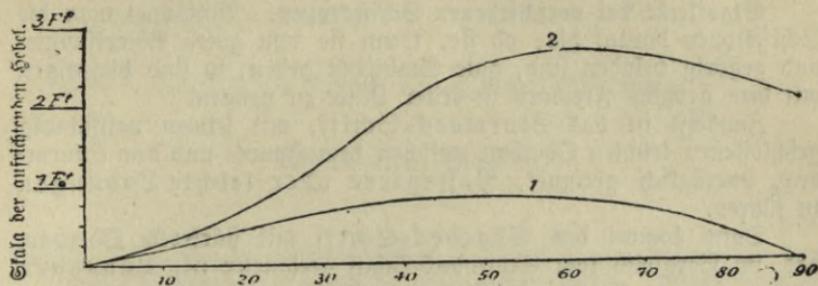
Fig. 91. — Wirkung der eingeholten Schiffswände auf die Stabilität.

die Auftriebschicht in der Wasserlinie W bis C, diese Wirkung zu verstärken.

GZ wird infolge dieses kürzer werden, was also ein verringertes aufrichtendes Stabilitäts-Moment anzeigt.

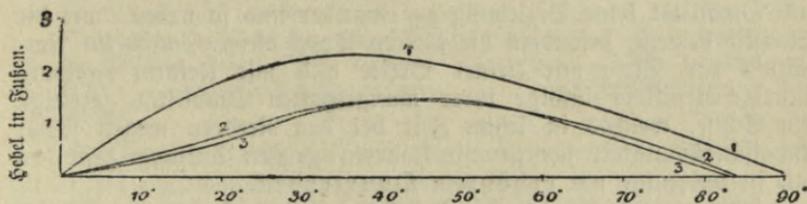
Betrachten wir nun ein wirkliches Schiff, so erkennen wir leicht die Nutzenanwendung dieser Überlegung. Anstatt daß die Schiffseiten senkrecht auflaufen, sind sie gewöhnlich etwas eingeholt, wie Fig. 15 zeigt. Man nennt dieses „tumble home“. Ein wertvoller Teil des Auftriebs geht verloren; in der That wird gerade derjenige Teil des Keils, welcher am meisten dazu beiträgt, den Displacementschwerpunkt nach außen zu verlegen, abgeschnitten. So trägt bei einem Schiffe mit kleinem Freibord und geringer Breite das Einholen der Schiffseiten dazu bei, in gewissen Lagen die Stabilität bedeutend zu verringern. Da es jedoch nicht gebräuchlich ist, einem gewöhnlichen Handelsschiffe beim Hauptdeck mehr als einige Zoll „tumble home“ zu geben, so ist die Wirkung bei den modernen breiten Frachtdampfern nicht von Belang.

Ein Punkt, welcher mitunter seitens des Reeders oder seines Vertreters im Aufriß eines Schiffes übersehen wird, ist der Wert



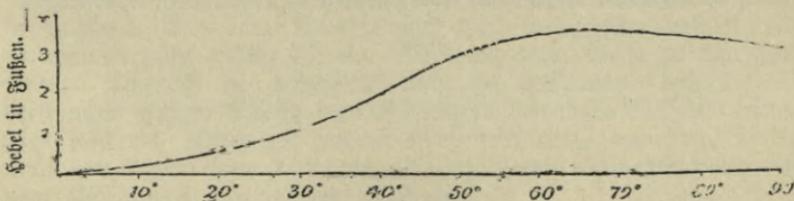
Skala von Neigungswinkeln in Graden.

Stabilitätskurven für einen Frachtdampfer — Länge 480 Fuß, Breite 57 Fuß, Tiefe 40 Fuß
 Kurve Nr. 1 in unladenem Zustand, metacentrische Höhe 2,68 Fuß.
 Kurve Nr. 2 in beladenem " " " 3,67 "



Skala in Graden.

Kurve für einen Dampfer von 410 Fuß Länge, 50 Fuß 6 Zoll Breite und 32 Fuß Tiefe.
 Nr. 1. Unbeladen, metacentrische Höhe (G. M.) = 11,06 Fuß.
 Nr. 2. Beladen mit gleichartiger Ladung, 7 Fuß 6 Zoll Freibord, G. M. = 1,85 Fuß.
 Nr. 3. Dieselbe wie Nr. 2, mit leeren Bunkern, G. M. = 1,58 Fuß.
 Anmerkung. 1 Fuß in der Hebelstala dieser Figur ist gleich 2 Fuß für Kurve Nr. 1. Die Hebel zeigen daher nur die halbe Länge auf diesem Diagramm.



Skala in Graden.

Kurve für ein Schiff von 360 Fuß Länge, 45 Fuß Breite, 30 Fuß 1 Zoll Tiefe. Metacentrische Höhe = 1,48 Fuß.

Fig. 92, 93 und 94. (Beispiele von wirklichen Schiffskurven.)

des „Sprungs“. Daß derselbe dem Schiffe ein besseres Aussehen verleiht, guten Auftrieb giebt und dem Übernehmen von Sturzseen vorn und hinten entgegenwirkt, muß jedem klar sein.

Außerdem hat er noch den Vorzug, daß die Auswässerung vermehrt wird, deren Wert wir schon besprochen.

Stabilität bei verschiedenen Schiffstypen. Betrachtet man die Schiffstypen darauf hin, ob sie, wenn sie von guten Abmessungen und gehörig beladen sind, gute Stabilität geben, so sind diejenigen mit dem größten Freibord in erster Linie zu nennen.

Zunächst ist das Sturmdeck-Schiff, mit seinem vollständig geschlossenen leichten Oberbau zwischen dem Haupt- und dem Sturmdeck, vorzüglich geeignet, Passagiere oder leichte Ladungen zu führen.

Dann kommt das Spardeck-Schiff mit stärkerem Oberbau, das im Vergleich zum Sturmdeck-Schiff geeigneter ist, Ladungen von größerer Dichte bei kleinerem Freibord zu tragen.

☞ Zuletzt kommen wir zum stärksten Typ, dem Volldeck-Schiff. Dieses ist am besten geeignet, schwere Ladungen zu tragen, da es den geringsten Freibord hat. Unglücklicherweise haben Baustärke und Stabilität keine Beziehung zu einander und so haben, wie die Statistik beweist, besonders die älteren Typs dieser Schiffe im Verhältnis zur Tiefe mit kleiner Breite und mit kleinem Freibord traurige Resultate infolge ihrer mangelhaften Stabilität gezeitigt. Ein Schiff, welches in letzter Zeit bei den Reedern wegen seiner Anpassungsfähigkeit für gewisse Fahrten großen Anklang gefunden hat, ist dasjenige mit erhöhtem Quarterdeck.

Es ist gleichsam eine Einschränkung des starken Volldeck-Typs, dessen größerer Freibord dazu beiträgt, günstige Stabilitätsverhältnisse hervorzubringen. (Siehe auch die Erläuterungen zu den Schiffstypen, welche durch die Figuren 109, 110 und 111 im 4. Abschnitt dieses Kapitels dargestellt sind).

Anmerkung. Sturm- und Spardeckschiffe sind ebenso stark als Volldeckschiffe in bezug auf das Schwergut, welches sie bei ihren beziehentlichen Tiefadelnlinien an Bord haben.

Sechstes Kapitel. (Zweiter Abschnitt.)

Schlingern. (Rolling).

Inhalt: Schlingern in ruhigem Wasser — Das Schlingern von steifen und ranken Schiffen — Widerstand gegen Schlingern — Gefahr eines zu steifen Schiffes — Schlingern in hohem Seegang — Wirkungslinien des Auftriebs und der Schwere — Ein Floß, ein Cylinder und ein Schiff im Seegang — Gleichzeitigkeit der Schlinger- und der Wellenperiode, und wie dieselbe hervorgebracht und verhindert wird — Wirkung der Ladung auf das Arbeiten des Schiffes — Wirkung der Querschiffs-Anordnung von Lasten auf Schlingerbewegungen — Veränderungen im Arbeiten des Schiffes während einer Reise — Die metacentrische Höhe — Längsschiffs-Bewegungen — Längsschiffs-Anordnung von Lasten.

Schlingern. Nachdem wir unsere Aufmerksamkeit soweit der Stabilität zugewandt, sind wir in der Lage, weiter zu gehen und unser Augenmerk auf die Beziehung zwischen Stabilität und Schlingern zu richten und die Mittel zu betrachten, welche man anwenden kann, um das letztere auf ein Minimum zu reduzieren.

Man hört mitunter vom Schlingern, als von einer dem Schiffe zugehörnden besonderen Eigenschaft, sprechen. So hört man beispielsweise öfter den Ausspruch, daß irgend ein Schiff ein stark schlingerndes sei; oder ein anderes wird als ein besonders stetiges beschrieben. Eine kurze Untersuchung wird uns zeigen, daß es streng genommen nicht richtig ist, ein Schiff auf diese Weise zu charakterisieren. Dennoch ist anderseits nicht zu verkennen, daß die Abmessungen einiger Schiffe dem Schlingern besonders Vorschub leisten; dem läßt sich jedoch auf andere Weise sehr entgegenwirken, so daß man in allgemeinen instande ist, ein Schiff entweder stetig oder dem Schlingern unterworfen zu machen.

Wir wollen kurz die Punkte aufzählen, welche wir schon besprochen haben und welche bei unserer Untersuchung in Betracht kommen werden.

Erstens. Schlingert ein Schiff unter dem Einfluß einer äußeren Gewalt, so nennen wir die Kraft, mit der es sich wieder aufrichtet, seine Stabilität.

Zweitens. Wenn ein Schiff große metacentrische Höhe hat, so folgt, daß es, wenigstens bei kleinen Neigungswinkeln, ein be-

trächtliches aufrichtendes Moment besitzt und die Kurve, welche die Hebel der Stabilität darstellt, wird steiler, je größer die metacentrische Höhe ist. Man nennt ein solches Schiff „steif“.

Drittens. Ist die metacentrische Höhe klein, so tritt das Entgegengesetzte ein; die aufrichtenden Hebel werden bei kleinen Neigungswinkeln kurz sein und die Stabilitätskurve nur langsam aufsteigen.

Die Wirkung der metacentrischen Höhe auf das Schlingern ist genau das Entgegengesetzte von dem, was man eigentlich annehmen sollte. Das steife Schiff mit großer metacentrischer Höhe, welches dem Überhellen großen Widerstand entgegensetzt, ist gerade dasjenige, welches gewöhnlich bei hoher See am meisten schlingert; dagegen ist das ranke Schiff mit kleiner metacentrischer Höhe, das dem Überhellen wenig Widerstand leistet, gewöhnlich das stetige. Woher kommt das? Wir werden die Frage besser beantworten können, wenn wir im Geiste einige Versuche bei einem Schiffe anstellen.

Schlingern in ruhigem Wasser. Wir wollen annehmen, daß ein Schiff mit großer metacentrischer Höhe und gutem Umfang der Stabilität im Hasen läge. Vermittelt äußerer Gewalt sei das Schiff 10° übergehellt und in dieser Lage festgehalten. Wir wissen, daß der Mittelpunkt des Auftriebs die Stelle des neuen Deplacementschwerpunktes eingenommen hat und daß ein Hebelarm zwischen den Vertikalen durch den Systemsschwerpunkt und den Deplacementschwerpunkt entstanden ist. Es ist daher klar, daß das Schiff ein aufrichtendes Moment besitzt von ebenso großem Betrage wie die äußere Kraft, welche das Überhellen verursacht hat und vermöge dieses Momentes wird das Schiff in die aufrechte Lage zurückkehren, sobald die überhellende äußere Kraft aufhört. In dieser Lage ist das aufrichtende Moment verschwunden, da der Systemsschwerpunkt und der Deplacementschwerpunkt wieder in derselben vertikalen Linie liegen. Ferner wird das Schiff, je größer die metacentrische Höhe und daher das aufrichtende Moment ist, um so schneller wieder die aufrechte Lage erreichen.

Widerstand gegen Schlingern. Wir wollen nun das Schiff aus der um 10° geneigten Position frei lassen; dann wird es in wenigen Sekunden die aufrechte Lage erreicht haben. Aber bleibt es in dieser liegen? Durchaus nicht, denn es wird ebenso wie beim Pendel, welches aus der geneigten Lage in die lotrechte zurückkehrt, ein Betrag von Bewegungs-Energie (lebendiger Energie) angesammelt, welche es nach der andern Seite schwingen läßt. Dadurch entsteht wieder ein aufrichtendes Kräftepaar, welcher der Neigung entgegenwirkt. Gäbe es gar keinen Widerstand, so würde dieser Prozeß des Schlingerns endlos sein; die Erfahrung lehrt uns aber, daß nach einer Reihe von Schwingungen unser Schiff zur Ruhe kommt. Dieses rührt von der vereinigten Wirkung mehrerer Arten des Widerstandes her. Dieselben sind:

Erstens. Die Reibung der Luft an dem über Wasser befindlichen Schiffe.

Zweitens. Die Reibung des Wassers an dem unter Wasser befindlichen Schiffe.

Drittens. Der Widerstand, welcher durch Vorsprünge an der eingetauchten Oberfläche verursacht wird.

Viertens. Der Wellen-Widerstand.

Da unser Hauptstreben dahin geht, ein sicheres und stetiges Schiff zu bekommen, so wollen wir sehen, ob und wie weit es in unserer Macht liegt, diese Widerstände zu bestimmen.

Um die Reibung der Luft zu vermehren, kann man nichts anderes thun, als Segel setzen, welches sicher dazu dient, um Stetigkeit hervorzubringen. Es würde leicht sein, dem Schiffe eine raue Außenhaut zu geben, aber hierdurch würde die Schnelligkeit so sehr verringert werden, daß es vorzuziehen ist, die Oberfläche so glatt wie möglich zu machen. Was die dritte Art des Widerstandes betrifft, so läßt sich indessen viel thun, um Stetigkeit hervorzubringen, indem man in Form von Kiel und Kimmkielen (Schlingerkielen) (bilge keels) Vorsprünge anbringt. Die Zeit, wo man an der Wirksamkeit dieses Mittels zweifelte, ist vorüber. Nicht allein Schiffbau-Experten, sondern auch die Ausfagen der Seeleute selbst über die Wirksamkeit von Kimmkielen, besonders bei Schiffen, welche früher keine hatten, stimmen vollständig darin überein, daß die Kimmkielen die Anzahl sowohl, als auch die Winkel der Schwingungen verringern.

Unter Oscillation (Schwingung) versteht man das vollständige Überholen von Backbord nach Steuerbord und die Zeitdauer einer solchen Schwingung nennt man Schlinger-Periode. Ein Beispiel, welches den Versuchen des verstorbenen Herrn Froude an dem Modell des Kriegsschiffs „Devastation“ entnommen ist, wird die Sache erläutern.

Anzahl und Beschreibung der Kimmkielen.	Anzahl der Doppelschwingungen, ehe das Schiff zur Ruhe kam.	Periode der Doppelschwingungen in Sekunden.
1. Keine Kimmkielen	31 $\frac{1}{2}$	1,77
2. Ein Kimmkiel von 21 Zoll an jeder Seite	12 $\frac{1}{2}$	1,9
3. Ein Kimmkiel von 36 Zoll an jeder Seite	8	1,9
4. Zwei Kimmkielen von 36 Zoll an jeder Seite	5 $\frac{3}{4}$	1,92
5. Ein Kimmkiel von 72 Zoll an jeder Seite	4	1,99

Wenn wir von Wellen=Widerstand sprechen, so meinen wir nicht die Wellen des Meeres, denn wie wir schon gesagt haben, soll unser Versuchsschiff im Hafen liegen, sondern die Wellen, welche vom Schiffe selbst bei seinen schlingerndern Bewegungen im Wasser erzeugt werden. Dieser Umstand mag uns anfangs unbedeutend erscheinen, aber um solche Wellen, wenn sie auch nur klein sind, hervorzurufen, ist eine große Ausgabe von Energie nötig, und diese Energie muß von der ganzen verfügbaren Energie, welche die Schlinger=Bewegung verursacht, in Abzug gebracht werden. Durch diese fortgesetzte Energie=Ausgabe werden die Ausschlagswinkel verringert und schließlich das vollständige Aufhören der Bewegungen verursacht. Ein bemerkenswerter Punkt, welcher durch obige Tabelle deutlich gemacht wird, ist, daß für mäßige Ausschlagswinkel die Periode angenähert dieselbe für größere und für kleinere Schwingungen ist. Also sehen wir, daß es große Stabilität ist, welche zur Schnelligkeit der Schlingerbewegung beiträgt, obgleich nicht notwendiger Weise zu großen Neigungswinkeln.

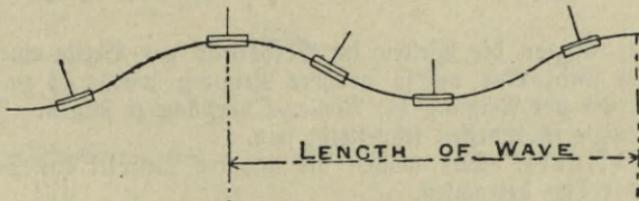
Gefahr eines zu steifen Schiffes. Die Gefahr für sehr steife Schiffe liegt bei gutem Umfang der Stabilität nicht darin, daß sie umfallen, sondern daß sie durch die Heftigkeit ihrer Bewegungen den Zusammenhang der einzelnen Teile lockern und leck werden, oder daß ihre Masten über Bord schlingern, was durchaus nicht selten vorkommt, wenn auf breiten Segelschiffen aus reiner Unkenntnis der Ballast derartig verstaubt ist, daß sie enorm steif werden.

Wenn anderseits ein Schiff mit kleiner metacentrischer Höhe gewaltsam bis zu 10° geneigt und dann freigelassen wird, so kehrt es viel langsamer zur aufrechten Lage zurück, da es ein kürzeres aufrichtendes Kräftepaar und daher auch weniger durch das Überhellen aufgespeicherte Energie besitzt. Die Bewegungs=Energie, welche es beim Rückkehren in die aufrechte Lage erlangt, ist geringer und zieht man dann die Widerstand leistenden Agentien in Betracht, so folgt, daß die Winkel, zwischen denen es schlingert, und die Anzahl der Schlinger=Bewegungen, bevor es in den Zustand der Ruhe kommt, kleiner sein müssen.

Je mehr sich der eingetauchte Teil eines Körpers der Kreisform nähert und je näher Metacentrum und Systemsehwerpunkt zusammenliegen, desto weniger Wiederaufrichtungskraft wird ein Körper haben, bis das Minimum beim wirklichen Cylinder erreicht wird, bei dem Systemsehwerpunkt und Metacentrum zusammenfallen.

Schiffe von diesem Typ besitzen gar keine Aufrichtungskraft und bleiben demgemäß, wenn sie übergehellt werden, ruhig liegen, auch wenn man sie sich selbst überläßt. Es ist also eine sehr geringe Kraft erforderlich, um sie überzuhellen und ganz umzukehren, sodaß das untere nach oben kommt.

Schlingern im Seegang. Wir wollen die Frage aufwerfen: „Ist es für die Schlingerbewegungen besser, den stetigen Schiffstyp mit kleiner metacentrischer Höhe oder den steifen mit großer metacentrischer Höhe zu benutzen?“ Wir werden diese Frage besser beantworten können, wenn wir die komplizierteren Bewegungen in hohler See kurz betrachten, da wir uns bis jetzt nur mit Schiffen in ruhigem Wasser beschäftigt haben. Hier jedoch kommen besondere Eigentümlichkeiten zur Geltung, und obgleich die Grundsätze, welche wir vom erzwungenen Schlingern in ruhigem Wasser abgeleitet haben, bis zu einem gewissen Umfange bestehen bleiben, so werden wir doch finden, daß unser Schiff zeitweilig ganz anders arbeitet, wie wir annehmen würden, wenn unser Wissen nur auf die Schlinger-Verhältnisse in ruhigem Wasser basiert wäre. Es ist in erster Linie kaum nötig, einem Leser, welcher schon ein Stück Holz im Seegange beobachtet hat, mitzuteilen, daß sich nicht die Wassermenge, welche



Length of Wave = Länge der Welle.

Fig. 95. — Verhalten eines kleinen Floßes im Seegang.

die Welle bildet, vorwärts bewegt, sondern nur ihre Form. Ein geringes Vorwärts- und Rückwärtsgleiten des Holzes zeigt, daß die einzige Bewegung des Wassers ein Hin- und Herschwanen ist. In verhältnismäßig geringer Entfernung unter der Oberfläche des Wassers ist gar keine Bewegung vorhanden. Ein altes, obgleich nicht ganz genaues Bild hierfür giebt der Wind, welcher über ein Kornfeld weht und vor dem die Ähren sich neigen und wieder erheben.

Floß. Da wir vorerst mit der schwierigeren Schiffesform nicht so gut rechnen können, wie mit einem flachen Stück Holz, wollen wir zunächst untersuchen, wie ein kleines Floß im Wasser arbeitet. Wir wissen, daß es in ruhigem Wasser vermöge seiner großen Steifigkeit sehr rasche Schlingerbewegungen mit sehr kurzen Perioden machen wird und daß es bald wieder zur Ruhe kommt.

Auch haben wir bemerkt, daß bei Seegang (Fig. 95 und 100) sein Deck immer parallel und sein Mast senkrecht zu der Oberfläche des Teils der Welle ist, worauf es schwimmt. Daher ist es aufrecht auf dem Wellenberg und im Wellenthal und sein größter

Neigungswinkel liegt auf etwa halber Wellenhöhe, an welcher Stelle die größte Schräge ist. Das Floß verhält sich, als wenn es ein Teil der Wellenoberfläche wäre. Nimmt jedoch die Breite des Floßes im Verhältnis zur Wellenlänge bedeutend zu, so wird dieses Verhalten mehr und mehr aufgehoben, da es nicht länger platt auf der Oberfläche schwimmen und so den größten Neigungswinkel bei der größten Schräge der Welle haben kann. Wenn schließlich die Breite ganz außerordentlich groß wird, wie bei der russischen Kaiserjacht „Livadia“ (153 Fuß), so nimmt das Schiff nicht länger die Bewegung eines kleinen Floßes an, sondern behält fortwährend ein verhältnismäßig horizontales Deck. (Fig. 96.)

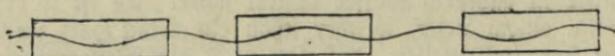


Fig. 96. — Ein sehr breites Schiff im Seegang.

Je länger die Wellen im Verhältnis zur Breite eines solchen Schiffes sind, eine um so größere Neigung würde es zu erreichen suchen, um der Neigung der Wellen-Oberfläche zu folgen. In kurzer See würde es indessen sehr stetig sein.

Cylinder. Wir wollen als anderes Beispiel ein Schiff vom Cylinder-Typ betrachten.

In Fig. 97 sehen wir unser Schiff im ruhigen Wasser. Da es von Holz und überall von gleicher Dichte ist, so fällt der System-Schwerpunkt in den Mittelpunkt, ebenso wie das Metacentrum.

Der Deplacementschwerpunkt liegt in der vertikalen Linie durch diesen Punkt und unser Cylinder ist im Zustande der Ruhe, wie er bei jedem Neigungswinkel sein wird, da er durchaus keine Stabilität hat; ein solcher Zustand kann nur eintreten, wenn kein aufrichtender Hebel vorhanden ist und die vertikalen Linien durch den System-Schwerpunkt und den Deplacementschwerpunkt beständig zusammenfallen.

In Fig. 98 sehen wir unsern Cylinder bei bewegter See auf dem Abhang einer Welle. Wir wollen uns diese Lage etwas näher ansehen.

Jeder Leser weiß, daß keine drehende oder überneigende Bewegung stattfindet. Die Linie ab bleibt vertikal und die Wasserlinie ändert sich von RS in ruhigem Wasser, auf dem Wellenkamm oder im Wellenthal, nach xy , auf dem größten Wellenabhang. Betrachten wir nun unsern Cylinder auf dem Wellenabhang, so finden wir, daß der ursprüngliche Schwerpunkt des Auftriebs sich nach dem Schwerpunkt des eingetauchten Teils verlegt hat. Füllen wir ein Lot durch den System-Schwerpunkt und den Deplacementschwerpunkt, so sehen wir, daß diese Punkte nicht länger in derselben Vertikalen

liegen, sondern von einander entfernt sind. Wenn diese Entfernung die Länge des Hebels der Stabilität darstellt, so kann das Schiff nicht in dieser Lage bleiben, ohne eine Anstrengung zu machen, den Deplacementschwerpunkt und den Systemschwerpunkt wieder in dieselbe Vertikale zu bringen. Diese Anstrengung müßte das Schiff mehr oder weniger überneigen. Die Beobachtung zeigt uns aber, daß solches nicht der Fall ist, denn unser Cylinder macht keine Bewegung weder nach der einen oder der andern Seite, und die einzige Deutung hierfür ist, daß kein Hebel existiert und daß die nach unten wirkende Kraft des Schiffsgewichtes und die nach oben wirkende Kraft des Auftriebs anderen Kräften unterworfen sind, welche verursachen, daß sie sich anders verhalten, als wie wir in schlichtem Wasser gewohnt sind. Hier kommen viele Leute, deren Kenntnisse über Stabilität nur recht beschränkt sind, zu falschen Schlüssen hinsichtlich des Verhaltens der Schiffe im Seegang.

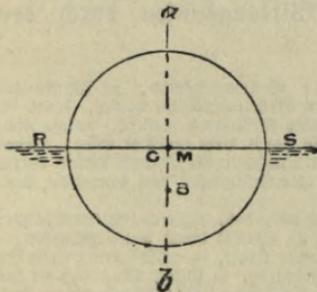
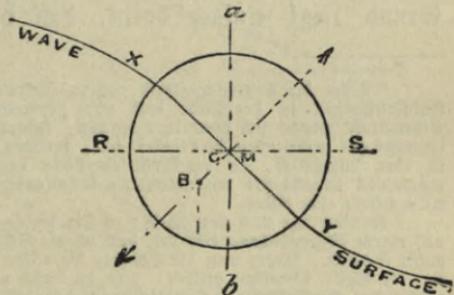


Fig. 97. — Verhalten eines cylindrischen Schiffes in ruhigem Wasser.



Wave = Wellen. Surface = Oberfläche.
Fig. 98. — Verhalten eines cylindrischen Schiffes im Seegang.

Das sich anscheinend widersprechende Verhalten von Schiffen hat Anlaß zu vielen Theorien über diesen Gegenstand gegeben und es ist in erster Linie dem verstorbenen Herrn Froude zu verdanken, daß die Sache jetzt mehr einheitlich aufgefaßt wird; dessen Wellentheorie wird nun im allgemeinen als richtig anerkannt. Um ausführlich die Theorie der Hochsee-Wellen darzustellen, würde einen Band für sich füllen und liegt außerhalb der Ziele dieses Buches. Für diejenigen, welche den Gegenstand weiter verfolgen wollen, findet sich viel Bemerkenswertes in den Bänden der Institution von Schiffbau-Architekten (Institute of Naval architects) und auch in den vorzüglichen Werken, welche wir in der Vorrede erwähnt haben. Wir wollen uns indessen einige hierher gehörige Bemerkungen gestatten und hoffen, daß dieselben Leuten von praktischer Erfahrung zur See, für welche diese Zeilen in erster Linie geschrieben sind, von Nutzen sein werden.

Eine Feder würde durch die Schwerkraft in grader Linie zur Erde fallen, falls kein Wind vorhanden. Die Fallrichtung wird indessen, falls Wind da ist, mehr oder weniger geändert. Auch würde eine eiserne Kugel, an einem Faden befestigt, vertikal heruntersinken, falls keine äußeren Einflüsse vorhanden wären. Bringt man in ihre Nähe aber einen Magnet, so wird die Schwerkraft abgelenkt und die Kugel sucht dem Magnet zu folgen. Diese Beispiele sind deshalb erwähnt, um zu zeigen, daß unter gewissen Umständen die Schwerkraft (der zufolge das Gewicht des Schiffes durch den Systemschwerpunkt vertikal nach unten wirkt) durch die Einführung anderer Kräfte abgelenkt werden kann. Bei Wellen kommt nun die sog. Centrifugalkraft in Betracht, diese ergiebt, wenn sie mit der Schwerkraft gemeinsam wirkt, eine Resultante, welche etwa senkrecht zu der Oberfläche der Welle wirkt.*

Wenden wir uns nun wieder zu Fig. 98, so werden wir besser verstehen, wie es kommt, daß kein aufrichtender Hebel entsteht; der Grund liegt einfach darin, daß die Wirkungslinien durch den

* Wäre die Centrifugalkraft nahezu senkrecht zur Wellenoberfläche, so könnte der Flüssigkeitsdruck in der Welle doch nicht senkrecht zur Wellenoberfläche wirken, denn die Schwerkraft würde sich bemerkbar machen, indem sie eine Resultante erzeugt, welche nicht senkrecht zur bestehenden Wellenoberfläche, sondern schräg gegen diese gerichtet wäre; solches ist aber unmöglich, da die Wellenoberfläche in irgend welchem Punkt und irgend einem Augenblick senkrecht zur augenblicklichen Resultante mehrerer Kräfte ist, von denen die Centrifugalkraft eine bildet.

Wenden wir uns nun wieder zu Fig. 98, so sehen wir, daß, obgleich sich der Cylinder auf einem Wellenabhang befindet, dennoch die Schwerkraft vertikal durch den Systemschwerpunkt G wirkt. Wäre nun die Schwere die allein wirkende Kraft, so müßte unser Cylinder an der Welle hinunter gleiten, und da dieses nicht geschieht, so finden wir, daß zu der natürlichen Vertikalkraft des Cylindergewichts die inneren Wellenkräfte hinzutommen und mit jener eine Resultante erzeugen, welches die tatsächlich wirkende Kraft ist; dieselbe ist angenähert senkrecht zur Wellenoberfläche und daher parallel den resultierenden Auftriebskräften in der Welle. So entsteht eine augenblickliche Gleichgewichtslage, ohne daß der Cylinder irgend welche Neigung hat, den Wellenabhang hinunter zu gleiten.

Wo die Wasseroberfläche horizontal ist, wirken die Kräfte des Auftriebs in aufrechten, vertikalen Linien. Dieses gilt ebenso für die glatte Oberfläche des ungeheuren Ozeans, wie für das Wasser in einem Eimer. Auch wenn Wellen entstehen, werden die aus den Tiefen des Ozeans nach oben gerichteten Kräfte in keiner Weise geändert. Rechnen wir jedoch mit den wirklichen Wellen (welche nur oberflächliche Störungen sind und verglichen mit den Tiefen des Ozeans, nicht sehr weit nach unten reichen), so finden wir, daß die Auftriebskräfte jetzt in Richtungen wirken, welche angenähert senkrecht zur Wellenoberfläche gerichtet sind.

Man nimmt nicht an, daß diese als „Trochoiden-Theorie“ bekannte Theorie die ganze Frage der Meereswellen löst. Es ist aber doch eine Hypothese, wonach sich die Formen der einfachen Wellen in sehr tiefem Wasser gut finden lassen und welche außerdem den Vorteil hat, daß sie alle Formen des Trochoids giebt von der Cycloide (Radkurve) bis zur graden Linie; letztere bedeutet natürlich flache See.

Die Centrifugalkraft ist auf dem Wellenkamm senkrecht zur Wellenoberfläche gerichtet und wirkt der Schwerkraft, welche wir nie außer acht lassen dürfen, grade entgegen. Welchen Einfluß dieser Umstand auch auf die Gewichtsverringeringerung der einzelnen Wellenteile haben mag, er lenkt sie doch nicht aus der vertikalen Richtung ab. Im Wellenthal wirken die Centrifugalkraft und die Schwerkraft ebenfalls in vertikaler Richtung, jedoch in demselben Sinne. An allen andern Orten der Wellenoberfläche wirkt die Centrifugalkraft mehr oder weniger schräg und da die Schwerkraft nur in vertikaler Richtung wirkt, so ist die Resultante dieser zwei Kräfte (zusammen mit irgend welchen anderen, vielleicht noch existierenden unwichtigeren Faktoren) nahezu rechtwinklig zur Wellenoberfläche. Und so wachsen die Auftriebskräfte, welche in schlichtem Wasser vertikal waren, bei Seegang immerfort die Richtung ihrer Wirkungslinien.

Deplacementschwerpunkt und den Systemischwerpunkt zusammenfallen, wie durch die Pfeile angedeutet wird.

Haben wir es mit einem Cylinder von kleiner Stabilität zu thun, so müssen wir im Auge behalten, daß die geringste Einwirkung des Windes oder darüber hin brechender Seen ihn drehen kann; der einzige Widerstand dagegen würde die Reibung des Wassers an seiner eingetauchten Oberfläche sein. In unserem Beispiel betrachteten wir ihn als von äußeren Kräften unbeeinflusst und nur unter dem Einfluß der ungebrochenen Wellen stehend. Ein modernes Schiff

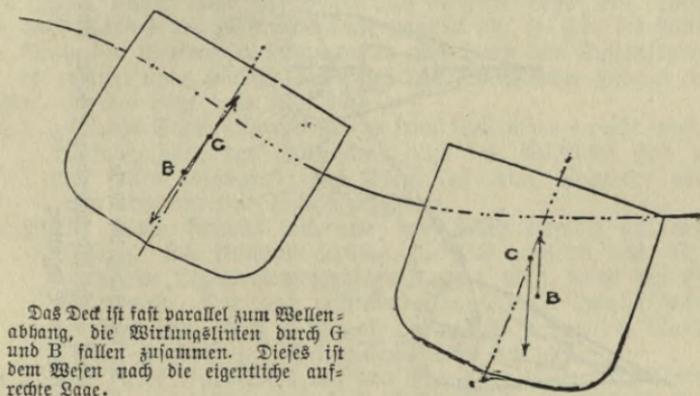


Fig. 99. — Verhalten eines Schiffes im Seegang.

ist nun weder ein Floß noch ein Cylinder, obgleich es bis zu einem gewissen Grade die Eigenschaften beider besitzt und sich in seinem Verhalten jedem der beiden nähern kann.

Schiff. Wir wollen unser Experiment fortsetzen und ein wirkliches Schiff im Seegang beobachten (Fig. 99—100). Falls dasselbe sehr steif ist, d. h. große metacentrische Höhe hat bei einer Schlingerperiode in ruhigem Wasser von weniger als der halben Periode der Wellen, in denen es sich befindet, wird sein Verhalten dem des Flosses ähnlich sein, welches zwei vollständige Überhellungen auf einer Woge macht. Nehmen wir an, unser Schiff läge aufrecht; kommt nun die Woge heran, so wird es sogleich das Bestreben zeigen, seine Masten senkrecht zur Wellenoberfläche zu bringen. Geht die Woge unter dem Schiffe hin, so wird es, oder doch nahezu, seinen größten Neigungswinkel dort erreichen, wo der Wellenabhang am steilsten ist. Auf dem Wellenkamm wird es aufrecht sein und ebenso im Wellenthal. Es wird daher beim Vorübergange einer einzigen Welle (Wellenkamm zum Wellenkamm) zweimal vollständig überholen.

Die kurzen punktierten Linien, welche senkrecht zur eingetauchten Oberfläche des Schiffes gerichtet sind, bedeuten den Druck des Wassers. Die längeren punktierten Linien, welche nahezu senkrecht zur Wellenoberfläche sind, bedeuten die Richtung, in welcher die Wirkung des Auftriebs ausgeübt wird. Diese Linien zeigen auch die „thatsächlich aufrechte Lage“ an. Wenn das Deck eines Schiffes der Wellenoberfläche parallel ist, so geht die Wirkungslinie durch den Deplacementschwerpunkt auch durch den Systemsehwerpunkt und es existiert unter solchen Umständen kein aufrichtender Hebel. (Lage 1 in Fig. 100 und Lage 1 in Fig. 99.)

Lage 1 zeigt das Schiff aufrecht, als es vom Wellenthal erreicht wird. Die Wirkungslinien der Schwerkraft und des Auftriebs sind vertikal und fallen zusammen; das Schiff hat keine Neigung, nach der einen oder anderen Seite überzuholen.

Lage 2. Die Welle schreitet fort und das Schiff befindet sich auf dem Abhang. Die Auftriebsrichtung hat sich geändert und die Linie durch den Deplacementschwerpunkt geht nicht durch den Systemsehwerpunkt. Der jetzt existierende aufrichtende Hebel (Entfernung der Parallelen durch B und G) hat das Bestreben, die Masten des Schiffes senkrecht zur Wellenoberfläche zu bringen.

Lage 3. Das Schiff befindet sich auf dem Kamm der Welle. Es bleibt noch in seinem Bestreben, sich senkrecht zur Wellenoberfläche zu bringen, zurück, und anstatt aufrecht zu sein, ist es beträchtlich übergehellt. Die Entfernung der Parallelen durch B und G deutet den aufrichtenden Hebel an.

Lage 4. Hier befindet sich das Schiff auf dem andern Wellenabhang und ist nur wieder in die vertikale Lage gelangt. Wie man sieht, ist ein bedeutender aufrichtender Hebel vorhanden, welcher das Bestreben zeigt, das Schiff senkrecht zur Wellenoberfläche zu bringen.

Lage 5. Das aufrichtende Moment, welches in der vorigen Lage hervorgerufen wurde, schafft ein Moment, welches zur Zeit, als das Schiff das Wellenthal erreicht, es jenseits der Vertikalen gebracht hat — in diesem Falle der Senkrechten zur Wellenoberfläche. Man sieht wieder deutlich den aufrichtenden Hebel.

Das Floß, welches sehr steif ist, und daher viel schneller in seinen Bewegungen, behauptet eine Lage, welche stets senkrecht zur Wellenoberfläche ist.

Sein größter Neigungswinkel wird immer angenähert dort sein, wo der Wellenabhang am steilsten ist. Die Gefahr für ein solches Schiff würde daher nicht im Kentern liegen, denn es veräußert kaum etwas von seiner Stabilität, sondern darin, daß es wegen der Schnelligkeit seiner Bewegungen sich begiebt, die Masten verliert oder auch, daß seine Ladung übergeht.

Gleichzeitigkeit (Synchronismus). Nun wollen wir aber annehmen, unser Schiff sei rank, habe also eine kleine metacentrische Höhe und eine lange Schlingerperiode. Wenn die Welle es erreicht und unterdurchgeht, wird es, ebenso wie das andere Schiff, das Bestreben haben, seine Masten senkrecht zur Wellenoberfläche zu bringen. Wir haben jedoch bei unsern Beobachtungen des Schlingerns in ruhigem Wasser gesehen, daß es sich langsam bewegt; daher kann es mit der raschen Wellenbewegung nicht Schritt halten, sondern bleibt zurück. Zu der Zeit also, wenn der steilste Teil der Welle unter dem Schiffe ist, ist es noch beträchtlich von jenem Winkel entfernt. Sobald dieser steilste Teil passiert ist und der Wellenkamm herannahet, wird der überhellende Einfluß aufgehalten und auf dem Kamm selbst hat es die Neigung, sich wieder aufzurichten. Indessen ist unser Schiff durch seine langsamen Bewegungen hinter der Welle zurückgeblieben und hat noch etwas Neigung. Beim anderen Wellenabhang hat es vielleicht seine aufrechte Lage wieder erlangt und ehe es sich durch den überhellenden Einfluß weit auf die andere Seite geneigt hat, ist das Wellenthal erreicht und damit herrscht wieder die Neigung vor, sich aufzurichten. So sehen wir also, daß es dank seiner langsameren Bewegungen hinter der Welle zurückbleibt und nie den Winkel des größten Wellenabhanges erreicht; auf dem Wellenkamm und im Wellenthal ist es gewöhnlich noch etwas übergehellt und hat noch nicht die aufrechte Lage erlangt. Nehmen wir zwei Schiffe auf einer Welle an, so wird das steife Schiff mit großer metacentrischer Höhe stets größere Neigungswinkel erreichen, als das ranke mit kleiner metacentrischer Höhe, und zwar einfach deshalb, weil das steifere Schiff, wie wir gesehen haben, besser dem Abhang der Welle folgen kann; das ranke dagegen kann wegen der langsamen Bewegung den größten Winkel auf der einen Seite des Abhangs nicht erreichen, und nachdem der Kamm passiert ist, hat der andere Wellenabhang das Bestreben, das Schiff zurückzustoßen und es nach der andern Seite zu neigen. Obgleich nun der Vorübergang der ersten Welle nicht die Wirkung haben mag, einen großen Neigungswinkel hervorzurufen, wegen der meistens langsameren Bewegung des Schiffes, verglichen mit der Wellenbewegung, oder wegen der längeren Schlingerperiode, verglichen mit der Wellenperiode, so wird es doch einleuchtend sein, daß ein Augenblick kommen kann, wo das Schiff gleichzeitig mit dem Herannahen des steilsten Wellenabhanges auch seinen größten Neigungs-

winkel erreicht. Die Folge davon wird sein, daß dem Überhellen des Schiffes ein neuer plötzlicher Impuls gegeben wird und das Schiff besonders heftig überholt, was mancher Seemann schon als unerklärlich bezeichnet hat. Ein solcher Zustand, wo die Wellen sowohl als auch die Schiffe ihre größte Neigung zu gleicher Zeit erreichen, nennt man Synchronismus oder Gleichzeitigkeit. Die Wirkung ist, daß das Schiff größere Neigungswinkel annimmt, wie der steilste Wellenabhang. Der schlimmste Fall ist der, wenn die Periode des einmaligen Überholens eines Schiffes gleich der Hälfte der Wellenperiode ist, da unter solchen Umständen der Impuls bei jeder Welle gegeben wird; ein außergewöhnliches Schlingern ist die Folge davon. Wir können solches leicht an einem einfachen Pendel zeigen. (Fig. 101.)

Wir wollen uns vorstellen, daß das Pendel grade bis ungefähr zum größten Neigungswinkel in der Pfeilrichtung ausgeschwungen hat. Nun wollen wir annehmen, es empfinde einen plötzlichen Impuls auf Seite B, es wird hierdurch naturgemäß aufgehalten und anfangen, zur vertikalen Lage zurückzuschwingen. Nehmen wir aber an, der Impuls wäre von der Seite A gekommen im Augenblick, als das Pendel seinen größten Ausschlagwinkel erreicht hat und die Bewegung für einen Augenblick zum Stillstand gekommen ist. Das Resultat ist, daß ein geringer Impuls genügen wird, die Ausdehnung der ausschlagenden Bewegung bedeutend zu vermehren und einen größeren Winkel mit der Vertikalen hervorzurufen. Dieses ist genau dasselbe mit einem Schiffe, dessen Schlingerperiode mit der Wellenperiode zusammentrifft; wird dem Schiffe, wenn es fast seinen äußersten Neigungswinkel erreicht hat, ein plötzlicher Impuls gegeben, so wird dieser Winkel beträchtlich vermehrt werden. Die Wirkung ist schlimm genug, wenn die Gleichzeitigkeit (Synchronismus) zeitweilig vorkommt, d. i. nach einer Reihe von Wellen; wenn sie aber bei jeder Schlingerperiode eintritt, ist die Wirkung bedeutend schlimmer, die Bewegung des Schiffes ist schnell und stoßweise und die Wahrscheinlichkeit von gefährlichen Ereignissen größer. Steife Schiffe mit schnellen Perioden von etwa 4—6 Sekunden werden am leichtesten zu diesem Verhalten kommen. Schiffe mit längeren oder kürzeren Perioden heben den Synchronismus in den meisten Fällen auf.

Wären alle Meeresmogen von derselben Länge, Periode und Höhe, so würde es möglich sein, die Abmessungen eines Kriegsschiffes oder einer Yacht, deren Ausrüstung u. immer überein sind, so zu machen, daß dieselben eine Schlingerperiode in ruhigem Wasser erhielten, welche große Stetigkeit im Seegange hervorrufen würde.

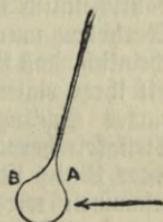


Fig. 101. — Einfluß äußerer Gewalt auf ein schwingendes Pendel.

Aber die Meereswogen weichen in Länge, Periode, Höhe und Charakter zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten sehr von einander ab. Sturmwellen des Atlantischen Ozeans erreichen 500 Fuß und mehr von Kamm zu Kamm, mit Perioden von 9, 10 oder 11 Sekunden und Höhen von 28 Fuß und mehr; dagegen sind in anderen Gegenden die Längen vielleicht nicht mehr wie 200 oder 300 Fuß mit Perioden von 6 bis 8 Sekunden und Höhen von etwa 12 Fuß.

Wirkung der Ladung auf das Verhalten des Schiffes in See.

Da, wie wir gesehen haben, die Wellen nach der Lokalität, Windstärke u. von einander abweichen, so ist es klar, daß man keine Kriegsschiffe oder keine Yachten konstruieren kann, die sich immer in derselben Weise im Seegang verhalten, denn obgleich es nicht wahrscheinlich ist, daß Schiffe mit langen Schlingerperioden heftigen Überholen unterworfen sein werden, so ist es dennoch sehr wahrscheinlich, daß sie auch einmal Wellen antreffen werden, deren Periode mit ihrer eigenen Periode zusammenfällt und dieses verursacht stets starkes Schlingern. Bei Frachtdampfern tritt die Schwierigkeit, Stetigkeit hervorzurufen, mehr hervor wie bei anderen Schiffen. In erster Linie ist namentlich bei Küstenfahrern, deren Ladung rasch gesammelt wird und vielleicht ein Teil der Ladung grade vor Abgang des Schiffes ankommt, die Schwierigkeit vorhanden, eine gewisse metacentrische Höhe zu erlangen, welche dem Schiffe erfahrungsmäßig früher gute Stetigkeit gegeben hat; oder wenn auch die metacentrische Höhe dieselbe ist, so können doch vielleicht die Gewichtsteile der Ladung schlecht verteilt sein, wenn auch nicht in vertikaler, so doch in seitlicher Richtung.

Hier kommen wir zu einem andern wichtigen Punkt. Während kleine metacentrische Höhe sehr zur Stetigkeit beiträgt, muß man nicht denken, daß sich diese metacentrische Höhe immer erreichen läßt. So lange die Hebel der Stabilität bei beträchtlichen Neigungswinkeln gut sind und der Gesamtumfang zufriedenstellend, ist alles in Ordnung. Aber bei ranken Schiffen mit kurzen Hebelarmen und kleinem Gesamtumfang, wie in den Kurven Nr. 11, 12, 6 und 7 Fig. 87, wäre eine solche Methode sehr gefährlich, denn sollte Synchronismus eintreten, könnten sie derartig überholen, daß sie kentern; es ist daher klar, daß einige Schiffe größere metacentrische Höhe brauchen als andere, um mit Sicherheit fahren zu können, selbst wenn sie dadurch etwas heftiger schlingern im Seegang.*)

*) Es mag hier bemerkt werden, daß es ganz unmöglich ist, eine metacentrische Höhe anzunordnen, welche für alle Schiffe paßt. Für Kriegsschiffe schwankt dieselbe zwischen 1 und 12 Fuß. Bei Dampfjachten ist etwa 2,5 Fuß ein Durchschnittswert; bei Segelschiffen findet man gewöhnlich von 2 bis 4 Fuß und bei Passagier- und Frachtdampfern schwankt sie von etwa 0,5 bis 3 Fuß. Schiffbauer mit ihrer großen Erfahrung in den verschiedenen Schiffstypen sind ohne Zweifel am besten in der Lage, eine passende metacentrische Höhe für eine besondere Art Ladung anzugeben. Die angegebenen metacentrischen Höhen gelten nur für beladene Schiffe.

Wirkung der Querschiffs-Anordnung von Gewichtsteilen auf das Schlingern. Eine sichere Methode, welche dazu beiträgt, die Stetigkeit zu vermehren, besteht darin, daß man die schweren Gewichtsteile der Ladung nach den Schiffsseiten zu staut, ohne ihre vertikale Lage zu ändern. Eine solche Anordnung der Ladung hat einen beruhigenden Einfluß auf lebhafte Querschiffs-Bewegungen, während andererseits die Anhäufung von schweren Gewichtsteilen in der Mittellinie des Schiffes die Schnelligkeit der Schlingerbewegung vermehrt.*)

Änderung im Verhalten eines Schiffes während der Reise. In Schiffen auf großer Fahrt, deren Beladung vielleicht nicht so in Eile geschieht, oder wo man doch die Art der Ladung kennt, da dieselbe meistens vorher engagiert oder längsseit ist, wenn mit dem Laden begonnen wird, ist man in der Lage, wenn man Kenntnisse von den Stabilitätsverhältnissen des Schiffes besitzt, die Beladung so auszuführen, daß man nahezu eine bestimmte metacentrische Höhe erlangt; außerdem die Gewichtsteile so zu verstauen, wie sie am meisten zur Stetigkeit beitragen.

Angenommen, wir hätten eine gewisse metacentrische Höhe erlangt, welche gute Stetigkeit, selbst bei schwerer See, hervorgerufen hat, so findet man mitunter, daß dasselbe Schiff in langer Dünung von größerer Periode außerordentlich arbeitet. Diese Thatsache ist den Seeleuten durchaus nicht unbekannt, und rührt nur davon her, daß das Schiff Wogen angetroffen hat, deren Periode mit derjenigen des Schiffes zusammenfällt. Ein Beispiel, welches hierauf Bezug hat, wurde dem Verfasser von einem Kapitän mitgeteilt. Als das Schiff mit leichter Ladung aus dem Mittelmeer kam, wurde schlechtes Wetter angetroffen. Das Schiff, von Natur rauh, arbeitete eine Zeit lang sehr gut, aber als man sich der Bay von Biscaya näherte, kam eine lange schwere Dünung auf und das Schiff begann, namentlich in periodischen Zwischenzeiten, so schwer zu schlingern, daß der Kapitän dachte, es würde gänzlich kentern. Er füllte nun einen Ballasttank und alsbald wurde das Arbeiten des Schiffes ein ganz anderes und die Bewegungen wurden wieder ruhiger und gleichmäßiger. Augenscheinlich hatte das Schiff Wellen angetroffen, deren Periode mit der des Schiffes gleich war; hierdurch wurde das heftige Schlingern veranlaßt; durch das Füllen des Wasser-Ballasttanks wurde die metacentrische Höhe vermehrt und die Schlingerperiode des Schiffes verändert. Der Synchronismus hörte auf und das Schiff wurde ruhiger. Jeder Seemann lernt aus Erfahrung, daß, wenn ein Schiff plötzlich heftig an zu schlingern fängt, dieses durch eine Kurs- oder Fahrtänderung gemildert werden kann; den Grund hierfür braucht man nicht weit zu suchen. Wird der Synchronismus durch

*) Siehe Anhang.

eine Querseer hervorgerufen und man verändert den Kurs mehr gegen die See, so wird die Wellenperiode scheinbar vermindert, indem die Kämme schneller passiert werden. Setzt man den Kurs in schräger Richtung von der Querrichtung der Wellen ab, so vergrößert man die Wellenperiode und in einer See aus anderer Richtung wird eine Vergrößerung der Fahrt ohne Kursänderung eine Verringerung der Wellenperiode bedeuten. Auf solche Weise kann man Synchronismus durch Kursänderung oder Fahrtänderung verhindern, wobei die Wellenperiode scheinbar eine andere wird; oder man kann die Periode des Schiffes ändern, indem man die Lage von Gewichtsteilen eine andere werden läßt.

Synchronismus wird nicht immer durch eine Querseer hervorgerufen, denn wenn die See aus einer schrägen Richtung kommt, kann auch die Wellenperiode gleichzeitig mit der Schlingerperiode des Schiffes eintreten, während solches bei einer Querseer nicht der Fall sein und man keine so großen Neigungswinkel gespürt haben würde. Wir haben gesehen, daß sich Synchronismus durch Kurs- oder Fahrtänderung vermeiden läßt. Versucht man bei heftigem Schlingern die Wasserballasttanks zu füllen, so ist dieses nicht immer ein sicheres Experiment, denn das Moment des hin und her schlagenden Wassers, ehe der Tank gänzlich voll ist, wird möglicherweise den Neigungswinkel verstärken, anstatt ihn zu verringern. Aus allen diesen Erläuterungen sehen wir, daß große Stabilität nicht die beste Lage für ein Schiff ist, denn dadurch werden dessen Bewegungen entweder so schnell, daß sie, wie bei einem Floß, dem Wellenabhang folgen oder, wenn das Schiff auch nicht so steif ist, wird doch die große Stabilität dazu beitragen, Synchronismus mit heftigem Schlingern hervorzurufen.

Die metacentrische Höhe. Das beste Schiff ist zweifellos dasjenige mit mäßiger metacentrischer Höhe, guten Hebelarmen der Stabilität bei beträchtlichen Neigungswinkeln und gutem Umfang der Stabilität. Es wird wahrscheinlich langsam in seiner Periode, ruhig in seinen Bewegungen und wenn nicht Synchronismus eintritt (welches weniger leicht der Fall), verhältnismäßig stetig im Seegange sein.

Stetigkeit auf Kosten kleiner metacentrischer Höhe mit kurzen Hebelarmen und kleinem Umfang der Stabilität hervorzurufen, würde nur einen Unfall wahrscheinlicher machen. Dies ist der wahre Grund, weshalb ein Schiffsoffizier Stabilitätskurven seines Schiffes für die verschiedenen Lagen, in welche es wahrscheinlich in See kommen wird, besitzen sollte; er wird dann besser in der Lage sein, richtig zu manövrieren und so zu handeln, daß er die größte Seetüchtigkeit für sein Schiff erreicht.

Gäbe es ein Schiff, welches im Seegang schlingern könnte, ohne daß es irgend welchen Widerstand fände (weder durch Wind,

eingetauchte Oberfläche, Kiel etc.), und dessen eigene Periode gleichzeitig mit der Wellenperiode wäre, so würde es, einerlei wie groß seine Stabilität wäre, schließlich kentern, ebenso wie die Schaufel eines Kindes schließlich, wenn immer gleichzeitig gestoßen, überschlagen würde. Diese Widerstände haben bei Schlingern im See-gang dieselbe Wirkung wie im ruhigen Wasser. Indessen ist noch ein wichtiger Punkt hierbei zu bemerken, je schneller nämlich die Bewegungen des Schiffes sind, desto mehr Widerstand findet es. Ist also die Periode eines Schiffes gleichzeitig mit der Wellenperiode und es bekommt sehr rasche Bewegung und große Neigungswinkel, so werden auch die verschiedenen Widerstände verhältnismäßig zunehmen, bis schließlich ein Punkt erreicht werden kann, wo die Wirkung dieser Widerstände grade hinreicht, um noch größere Schwingungen zu verhindern, wodurch also ein vollständiges Kentern abgewendet wird. Wenn also Synchronismus große Schwingungswinkel erzeugt, so folgt daraus noch nicht, daß ein Schiff kentern wird, ausgenommen außergewöhnliche Fälle, wo der Gesamtumfang der Stabilität nur sehr gering ist.

Der große und unbestreitbare Wert von Kimmkielen in der Hervorbringung von Widerstand und Verringerung des Schlingerns ist schon aus Herrn Froude's Versuchen gezeigt worden. Bringen die Kimmkiel gute Wirkungen bei großen Schiffen hervor, so ist deren Wirkung auf kleine Schiffe mit kurzer Periode noch deutlicher.

Längsschiffsbewegungen. Bis so weit haben wir unsere Bemerkungen gänzlich auf die Querschiffs-Stabilität und das Verhalten bei Querschiffs-Bewegungen beschränkt und zwar aus dem Grunde, weil die Gefahr am ehesten aus dieser Richtung kommt. Könnten wir unser Schiff nach jeder Richtung überhellen, so würden wir finden, daß es am wenigsten Stabilität in der Querschiffs-Richtung besitzt und daß die Höhe des transversalen Metacentrums die möglichst kleinste ist. Beim Überhellen in einer schrägen Richtung kommt mehr Stabilität zum Vorschein und am meisten in der Längsschiffsrichtung (Stampfen). Bei gewöhnlichen Schiffstypen ist es daher nur möglich, daß sie in der Querschiffsrichtung kentern, oder es müßte schon sein, daß durch Beschädigung oder Eintritt von Wasser der Verlust des Auftriebs an einem Ende so groß würde, daß das Schiff mit dem Vorder- oder Hinterende voran unterginge, je nachdem der Fall liegt.

Hierdurch wird es ersichtlich, weshalb es nur notwendig ist, mit Kurven der transversalen Stabilität versehen zu sein und genaue Kenntnisse des Schiffes in dieser Beziehung zu besitzen. Die Größe der longitudinalen metacentrischen Höhe wird besser verständlich, wenn man bedenkt, daß das Trägheitsmoment der Schwimmebene um eine transversale Achse ungemein viel größer sein muß, wie dasjenige für eine longitudinale Achse und zwar einfach deswegen, weil der Faktor,

welchen wir früher in der metacentrischen Formel als Breite betrachtet haben, jetzt Länge wird und umgekehrt.

Die Grundsätze, welche das Querschiffsverhalten bestimmen, gelten in ähnlicher Weise auch für Längsbewegungen, obgleich die Abmessungen großen Einfluß haben und verschiedene unangenehme Eigenschaften hervorrufen können. Nehmen wir beispielsweise ein Schiff an, welches hinten ziemlich voll in der Tiefadelinie ist, aber nach vorn zu scharf wird und dessen Seiten nahezu senkrecht bis zum Wassergang auflaufen. Ein solches Schiff wird naturgemäß schwer stampfen und vorn große Mengen Wasser übernehmen, während das Hinterende wahrscheinlich trocken bleibt. Nun muß man aber auch nicht denken, daß die Tiefadelinie nach vorn zu voll sein müsse, oder genau so wie hinten; aber so viel ist sicher, daß man, um ein einigermaßen bequemes Schiff zu erhalten, sich in dieser Hinsicht einer ziemlichen Gleichförmigkeit nähern muß. Ein unter Wasser recht scharfes Schiff kann bedeutend verbessert werden, wenn man die Seiten über der Tiefadelinie in vernünftiger Weise nach außen fallen läßt (engl. *flam* im Gegensatz zu *tumble home*); der hierdurch vermehrte Auftrieb wird das Stampfen resp. Eintauchen bedeutend vermindern.

Wir haben aber auch gefunden, daß das Verstauen von Gewichtsteilen an den Seiten die Schlingerbewegung verhindert, während eine Anhäufung derselben auf der Mittellinie die Beweglichkeit verstärkt und weiter, daß diese letztere immer durch große metacentrische Höhe hervorgerufen, während die Stetigkeit durch mäßige metacentrische Höhe günstig beeinflusst wird.

Längschiffs-Anordnung von Gewichtsteilen. Bei der enormen Höhe des Längen-Metacentrums, welche die meisten Schiffe besitzen, ist es unmöglich, irgend welche sichtbare Wirkung durch dieses Agentium (Metacentrum) zu erreichen; denn selbst wenn man diese Höhe um einige Fuß verringern oder vergrößern könnte, würde der beziehungsweise Unterschied nur gering sein. Außerdem könnte eine solche Verschiebung des Systemschwerpunktes die Sicherheit des Schiffes in der Querschiffsrichtung ernstlich gefährden. Der einzige Ausweg bleibt also, die Längsbewegungen durch das geeignete Verstauen schwerer Lasten in der Längsrichtung zu beeinflussen. Will man schnelle, lebhafte Bewegungen, so sollten sie am nächsten der Schiffsmittle plaziert werden; ist eine langsame Bewegung erwünscht, so sollten sie mehr über die ganze Länge verteilt werden. Man muß aber hierbei nicht vergessen, daß durch das Vorhandensein von schweren Gewichten an den Enden des Schiffes der ganze Bau sehr beansprucht wird, namentlich bei bewegter See, wo das Schiff in so verschiedener Weise von den Wellen gestützt wird; auch in ruhigem Wasser wird das Schiff in gewissem Maße hierdurch angestrengt.

Sechstes Kapitel. (Dritter Abschnitt).

Über Ballasten.

Inhalt: Gleiche metacentrische Höhen bei verschiedenen Tiefgängen — Winddruck — Menge und Anordnung des Ballastes — Mittel, um ein Übergehen des Ballastes zu verhindern — Wasserballast — Trintank — Doppelbodentank sind allein nicht passend, um ein Schiff gehörig zu ballasten — Betrachtungen über die Höhe des transversalen Metacentrums zwischen den Tiefgängen „leicht“ und „beladen“ und Wirkung derselben auf die Stabilität in Ballast — Unmanövrierfähigkeit in Ballast — Minimal-Tiefgang in Ballast — Anordnung des Ballastes.

Ballasten. Die Anzahl der Verluste und Unglücksfälle, welche jährlich nicht allein alte, sondern oft auch schöne, neue Schiffe in Ballast treffen, beweisen zur Genüge, daß irgendwo etwas falsch ist. Noch klarer wird dieses, wenn man sieht, in welcher Art und Weise aufs Geradewohl der Ballast in ein Schiff geworfen wird. Einer hält 400 Tons und der andere 800 Tons genügend für daselbe Schiff und der ganze Ballast kommt in den Raum. Beide können nicht Recht haben, da beide Methoden nicht gleiche Resultate zeitigen können. Einmal ist das Schiff vielleicht in gefährlicher Weise steif, wird also heftig schlingern und dadurch leicht der Ballast übergehen; oder andernfalls ist das Schiff zu rant mit zu kleinem aufrichtenden Moment.

Bevor man das Ballasten in vernunftgemäßer Weise ausführen kann, ist es notwendig, einige wichtige Thatsachen im Auge zu behalten:

1. daß metacentrische Höhe allein keine Garantie für die Stabilität eines Schiffes bietet;

2. daß Freibord allein keine Sicherheit gewährt;

3. daß, obgleich eine gewisse metacentrische Höhe bei einer Gelegenheit sehr gut für ein Schiff bei einem gewissen Tiefgang sein kann, dieselbe metacentrische Höhe bei einem andern Tiefgang unsicher sein würde; und selbst wenn es möglich wäre, dieselben Längen der aufrichtenden Hebelarme bei einem gewissen Neigungswinkel „leicht“ und „beladen“ zu erhalten, so würden doch die aufrichtenden Momente in jedem Falle sehr verschieden sein.

Gleiche metacentrische Höhen bei verschiedenem Tiefgange. Durch Einsichtnahme in die Kurven Nr. 5 und 18 (Fig. 87) werden

diese Punkte besser klar gelegt werden. Die Kurve Nr. 5 ist für ein Kastenschiff von 100 Fuß Länge, 30 Fuß Breite und 10 Fuß Tiefgang, bei 5 Fuß Freibord im beladenen Zustande, mit einer metacentrischen Höhe von 6,2 Fuß. Der Systemsschwerpunkt liegt 6,3 Fuß vom Boden des Schiffes. Die Kurve Nr. 18 ist für ein Schiff von 100 Fuß Länge, 30 Fuß Breite und 4 Fuß Tiefgang, bei 16 Fuß Freibord im „leichten“ Zustande und einer metacentrischen Höhe von 6,2 Fuß, mit dem Systemsschwerpunkt 14,5 Fuß vom Boden des Schiffes.

Würde man die metacentrische Höhe und den Freibord als alleinige Richtschnur ansehen, so würde das letztere Schiff bei weitem die größte Stabilität haben. Ein Vergleich der Kurven widerspricht dieser Schlußfolgerung und zeigt, daß, je höher der Systemsschwerpunkt bei einer bestimmten metacentrischen Höhe und einem bestimmten Freibord ist, desto kleiner der Winkel sein wird, bei welchem die vertikale Linie durch den Deplacementschwerpunkt die Mittellinie des Schiffes unterhalb des Systemsschwerpunktes schneidet; daher rührt denn auch der vermehrte Umfang der Stabilität bei der Kurve Nr. 5.

Fig. 90 zeigt die Stabilitätskurve einer Bark, welche nur 112 Tons Ballast an Bord hat. Die Länge des Schiffes ist 270 Fuß, die Breite 41 Fuß und der Freibord $17\frac{1}{2}$ Fuß bei einer metacentrischen Höhe von 2,9 Fuß und einem Deplacement von 1390 Tons. Der größte Hebelarm der Stabilität ist 0,69 Fuß bei 18° Neigung und das aufrichtende Moment $1390 \cdot 0,69 = 959$ Fußtons. Ferner verschwindet die Stabilität bei einem Winkel von nur 34° gänzlich.

Winddruck. Sowohl der obige größte Hebelarm als auch der Gesamtumfang der Stabilität sind nur gering für ein schwer bemastetes Schiff mit großer Segelfläche und man wird die Wirkung einer plötzlichen Böe bei starker Segelführung leicht einsehen. Im beladenen Zustande indessen, bei nur $5\frac{1}{2}$ Fuß Freibord, 4000 Tons Deplacement und einem viel niedrigeren Systemsschwerpunkt bei derselben metacentrischen Höhe würde dasselbe Schiff längere Hebelarme und ein größeres Moment, sowie auch größeren Gesamtumfang der Stabilität besitzen.

Menge und Anordnung des Ballastes. Wir wollen uns nun in die Lage eines Kapitäns versetzen, der sein Schiff ballasten soll; der Schiffsbaukonstrukteur hat uns gesagt, daß eine metacentrische Höhe von 3 Fuß im beladenen Zustande, was ein Deplacement von 4000 Tons giebt, das Schiff in guten seefähigen Zustand setzen wird.

Im leichten Zustande würde indessen dieselbe metacentrische Höhe bei 500 Tons Ballast und einem Deplacement von 2000 Tons erreicht werden.

Bei 10° Neigung würde der aufrichtende Hebel sein:

$$GM \cdot \text{Sinus des Neigungswinkels} = 3 \cdot 0,1736 = 0,52 \text{ Fuß.}$$

Was die Länge der Hebelarme bei diesem Neigungswinkel anbelangt, so sind die Schiffe bei diesen Tiefgängen sozusagen gleich. Indessen ist das aufrichtende Moment gleich Hebelarm mit Deplacement multipliziert. Beim beladenen Tiefgang ist also das aufrichtende Moment $0,52 \cdot 4000 = 2080$ Fußtons; beim leichten Tiefgange dagegen $0,52 \cdot 2000 = 1040$ Fußtons, also nur die Hälfte des aufrichtenden Moments im beladenen Zustande. Es ist daher klar, daß bei gleicher Segelfläche und gleicher Windstärke das leichte Schiff viel weiter überhellen würde, als das beladene; außerdem wird eine plötzliche Böe ungefähr den doppelten Neigungswinkel hervorrufen, als derjenige sein würde, welcher bei ruhigem Überhellen erreicht würde. Die meiste Bewegung ist immer an oder nahe der Oberfläche des bewegten Wassers; je leichter also ein Schiff ist, desto mehr schwimmt es an der Oberfläche und um so größer wird der Einfluß der Wellen und des Windes sein. Ist ein Schiff unter solchen Umständen sehr steif, so wird das Schlingern um so heftiger sein. Da nun ein aufrichtender Hebel allein kein aufrichtendes Moment giebt, sondern Hebelarm mit Deplacement multipliziert, so ist es klar, daß, um ein aufrichtendes Moment ohne außergewöhnliche metacentrische Höhe zu erhalten, nichts übrig bleibt, als das Schiff mehr einzutauchen, um Deplacement zu erhalten.

Nachdem wir uns dieses klar gemacht, wollen wir mit dem Einnehmen des Ballastes beginnen. Nehmen wir an, der Ballast wäre Sand, so würden wir aller Wahrscheinlichkeit nach finden, daß, wenn derselbe alle in den Unterraum geschüttet würde, unser Schiff viel zu steif wäre, wenn es genügend tief im Wasser läge.

Die Methode würde daher nicht zweckentsprechend sein. Wir wissen, daß wir Gewichtsteile erhöhen müssen, um die Entfernung zwischen Systemschwerpunkt und Metacentrum, oder mit andern Worten, die metacentrische Höhe, zu verringern. Ein Teil des Ballastes müßte daher im Zwischendeck geführt werden. Hier stoßen wir in vielen Fällen wieder auf eine Schwierigkeit. Hat nämlich ein Schiff mit guter Breite eine solche Tiefe, daß zwei Balkenreihen erforderlich sind und befindet sich kein Deck auf der unteren Balkenreihe, sondern sind die Balken extra stark und weit auseinander angeordnet, so läßt sich der Ballast schlecht aufbringen. Was wird man nun thun? Sehr häufig nichts; und wir können daraus folgende Schlüsse ziehen: erstens, daß die Kosten, um Anordnungen für geeignetes Ballasten zu treffen, für einige Reeder, deren Schiffe gut versichert, zu groß sind, oder andererseits, daß dieser Gegenstand aus purer Unkenntnis keine Beachtung findet. Man könnte unter diesen Umständen in der Mittellänge des Schiffes an

den Seiten zwei Tanks bauen, welche von den Raumbalken zum Oberdeck reichen und von denen jeder ca. 50 Tons fassen kann; dieses würde ein ausgezeichnetes Mittel sein. Jeder Tank würde etwa 30 Fuß lang, $8\frac{1}{3}$ Fuß breit und 7 Fuß hoch sein müssen. Besonders wenn ein Schiff mit Wasserballasttanks im Boden eingerichtet ist, könnte die Größe dieser oberen Tanks genau bestimmt werden; aber in jedem Falle kann der Schiffbaukonstrukteur genaue Angaben darüber machen, wie viel Ballast im Raum geführt werden muß.

Dieses Mittel wird, indem der System Schwerpunkt erhöht wird, das Schiff weniger steif machen und da das Gewicht sich an den Wägern befindet, wird das Schiff auch stetiger, d. h. ruhiger sein. Die Anwendung hat also einen doppelten Zweck.

Diese Methode würde die Kosten der Beplattung, Zusatzbalken und Stützen für die Tanks erfordern. Man ist nun im allgemeinen nicht für Mehrkosten; aber auf der einen Seite hat man die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit des Schadens am Schiff oder Verlust desselben mit den Menschenleben an Bord, und auf der andern Seite die verhältnismäßig geringen Mehrkosten, während das Schiff im Bau ist. Auch kann man diese Tanks für Ladung brauchen, besonders wenn eine Luke oben hineingebaut ist.

Dieselbe Idee könnte ausgeführt werden, wenn man die Ballasträume aus Holz herstellt und Sand oder Erde als Ballast gebraucht. Die erstere Methode ist indessen vorzuziehen, da man das Wasser durch einen Hahn an der Seite des Schiffes einfach ablassen lassen kann.

Mittel, um das Übergehen des Ballastes zu verhindern. Der andere Hauptpunkt beim Ballasten ist der, den Ballast so zu befestigen, daß ein Unglück durch Übergehen unmöglich wird. Hat man Wasserballast in Tanks, so ist alles in Ordnung, so lange die Tanks voll sind, denn man muß sich daran erinnern, wie wir auch später noch weiter ausführen werden, daß „Schlagwasser“ eine Schlagseite hervorrufen kann, wenn das Schiff rank ist. Nehmen wir aber an, das Schiff hätte Sandballast im Raum, so sollte die größte Vorsicht angewendet werden, um denselben, so weit es im Bereich der Möglichkeit liegt, unbeweglich zu machen. Der Wert von Längsschotten empfiehlt sich hier ebenso, wie bei Ladung, denn Ballast ist schließlich auch nur eine Art Ladung.

Eine andere mitunter angewandte Methode besteht darin, daß man den Ballast mit Planken bedeckt, welche durch Streben festgehalten werden. Dieses Verfahren ist auch ganz gut, muß aber sehr sorgfältig gemacht werden, denn wenn der Sand Raum findet, unter den Planken herauszukommen, oder die Streben sich losarbeiten, wird der Ballast leicht überschleßen.*

* Auf großen Schiffen thut man gut, außer den Streben noch Ketten über die Planken zu surren.

Anmerk. d. Übersetzers.

Wasser-Ballast. Unter der Menge in Frage kommender Einrichtungen beim Bau eines Schiffes hat man besonders den Tiefgang zu berücksichtigen. Die Tiefen der Dockeingänge, Häfen und Flüsse haben ihrerseits wieder großen Einfluß auf die Tiefen und Tiefgänge der Schiffe. Auf diese Weise sind die Reeder dazu gekommen, daß, wenn auch die Größe der Schiffe bedeutend zugenommen hat, diese Größe hauptsächlich ihren Grund in der vermehrten Länge und Breite der Schiffe hat, während die Rauntiefen nicht in gleichem Maße zugenommen haben.

Während nun Erde, Sand und Steine gewisse Vorzüge als Ballastmittel besitzen, so verursacht das Laden und Löschen von hunderten von Tonnen dieser Materialien oft viel Zeitverlust und Kosten. Der Vorteil, welchen sie haben, besteht darin, daß man sie irgendwo hinstauen kann, um eine gewisse Höhe des Systemschwerpunktes zu erreichen, wie wir oben angedeutet haben. Seitdem man aber mehr eiserne und stählerne Schiffe baute, kam man zu der Überzeugung, den Schiffsboden so konstruieren zu können, daß derselbe neben der gehörigen Stärke auch geeignet sei, Wasser für Ballast-, Stabilitäts- und Trimzwecke mitzuführen, ganz abgesehen davon, daß ein Doppelboden schon oft Schiff und Menschenleben gerettet hat, wenn der äußere Boden durch irgend eine Ursache leck geworden war. Zweifellos hat die Einteilung dieses wasserdichten Raumes in verschiedene wasserdichte Abteilungen denselben den Namen Trimttanks gegeben. Zu diesem Zwecke sind sie vorzüglich geeignet und können in fast jedem Fracht- und Passagierschiffe mit Vorteil verwandt werden. Verwendet man aber diese Trimttanks in der Weise, daß man glaubt, durch dieselben ein wirksames Ballastmittel zu erreichen, so kann man nicht ohne weiteres aussprechen, daß sie ein allgemeiner Erfolg sind.

Bei dem schwankenden Frachtenmarkt finden sich oft viele Frachtdampfer ohne Ladung. Leer nach See gehen, hieße dem Unfall die Hand bieten, denn wie jeder Seemann weiß, macht der ungeheure Freibord, die geringe Eintauchung und die oft mangelnde Stabilität diese „Tramps“ äußerst gefährlich und unmanövrierfähig bei schlechtem Wetter. Ballast zu nehmen wird daher zu einer Notwendigkeit. Nun hat die Bequemlichkeit der Doppelbodentanks so viel Einladendes, daß ihr Hauptgebrauch darin besteht, für Ballastzwecke zu dienen. Verschiedene Formen der Doppelboden-Ballasttanks sind konstruiert worden, aber das gebräuchlichste System ist dasjenige, welches man „Doppelboden nach dem Zellenystem“ nennt. (Fig. 55.)

Doppelbodentanks sind allein nicht passend, um ein Schiff gehörig zu ballasten. Nachdem wir nun dieses anscheinend so zu empfehlende System für unsere modernen „Tramps“ haben, deren Loß es am meisten ist, lange und selbst atlantische Reisen in Ballast mit vielleicht einigen hundert Tonnen Bunkerkohlen zu machen, be-

Klagen sich viele der Offiziere über die elende Existenz, welche sie in schlechtem Wetter durch heftiges Schlingern, schlechtes Steuern und schlechtes Manövrieren ihrer Schiffe haben. Es muß also irgendwo etwas nicht in Ordnung sein, und da unser Doppelbodentank nicht den Erwartungen entspricht, so wollen wir sehen, auf welche Weise er in unser Schiff hinein kommt.

Nehmen wir die Spezifikation eines gewöhnlichen Frachtdampfers zur Hand, welcher nach Lloyds Klasse 100 A 1 gebaut werden soll, so werden wir meistens den Satz finden: „Doppelboden nach dem Zellenystem durch die ganze Länge für Wasserballast, Lloyds Anforderungen entsprechend“. Was bedeuten nun aber Lloyds Anforderungen? Anforderungen in bezug auf das Ballasten etwa? Nein. Das Ballasten liegt gänzlich außer dem Bereich von Lloyds. Weder Lloyds noch irgend eine andere Klassifikations-Gesellschaft stellt irgend welche Ansprüche in bezug auf das Ballasten. Ballasten ist ein Gegenstand, welcher nur den Schiffszwecker oder dessen Stellvertreter angeht. Der Reeder kann sich ein Schiff ganz nach seinem Geschmack bauen lassen und irgend welche Anordnungen in bezug auf das Ballasten treffen, z. B. Doppelboden auf der ganzen Länge oder für einen Teil der Länge; tiefe Tanks; Piktanks; den Raum oder einen Teil des Raumes; Bunkerräume etc. So lange sein Schiff nur nach den Regeln dieser Gesellschaften, was Stärke anbetrifft, gebaut ist und die Bauverhältnisse der Räume für Wasserballast zu ihrer Zufriedenheit sind, wird das Schiff mit einem Minimum-Freibord klassifiziert werden.

Ein Schiff kann auch ganz ohne irgend welche Einrichtungen für Ballast gebaut werden, und wegen seiner besonderen Bauart mag es unmöglich sein, Wasser als Ballast zu führen; dennoch kann es die höchste Klasse erhalten und allen Anforderungen des Board of Trade (Handelsministerium) genügen. Wenn ein Doppelboden in ein Schiff hineingebaut wird, so ist nirgends gesagt, daß ein solcher Raum hinlänglich und geeignet ist, um das Schiff wirksam zu ballasten, sondern derselbe bietet einfach ein Mittel dar, um Wasser als Ballast oder für Trimzwecke mitzuführen, oder auch frisches Wasser für Kessel oder zu irgend einem andern Zweck, wie es in den Absichten des Reeders und in dessen Nutzen liegen mag.

Es würde unnötig gewesen sein, in diese Einzelheiten weiter einzugehen, wenn es nicht deshalb geschehen wäre, um der ziemlich verbreiteten Ansicht zu widersprechen, daß, weil der Doppelboden Lloyds Anforderungen entspricht, derselbe nun auch geeignet und genügend für das Ballasten sein müsse. Daß diese Ansicht besteht, läßt sich leicht dadurch beweisen, daß sehr viele Schiffe beständig in See gehen, welche nur auf diesen Ballast und einen größeren oder kleineren Betrag von Bunkerkohlen angewiesen sind. Wir brauchen nur die Methode zu verfolgen, nach welcher in Lloyds Vor-

schriften die Dimensionierungen von Doppelboden-Ballasttanks gefunden werden, um zu verstehen, daß die Vorschriften nicht dazu ausgegeben worden sind, damit die Doppelböden als genügende Ballastbehälter für die verschiedenartigsten Schiffstypen angesehen werden sollen.

Als Beispiel wollen wir einen gewöhnlichen Dreieck-Tramp-Steamer nehmen, mit Poop, Brückenhaus und Back, aus Stahl nach den Regeln für Volldeckschiffe und Klasse 100 A 1 (Lloyds) erbaut. Seine Dimensionen sollen sein: Länge 350 Fuß, Konstruktionsbreite 45 Fuß und Seitenhöhe 29 Fuß.

Um nun die Einzelheiten der Konstruktion des Ballasttanks zu finden, müssen wir nach Lloyds Vorschriften in folgender Weise verfahren:

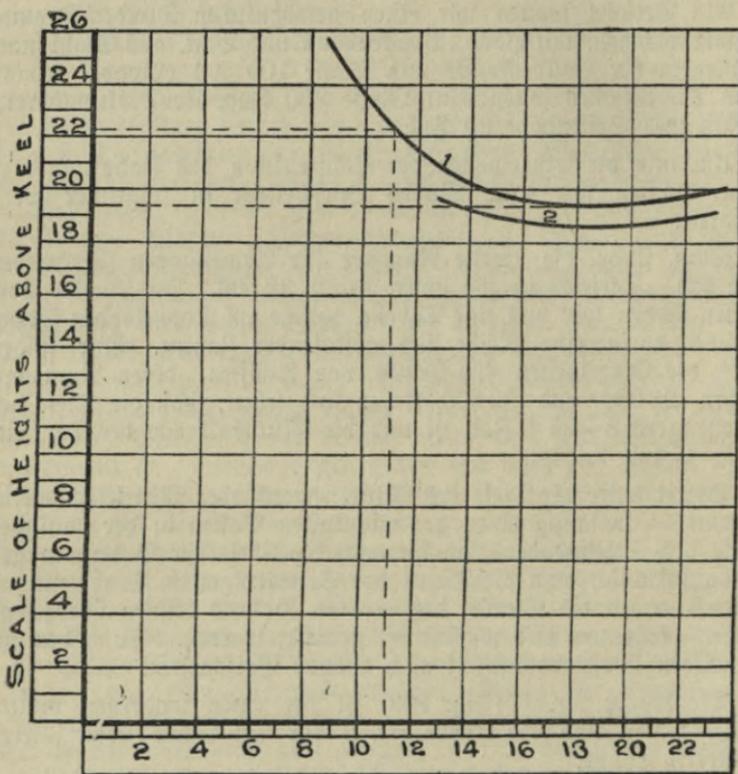
Man finde die zweite Nummer für Abmessungen (beschrieben Seite 62). Dieselbe ist für unser Schiff 32 506. In Lloyds Vorschriften finden wir nun eine Tabelle, welche auf Doppelböden Bezug hat und darin eine Reihe sich abstufernder Zahlen. Wir finden weiter die Einzelheiten für Tanks von Schiffen, deren Nummern zwischen 28 000 und 33 000 liegen und sehen, daß die Tiefe des Mittelträgers 3 Fuß 6 Zoll ist und die Minimalbreite der Tankseite 2 Fuß 4 Zoll beträgt.

Damit wäre die Tiefe des Mittelträgers oder Mittelkielschweins bestimmt — beiläufig einer der wichtigsten Posten in der baulichen Stärke des Schiffsbodens, da hiernach die Tiefe der Bodenwrangen und hauptsächlich auch die Tiefen der Seitenträger im Tank bestimmt werden — und die Platten des inneren Bodens können übergelegt, genietet, verstemmt und wasserdicht gemacht werden. So haben wir nun unsern Wasserballasttank nach Lloyds Vorschriften.

Die Kurve Nr. 1 (Fig. 102) ist für einen modernen breiten Frachtdampfer und die Kurve Nr. 2 für ein Schiff vom älteren schmälern Typus.

Wir sehen, daß bei geringem Tiefgang das Metacentrum die größte Höhe über dem Kiel hat, einfach deshalb, weil die große Bodenbreite, namentlich der neueren Schiffe, die Ursache ist, daß sie bei verhältnismäßig geringen Tiefgängen ein großes Trägheitsmoment der Schwimmebene im Vergleich zum Displacement bei demselben Tiefgang haben. Bei vermehrtem Displacement findet man indessen, daß das Metacentrum rasch sinkt, welches seinen Grund darin hat, daß die dem Tiefgang im unbeladenen Zustande folgenden Schwimmemebenen nur wenig an Völligkeit zunehmen und infolgedessen das Trägheitsmoment auch nur unbedeutend größer wird. Andererseits nimmt das Displacement verhältnismäßig viel rascher zu und so haben wir:

Wenig vermehrtes Trägheitsmoment
 Stark vermehrtes kubisches Displacement = einem bedeutend niedrigeren Metacentrum, ungeachtet der Thatsache, daß mit jeder Vermehrung des Tiefgangs der Displacementschwerpunkt steigt und das Bestreben hat, das Metacentrum hochzuhalten.



Tiefgangsskala.

Scale of heights above keel = Skala der Höhen über Kiel.

Nr. 1. Dampfer von 360 Fuß Länge, 47 Fuß Breite und 28 Fuß Seitenhöhe. Tiefgang leicht 8 Fuß 6 Zoll; Metacentrum 25 Fuß 8 Zoll über Kiel.

Nr. 2. Dampfer von 376 Fuß Länge, 43 Fuß Breite und 29 Fuß 1 Zoll Seitenhöhe. Tiefgang leicht 12 Fuß 11 Zoll; Metacentrum 19 Fuß 7½ Zoll über Kiel.

Fig. 102. — Kurven der Quers-Metacentren.

Die Verschiebung des Metacentrums nach unten dauert an bis in die Nähe der Tiefadellinie. Das Verhältnis des Trägheitsmomentes der unteren und oberen Wasserlinien zu den bezüglichen Displacements hat sich so weit geändert, daß das beständige Steigen des Displacementschwerpunktes schließlich die Wirkung hat, daß das Metacentrum

auch wieder zu steigen beginnt. (Kurve 1 und 2.) Es scheint also, daß wir in diesen natürlichen Bewegungen des Metacentrums das Geheimnis des richtigen Ballastens haben.

Mit den Schlußfolgerungen, welche wir aus diesen einfachen Betrachtungen des Metacentrums ziehen, kehren wir nun zu unseren Doppelbodentanks zurück und untersuchen die Klagen, welche gegen Schiffe, die nur vermittelt der selben geballastet sind, aufgeführt werden.

Zunächst also schlingern viele dieser Schiffe sehr stark und bereiten der Besatzung dadurch große Unbequemlichkeit, nicht zu vergessen, daß die Schiffe selbst durch das starke Schlingern schweren Beanspruchungen unterworfen werden. Einige der schmälern Schiffstypen (namentlich ältere) haben nur geringe metacentrische Höhe und in einigen Fällen im leichten Zustande sogar eine negative metacentrische Höhe. (Vergl. die metacentrischen Höhen im leichten Zustande Nr. 1 und Nr. 2; Fig. 102).

Füllt man die Doppelboden-Ballasttanks, so erhält man jedenfalls eine positive metacentrische Höhe, welche indessen nicht besonders groß sein wird, und daher sind diese Schiffe ruhiger im Seegange. In der letzten Zeit hat man aber die Schiffe bedeutend breiter gemacht. Wenn nun auch der Systemschwerpunkt sowohl beim breiten wie beim schmalen Schiffe dieselbe Höhe über dem Kiel haben mag, so wird doch das Metacentrum beim breiteren Schiffe höher liegen und die metacentrische Höhe größer sein, so daß einige dieser Schiffe wirklich steif sind und im leichten Zustande mit völliger Sicherheit stehen. Gehen sie dann unbeladen nach See, so werden die Ballasttanks gefüllt; der Systemschwerpunkt kommt dadurch bedeutend niedriger und die naturgemäß große metacentrische Höhe wird kaum vermindert, trotzdem bekanntlich das Metacentrum bei vermehrtem Tiefgange bei breiten Schiffen schneller sinkt. Fig. 102 veranschaulicht einen solchen Vergleich. Viele von diesen modernen breiten Schiffen sind ungewöhnlich steif und erhalten deswegen den Ruf, daß ihre Bewegungen in See sehr lebhaft sind.

Diese Bemerkungen über das Metacentrum werden weiter durch Fig. 103 klar gestellt. Hier haben wir eine Anzahl von Stabilitätskurven, welche aufrichtende Hebel bis zu 90° Neigung zeigen.

Die Kurve Nr. 1 ist für einen leeren Dampfer von 376 Fuß Länge, 43 Fuß Breite und 29 Fuß 1 Zoll Seitenhöhe mit 0,78 Fuß metacentrischer Höhe. Man kann diesen Dampfer als Repräsentant des schmalen Typs ansehen; das Verhältnis der Tiefe zur Breite ist 0,677. Leider haben wir keine Kurve, welche uns die Stabilität des Schiffs in Ballast zeigt. Wahrscheinlich würde es indessen mit vollen Ballasttanks und Bunkern etwa 2 Fuß 6 Zoll metacentrische Höhe haben, was, nach der Kurve für das leere Schiff zu urteilen, ein gutes aufrichtendes Moment bei großen Neigungen geben würde.

Mit dieser Kurve vergleichen wir Nr. 2, welche für ein Schiff von 302 Fuß Länge, 40 Fuß 6 Zoll Breite und 24 Fuß 11 Zoll Seitenhöhe ist. Hier ist das Verhältnis der Tiefe zur Breite 0,615 und die metacentrische Höhe 7,3 Fuß „leer“; ebenso vergleichen wir Nr. 3, welche für ein Schiff von 360 Fuß · 48 Fuß · 27 Fuß 3 Zoll ist. Das Verhältnis der Tiefe zur Breite ist 0,568 und die metacentrische Höhe 11,09 Fuß im leichten Zustande. Die Kurven dieser beiden Schiffe sind gute Repräsentanten einer großen Anzahl der neueren breiten Frachtdampfer. Mit vollen Ballasttanks und Bunkern haben diese zwei Schiffe metacentrische Höhen von bezw. 5,63 und 8,45 Fuß und mit leeren Bunkern und vollen Ballasttanks 7,15 und 10,83 Fuß (siehe Kurven 4 bis 7). Es ist kaum nötig, zu sagen, daß solche metacentrische Höhen enorme Stabilität anzeigen und die Wirkung dieser Eigenschaft ist jedem Seemann bekannt. Wie schon angegeben, ist die metacentrische Höhe für das Schiff von 302 Fuß Länge im leichten Zustande 7,3 Fuß und dennoch ist, nachdem die Doppelbodentanks gefüllt sind und dieses große Gewicht in die möglichst niedrige Lage gebracht worden, die metacentrische Höhe 7,15 Fuß; also etwas weniger als im leichten Zustande.

Es ist daher klar, daß, wenn auch der Systemsehwerpunkt beträchtlich gesunken ist, solches in noch höherem Grade mit dem Metacentrum der Fall gewesen ist. Sind dagegen nicht nur die Ballasttanks, sondern auch die Bunker voll, so ist die metacentrische Höhe nur 5,63 Fuß, was wahrscheinlich daher rührt, daß die Bunker bedeutend höher wie die Ballasttanks liegen. Hierdurch wird also der Systemsehwerpunkt nur wenig oder gar nicht erniedrigt, während das Metacentrum bei diesen Tiefgängen für breite Schiffe schnell sinkt. Diese Bemerkungen gelten auch für das Schiff von 360 Fuß Länge, und beobachtet man die metacentrischen Höhen bei gleichen Bedingungen, so findet man ähnliche Resultate.

Einen größeren Unterschied finden wir bei dem Schiffe von 376 Fuß. Erstens ist das Metacentrum nur etwa einen Fuß von seiner niedrigsten Lage, wenn das Schiff „leicht“ ist (Kurve 2 Fig. 102) und das Füllen des Ballasttanks muß den Systemsehwerpunkt dermaßen erniedrigen, daß eine größere metacentrische Höhe die Folge davon ist. Wie wir schon geschätzt haben, wird die metacentrische Höhe etwa 2,5 Fuß sein und die Stabilitätskurve wird steiler aufsteigen und große aufrichtende Hebel zeigen.

Ebenso bemerken wir, daß, obgleich die metacentrischen Höhen und Freiborde sowohl des 302 Fuß, wie des 360 Fuß langen Schiffes durch das Füllen der Ballasttanks und der Bunker verringert werden, dennoch infolge des Sinkens des Systemsehwerpunktes die aufrichtenden Hebel bei kleinen Neigungswinkeln geringer sind, wie

durch die kleinere metacentrische Höhe angezeigt, dagegen größer bei größeren Neigungswinkeln.

Eine andere Plage, welche gegen „Tramps“ mit gewöhnlichem Ballast erhoben wird, ist die Unlenksamkeit. Keiner wird die Tristigkeit dieser Anklage bezweifeln bei einem Schiffe, welches ohne Ballast nach See geschickt wird. Wird ein Schiff indessen gehörig mit Ballast versehen, so sollten die Verhältnisse sich doch bessern. Als Beispiel wollen wir einen Frachtdampfer nehmen mit einer Lade-fähigkeit von 5800 Tons Schwergut. Bei voller Ladung ist der Freibord 5 Fuß. Der Doppelboden hat ein Aufnahmevermögen von 900 Tons, also nur etwa den 6. Teil der Lade-fähigkeit an Schwergut. Nun wollen wir annehmen, daß noch etwa 300 Tons Bunkerkohlen hinzukommen. Als Ballast hat das Schiff beim An-tritt der Reise also 1200 Tons oder etwa den 5. Teil seiner Lade-fähigkeit an Bord. Der Tiefgang ist nun 11 Fuß 6 Zoll auf ebenem Kiel gegen 23 Fuß 0 Zoll beladen und der Freibord beträgt 16 Fuß 6 Zoll gegen 5 Fuß 0 Zoll. Die Schraube ist etwas mehr als zur Hälfte eingetaucht bei ruhigem Wasser, während dieselbe bei voller Ladung mehr wie ganz unter Wasser ist. Nehmen wir an, daß wir es es mit einem gewöhnlichen Frachtdampfer zu thun haben, welcher etwa 10 Knoten macht und in Ballast sehr steif ist, so wird er sowohl schlingern als auch stampfen.

Die Schraube, welche bei schlichter See nur teilweise eintaucht, ist während der lebhaften Bewegungen des Schiffes häufigen Ein- und Austauchungen unterworfen. Beim Stampfen wird der breite Bug des Schiffes beständig gegen Wasserwälle stoßen und das Schiff empfindet verhältnismäßig größeren Widerstand von vorn, als wenn es beladen wäre; außerdem hat die Schraube nicht die volle Wirksamkeit. Hat dieselbe einige Augenblicke in der Luft herumgewirbelt, kommt ein plötzlicher Stoß, eine Erschütterung, wenn die Schraubenflügel das Wasser treffen; ein Hauptgrund für das Verlieren von Schraubenflügeln und Wellenbrüche. Auch ver-liert das Ruder durch das Austauchen und durch die verringerte Fahrt sehr an Wirkung. Schließlich kommt noch der große Frei-bord und alle Deckaufbauten, welche der Gewalt des Windes große Angriffspunkte bieten, hinzu. Da nun namentlich beim Flachkiel die Abriß eine große ist und die Fahrt durchs Wasser mitunter auf ein Minimum beschränkt wird, so ist wirkliches Treiben das Ergebnis.

Um einen Teil dieser schlechten Eigenschaften zu vermindern, hat man in vielen Schiffen hintere Piktanks eingerichtet (Trintanks). Hierdurch erhalten Schraube und Ruder größere Eintauchung, aber während vielleicht der mittlere Tiefgang um einige Zoll vermehrt worden ist, taucht der Vorderteil so viel höher aus dem Wasser und wenn man mit seitlichem Winde fährt, so wird dieser Umstand die Wirkung haben, daß der Kopf des Schiffes abfallen muß.

Jeder Seemann weiß, daß ein Heilmittel gegen übergroße Stabilität (große metacentrische Höhe) darin besteht, Gewichtsteile, welche schon an Bord sind, in eine höhere Lage zu bringen, oder auch mehr Topgewicht überzunehmen, um dadurch den System-*schwerpunkt* zu erhöhen. Wir wollen es einmal mit der ersteren Methode versuchen. Anstatt daß der zellenförmige Doppelboden sich über die ganze Länge erstreckt, soll derselbe nur einen Teil der Länge einnehmen, und wir wollen annehmen, der verbleibende Teil des Wasserballastes sei im Zwischendeck in geeigneten Tanks untergebracht. Durch solche Mittel können wir sozusagen jede gewünschte metacentrische Höhe bekommen. Dieses ist aber mitunter ein gefährliches Experiment, und wie schon angedeutet, namentlich bei Segelschiffen; denn indem wir uns eine anscheinend wünschenswerte metacentrische Höhe sichern, rauben wir möglicherweise unserm Schiffe die nötige Stabilität, wenn es bedeutend übergehellt wird.

Gehen wir nun zurück zu unserer metacentrischen Kurve Nr. 1 Fig. 102, so haben wir gesehen, daß das Metacentrum bei geringen Tiefgängen sehr hoch liegt. Den Versuch zu machen, sich solchen hohen Metacentren mit dem System*schwerpunkt* zu nähern, indem man den Ballast erhöht, um das Schiff ruhiger zu machen, würde nur die Möglichkeit eines Unfalles vermehren. Jede nach oben gerichtete Bewegung des System*schwerpunktes* verkürzt sowohl die aufrichtenden Hebelarme als auch den Gesamtumfang der Stabilität. Haben wir also den Ballast so hoch aufgebracht, daß wir eine mäßige und wünschenswerte metacentrische Höhe erlangt haben, so ist vielleicht das Resultat ein seeuntüchtiges Schiff; ein Schiff mit guter metacentrischer Höhe unter andern Bedingungen, aber mit zu wenig Reserve-Stabilität bei möglichen Neigungswinkeln. Denn selbst Schiffe, welche die allerbesten Abmessungen haben und deren sonstige Eigenschaften nichts zu wünschen übrig lassen, können eine derartige See antreffen, daß sie außerordentlich überholen. Man wird daher leicht einsehen, wie gefährlich es bei einem Schiffe werden kann, wenn man sich kleine metacentrische Höhe auf Kosten von kurzen Hebelarmen und verringertem Gesamtumfang der Stabilität verschafft. (Fig. 104).

Es ist daher klar, daß, namentlich bei breiten Schiffen mit geringem Tiefgange und dem gewöhnlichen Betrage des Wasserballastes, nichts übrig bleibt, um sicher zu fahren, als eine größere metacentrische Höhe in den Kauf zu nehmen, wie bei beladenem Schiffe erforderlich sein würde. Durch den gewöhnlichen Doppelboden-Ballast kann nichts hieran geändert werden und man muß demnach mit philosophischer Ruhe das Schlingern und die andern Unzuträglichkeiten über sich ergehen lassen.

Um also sichere und wünschenswerte Resultate zu erzielen, ist mehr Ballast erforderlich, als wie man durch den gewöhnlichen

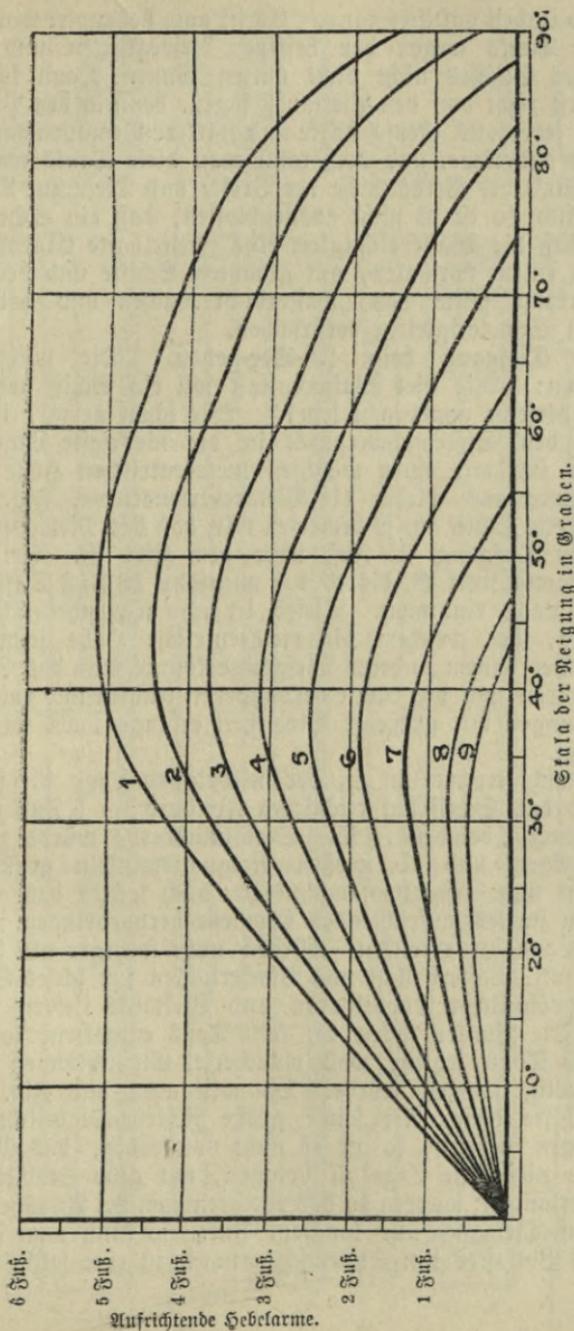
Doppelboden erhält, nicht so sehr um die Lage des Systemschwerpunktes zu verändern, sondern namentlich um das Schiff mehr einzutauchen. Warum? Einfach deshalb, weil bei vermehrtem Displacement das Metacentrum rasch sinkt und wir deshalb nicht mit der Lageänderung des Systemschwerpunktes zu operieren brauchen und dadurch den Gefahren bei schwerem Schlingern und plötzlichem Überholen aus dem Wege gehen.

Nimmt man mehr Ballast an Bord (vergrößertes Displacement), so kommt ein sicheres Verhältnis zwischen Metacentrum und Systemschwerpunkt zu Stande. Mäßige metacentrische Höhe mit dem Systemschwerpunkt in der möglichst niedrigen Lage, wird die besten Resultate zeitigen, denn hierdurch kann man eine langsame Schlingerperiode und leichtes Überholen erreichen, verbunden mit reichlichem aufrichtenden Moment bei großen Neigungswinkeln und gutem Gesamtumfang der Stabilität. Diese wünschenswerte Lage kann nie erreicht werden, wenn man nach der gewöhnlichen Methode nur Tanks im Boden hat, welche nach Lloyds Vorschriften von 3 bis 4 Fuß Tiefe haben. Ebenso wenig würde man solches erzielen können, wenn man diesen Tanks die doppelte Tiefe gäbe, was auf keinen Fall zu empfehlen sein würde. Denn wenn auch das mehr als doppelt so große Quantum des Ballastes den Tiefgang und das Displacement vermehrt, wodurch das Metacentrum tiefer zu liegen kommt, so ist andererseits kein gutes Verhältnis mit dem Systemschwerpunkt erreicht, der eine tiefere Lage wie früher einnehmen würde.

Daß mehr Ballast erforderlich ist, um das Verhalten und die Lenksamkeit der Schiffe auf See zu verbessern, ist vielen Reedern bekannt und in ihren Kontrakten für neue Schiffe haben sie ansgemacht, daß tiefe Tanks in einer bestimmten Stelle des Schiffes eingebaut werden. Aber selbst diese haben nicht immer den gehegten Erwartungen entsprochen. Verschiedene Kapitäne, welche diese Tanks hatten, haben erklärt, daß das Verhalten der Schiffe wenig besser sei und die Tanks oft viel Mühe und Ärger durch Lecken verursachten.

Man braucht sich nun nicht so sehr darüber zu wundern, daß viele Schiffe sich mit dieser Einrichtung wenig besser verhalten, denn die Anordnung des Ballastes ist ungefähr nach demselben Grundsatz ausgeführt, als wenn ein Durchschnitts-Stauer ein Schiff beladet, von dem er wenig kennt. In vielen Fällen sind solche Schiffe fast ebenso steif, als wenn sie nur ihren Doppelboden-Ballast hätten und ihr Verhalten auf See zeigt wenig oder gar keine Verbesserung.

Das Lecken der Tanks entspringt oft nur der Sorglosigkeit oder Unkenntnis. Anstatt daß die Tanks ganz bis aufs Äußerste voll Wasser gemacht werden, bleibt oft oben ein leerer Raum und es gehört nur etwas gesunder Menschenverstand dazu, um einzusehen, daß bei einem schlingernden Schiff eine solche große Menge Schlag-



Nr. 1. Dampfer von 360 Fuß Länge, 48 Fuß Breite und 27 Fuß 3 Zoll Seitenhöhe mit hohem Ballastkants und Quatern. $MG = 8,46$ Fuß.
 Nr. 2-8 zeigen die Wirkung, wenn der Systemichwerpunkt 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7 Fuß nacheinander erhöht wird, wodurch die metacentrischen Höhen 7,45, 6,46, 5,45, 4,45, 3,46, 2,46 und 1,45 Fuß werden.
 Nr. 9. $MG = 1$ Fuß.

Fig. 104. — Stabilitätskurven, welche die Wirkung der Erhöhung des Systemichwerpunktes zeigen.

wasser allerhand Unheil anstiften kann. Es ist auch behauptet worden, daß man diese Tanks wegen der heftigen Bewegungen und Erschütterungen des Schiffes nicht dicht halten könne. Dann könnte man dasselbe erst recht von den Piekantks sagen, denn in den Piekten haben dieselben jedenfalls ebenso starke und stärkere Beanspruchungen zu ertragen wie anderswo, und doch kann man diese Tanks wasserdicht halten. Sind die Verhältnisse der Breite und Tiefe zur Länge ganz ungewöhnlich, so ist es nicht ausgeschlossen, daß ein Schiff so arbeiten kann, daß die Wasserdichtigkeit eine zweifelhafte Eigenschaft wird; aber bei einem normalen, gut gebauten Schiffe und bei gehöriger Verstärkung sollte das „wasserdicht machen und halten“ keine besonderen Schwierigkeiten verursachen.

Geringster Tiefgang beim In-See-gehen. Die wichtigen Fragen sind nun: „Wie viel Wasserballast soll ein Schiff nehmen und wie muß derselbe angebracht sein?“ Wie schon gesagt, ist es wünschenswert, den Systemschwerpunkt in die niedrigste Lage zu bringen, welche sich mit einer mäßigen metacentrischen Höhe verträgt. Sehen wir uns wieder die Metacentrumskurve, Fig. 102 Nr. 1 für das breite Schiff an, so bemerken wir, daß das Metacentrum bei unbeladenem Tiefgang 25 Fuß über dem Kiel ist. Bei zunehmendem Tiefgang sinkt es, bis es bei ungefähr 18 Fuß Tiefgang seine niedrigste Lage einnimmt. Dieses ist also wahrscheinlich der Muster-Tiefgang, bei welchem die metacentrische Höhe festgesetzt werden muß. Bei keinem anderen Tiefgange könnte man das Schiff leichter raut machen und die damit verbundenen leichten und ruhigen Schlingerbewegungen mit größerer Sicherheit erlangen, als wie bei diesem Tiefgange.

Der Systemschwerpunkt ist in der niedrigsten Lage für solche Bedingung und das Schiff hat reichlichen Freibord — 5 Fuß mehr als beim Tiefgang „beladen“. Die Stabilitätskurve würde zuerst allmählich ansteigen und bei großen Neigungswinkeln genügend große Hebelarme und Gesamtumfang zeigen; auch würde das große Deplacement ein starkes aufrichtendes Moment hervorbringen. Um diese günstige Lage zu erreichen, würden nicht weniger als 3700 Tons Gewicht inkl. Wasserballast und Bunkertohlen für dieses Schiff nötig sein. Gewöhnlicher Doppelboden und Piekantks liefern 1000 Tons hierzu. Die Bunker sollen ca. 500 Tons enthalten, so daß uns noch 2200 Tons fehlen, was mancherlei Einrichtungen und große Kosten nötig machen würde. Da wir aber aus Fig. 103 sehen, daß Schiffe dieser Art solche große Reserve-Stabilität bei großen Neigungen besitzen, so ist es nicht notwendig, das Metacentrum in die niedrigste Lage zu bringen, um gute Stabilitätsverhältnisse zu erlangen; sondern da das Metacentrum bei Annäherung an den 18 Fuß-Tiefgang nur langsam sinkt, so kann man durch Anordnung des Ballastes den Systemschwerpunkt in eine solche Lage

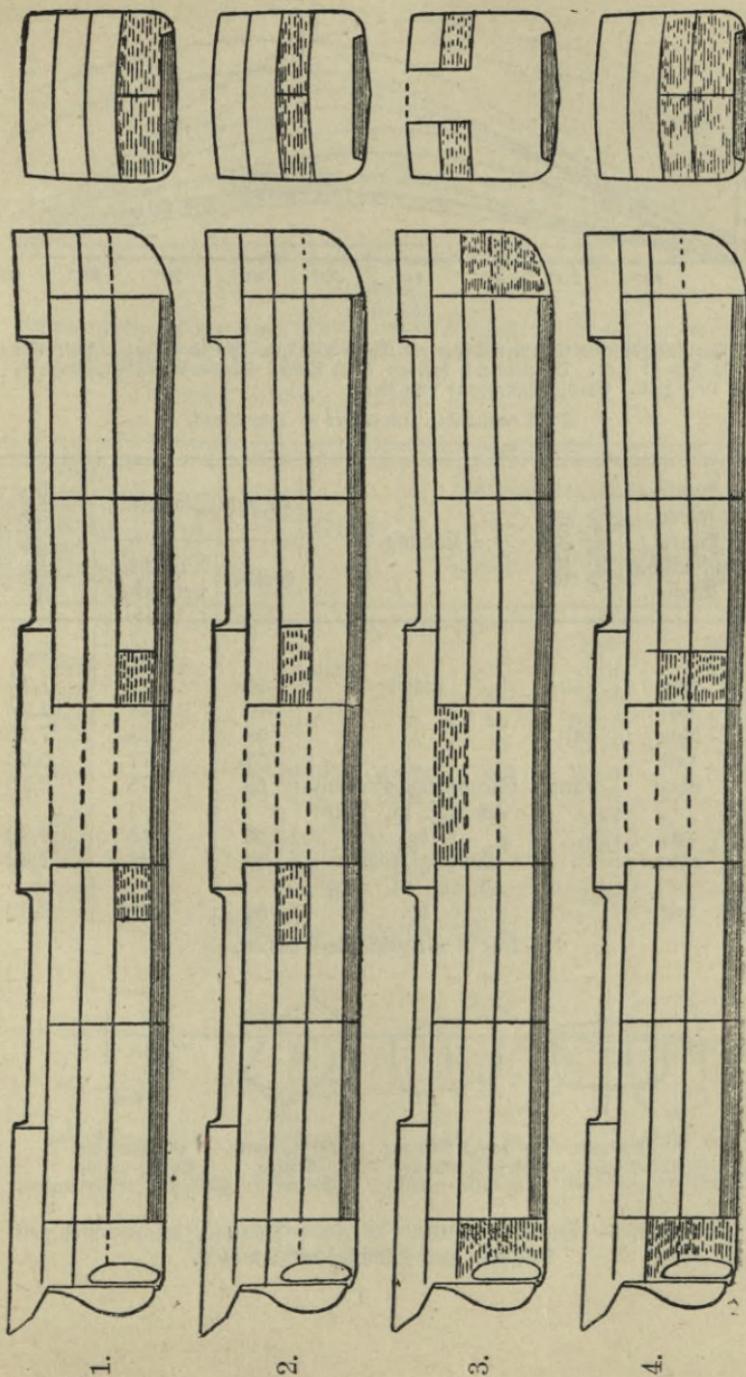


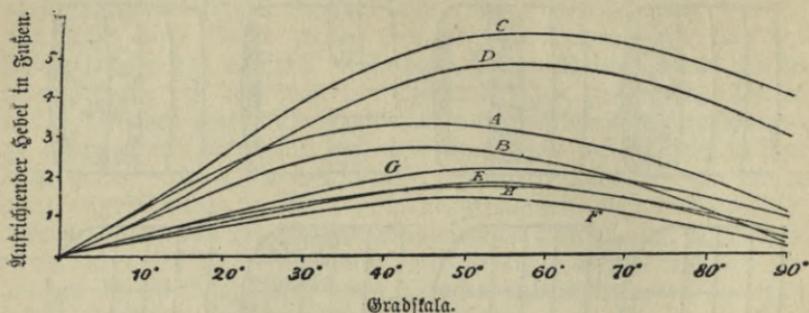
Fig. 105,

1.

2.

3.

4.



Stabilitätskurven für einen Dampfer. Länge 302 Fuß. Breite 40 Fuß 6 Zoll. Seitenhöhe 24 Fuß 11 Zoll. Displacement beladen 5183 Tons. Freibord beladen, Lage F, = 4 Fuß 10 1/2 Zoll. Poop, Brückenhaus und Bad.

Schiff vollständig ausgerüstet — Dampf auf.

Lage.	Bunker- kohlen, Vorräte und frisches Wasser.	Wasser= ballast.	Ladung.	Größe Stabilität.		Höhe des Metacentrums über Schiffs- schwerpunkt.
				Grade.	Aufrichten= der Hebel.	
A	ohne	ohne	nichts	45	3,31	7,30
B	mit	"	"	46	2,68	4,92
C	ohne	mit	"	58	5,58	7,15
D	mit	"	"	57	4,77	5,63
E	ohne	ohne	Gleichartige Ladung 48 Rbf. pr. Ton	53	1,85	2,15
F	mit	"	do.	50	1,45	1,99
G	ohne	"	Ladung Kohlen 45 Rbf. pr. Ton	55	2,22	2,62
H	mit	"	do.	52	1,78	2,43

Lage F mit gleichartiger Ladung.

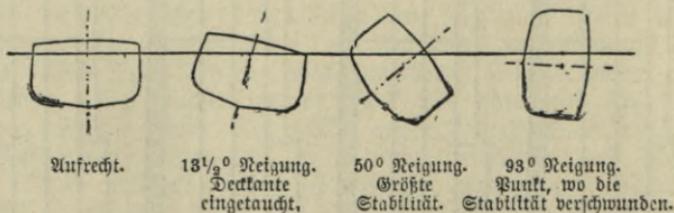
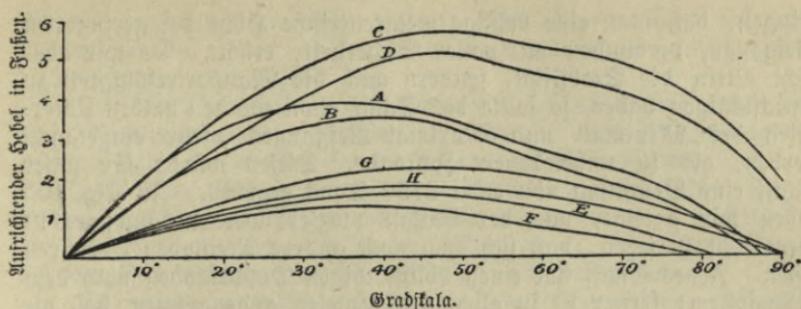


Fig. 106. — Stabilitätskurven für einen Dampfer bei verschiedenen Ballast- und Ladungsverhältnissen.



Stabilitätskurven für einen Dampfer. Länge 360 Fuß. Breite 48 Fuß. Seitenhöhe 27 Fuß 3 Zoll. Displacement beladen 8050 Tons. Freibord beladen, Lage F, = 5 Fuß 5 Zoll. Poop, Brückenhaus und Bad.

Schiff vollständig ausgerüstet — Dampf auf.

Lage.	Bunker- kohlen, Vorräte und frisches Wasser.	Wasser= ballast.	Ladung.	Größte Stabilität.		Höhe des Metacentrums über System= schwerpunkt.
				Grade.	Aufrichten= der Hebel.	
A	ohne	ohne	nichts	35	3,96	11,09
B	mit	"	"	39½	3,58	8,09
C	ohne	mit	"	45	5,79	10,83
D	mit	"	"	46	5,18	8,45
E	ohne	ohne	Gleichartige Ladung	39½	1,68	3,16
F	mit	"	51 Rbf. pr. Ton	37	1,31	3,12
G	ohne	"	do. Kohlen=Ladung	43	2,25	4,02
H	mit	"	45 Rbf. pr. Ton do.	41	1,82	3,92

Lage F mit gleichartiger Ladung.

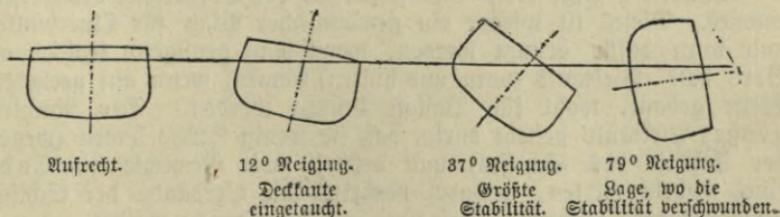


Fig. 107. — Stabilitätskurven für einen Dampfer bei verschiedenen Ballast- und Ladungsverhältnissen.

bringen, daß man eine mäßige metacentrische Höhe bei geringerem Tiefgange, verbunden mit voller Sicherheit, erhält. Da wir aber nicht allein die Stabilität, sondern auch die Manövrierfähigkeit zu berücksichtigen haben, so sollte das Schiff etwa um den halben Unterschied des Minimal- und Maximal-Tiefganges mehr eingetaucht werden, als in unbeladenem Zustande. Dieses würde für unser Schiff eine Belastung von etwa 2750 Tons ergeben. In Fig. 105 haben wir gezeigt, wie der Ballast plaziert werden kann; es ist aber leicht zu sehen, daß sich auch noch andere Methoden einführen lassen. Jedes Schiff hat einen vollständigen Doppelboden nach dem Zellen-system; ferner ist in allen 4 Beispielen angenommen, daß die Schiffe mindestens 3 Decks haben, resp. von solchen Rauntiefen sind, daß sie 3 Decks oder einen gleichwertigen Ersatz dafür haben müssen. Für Schiffe von geringeren Rauntiefen ist natürlich eine Einschränkung nötig.

Beispiel 1 zeigt einen tiefen Tank vor und hinter dem Maschinen- und Kesselraum. An Stelle des vorderen ist in vielen Schiffen ein Querbunker. Wenn derselbe voll wäre, würden die Kohlen natürlich als Ballast dienen. Durch passende größere Verstärkungen kann derselbe leicht so gebaut werden, daß man Wasserballast darin führen kann, wenn keine Kohlen vorhanden sind. Man könnte diese Tanks noch kürzer, aber entsprechend höher machen.

Beispiel 2 zeigt eine Anordnung, wo ein oder zwei Räume im untern Zwischendeck für Ballast eingerichtet sind.

Beispiel 3 führt einen Fall vor, wo der Ballast noch höher angebracht ist. In manchen Schiffen könnte diese Methode mit voller Sicherheit ausgeführt werden und man würde die gewünschte metacentrische Höhe erhalten, ohne die Stabilität bei größeren Neigungswinkeln ernstlich zu gefährden. Ein weiterer Vorteil der Anordnung des Ballastes nach den Schiffsseiten hin besteht in dem Hervorrufen von leichteren Schlingerbewegungen, ohne daß die Stabilität mehr dadurch leidet. Man könnte diesen Raum auch wieder zu Bunkierzwecken verwenden; selbstredend muß man besondere Verstärkung in Gestalt von Balken, Stützen zc. anbringen.

Beispiel 4 zeigt einen Ballasttank an der Vorderseite des Kesselraumes. Dieses ist wieder ein gewöhnlicher Platz für Querbunker und kann dafür benutzt werden, wenn man genügend Kohlen an Bord hat. Diektanks (vorn und hinten) können, wenn auf geeignete Weise gebaut, wohl für Ballast benutzt werden. Der Nachteil großer Diektanks besteht darin, daß sie wenig Stütze haben (wegen der Schärfe des Schiffes) und deshalb wie Gewichte am Ende eines Hebels wirken, wodurch natürlich die Verbände der Schiffe, besonders bei „leichtem“ Tiefgang, sehr beansprucht werden.

In den vorhergehenden Beispielen sollten die Ballasträume natürlich so eingerichtet sein, daß sie, mit wasserdichten Luken und

Thüren versehen, auch für Ladung oder Bunkerkohlen gebraucht werden können; ferner müssen sie so liegen, daß das Schiff in gutem Trim ist, wenn sie gefüllt sind.

In der That sollte beim Einrichten solcher Ballasträume das erste Augenmerk darauf gerichtet sein, daß sie nicht für Ladung unpassend sind, wenn man keinen Ballast braucht. Ferner muß man möglichst solche Räume resp. Orte in Betracht ziehen, welche sich am besten dazu eignen, Wasser als Ballast aufzunehmen — wasserdichte Zwischendecks, Bunker, Plätze im Unterraum u. Hierdurch können bei der Konstruktion beträchtliche Kosten gespart werden.

Es würde natürlich absurd sein, für solche Schiffe, welche in regelmäßiger Fahrt eingestellt werden und immer sicher sind, Ladung zu erhalten, Ballast-Einrichtungen zu treffen. Wo dieses aber nicht der Fall ist und Schiffe häufig Ballastreisen machen müssen, können gute, seetüchtige Eigenschaften nur durch die oben angedeuteten Einrichtungen erlangt werden. Natürlich können dieselben nur empfohlen und angeordnet werden, nachdem eine eingehende Untersuchung des betreffenden Schiffes in allen Teilen stattgefunden hat.

Es ist ja nicht zu verkennen, daß große Ballasttanks die Kosten und auch das Gewicht des Schiffes vergrößern, obgleich man durch Wahl geeigneter Stellen, welche, wie oben angedeutet, besonders gut zur Konstruktion passend sind, die Kosten bedeutend verringern kann.

Wird indessen durch Einrichtung von geeigneten Ballasttanks die Reisedauer und der Verbrauch von Bunkerkohlen verringert, wird ferner die Sicherheit des Schiffes eine größere und die Existenzbedingungen der Besatzung eine bessere, so erscheint die Mitführung von mehr Ballast, als wie der Doppelboden gewährt, wohl gerechtfertigt.

Sechstes Kapitel. (Vierter Abschnitt.)

Über Ladung. — Gleichartige (homogene) Ladungen.

Inhalt: Änderung der Stabilitätskurve wegen Änderung in der metacentrischen Höhe — Stabilität von sich selbst trimmenden Schiffen — Turmdeckschiffe — Kofferdeckschiffe — (Turret-Trunk).

Über Ladung. Da alle für Ladung bestimmten Schiffe nicht die gleiche Form oder denselben Typ haben, so können sie auch nicht gleich beladen werden.

Unter Beladen versteht man nicht, wie einige Leute denken, daß man in den kleinsten Raum die größtmögliche Ladung in der kürzesten Zeit hineinarbeitet. Diese Methode würde sich vielleicht für Eisenbahnwaggonn empfehlen, wenn die Ladung eine derartige wäre, daß sie ebensowenig durch Beschädigungen zu leiden hätte, wie Sand oder Schutt. Würde man aber eine solche Methode wählen, um einen so empfindlichen Körper wie ein Schiff ist, zu beladen, so wäre solches pure Unverständigkeit. Einige Schiffe haben allerdings von Haus aus schon Neigung zu schlechtem Verhalten in See, aber bei den meisten Schiffen, welche heutigen Tags gebaut werden, ist gewöhnlich die Person, welche das Laden oder Ballasten unter ihrer Aufsicht hat, mehr wegen schlechter Stabilität oder schlechten Verhaltens der Schiffe auf See zu tadeln, wie das Schiff selbst. Unter dem Ausdruck „schlechte Stabilität“ verstehen wir nicht nur zu kurze aufrichtende Hebelarme und zu kleinen Gesamtumfang (dieses könnte man mangelhafte Stabilität nennen), sondern auch zu viel Stabilität, mit zu langen aufrichtenden Hebelarmen bei kleinen Neigungen, wodurch, wie wir oben gesehen haben, rasche Bewegungen und übergroßes Schlingern hervorgerufen werden.

Nehmen wir an, ein Schiffbau-Konstrukteur gäbe einem Kapitän eine Stabilitätskurve für sein Schiff im beladenen Zustande, mit einer gewissen metacentrischen Höhe. Er findet, daß dieselbe nicht allein große Sicherheit, sondern auch leichte ruhige Bewegungen auf See im Gefolge hat. So weit wie möglich beobachtet er und macht sich Notizen über die Gewichtverteilung im Raum, was ihre vertikale und horizontale Anordnung anbelangt (das ist, wenn die Ladung verschiedenartig ist); er wird darnach streben, ähnliche Bedingungen auf den folgenden Reisen zu erhalten und eventuell in zweifelhaften

Fällen die metacentrische Höhe untersuchen, bevor er in See geht. Nehmen wir nun an, er erhielte ein anderes Schiff und würde beim Laden in derselben Weise verfahren, so ist es sehr wenig wahrscheinlich, daß er dieselben Resultate erhalten würde. Er würde vielleicht auf See finden, daß das Verhalten seines Schiffes ein gänzlich anderes wäre und beim Untersuchen der metacentrischen Höhe findet er dann, daß das Schiff entweder zu viel oder zu wenig oder möglicher Weise fast gar keine hat; der Grund dafür liegt in der Form, den Abmessungen resp. dem Typ des Schiffes oder auch teilweise in der Anordnung von festen Gewichtsteilen an Bord.

So sehen wir also, daß gehörige Beladung viel mehr Kenntnisse, Intelligenz und Umsicht erfordert, als mancher geneigt ist, anzunehmen. Bloße oberflächliche Regeln werden in den meisten Fällen nur Ungewißheit und Unsicherheit hervorrufen. Man muß klar verstehen, was die besten Bedingungen für Seetüchtigkeit sind.

Für alle Schiffe, welche in ihren Abmessungen, ihrem Typ und ihren inneren Anordnungen gleich sind, könnte man leicht einen Freibord und eine metacentrische Höhe festsetzen, welche die besten Resultate auf See hervorrufen würde; die ungeheure Verschiedenheit der Schiffe, welche beständig gebaut werden, macht dieses aber unmöglich. Dem Offizier indessen, welcher das Laden zu beaufsichtigen hat, wird die erste dieser Verantwortlichkeiten dadurch abgenommen, daß der Freibord gewöhnlich durch die Vorschriften des Board of Trade oder der Klassifikations-Gesellschaften festgesetzt ist. Auch kann der Offizier nicht die beste metacentrische Höhe bestimmen. Er ist abhängig von dem Erbauer oder Konstrukteur, welcher durch Berechnung, Versuche und Erfahrung am ehesten in der Lage ist, die metacentrischen Höhen, welche wahrscheinlich die besten Resultate geben, bei verschiedenen Bedingungen festzustellen. Die Verantwortlichkeit, welche dem Schiffs-offizier bleibt, besteht darin, daß er dafür Sorge trägt, die erforderliche metacentrische Höhe zu erhalten, ohne welche der Freibord, welcher durch die Vorschriften des Board of Trade bestimmt ist (eine Auswässerung, welche darauf basiert ist, daß alle sonstigen Anordnungen getroffen sind, welche das Schiff in einen seetüchtigen Zustand bringen), in sich selbst keine Garantie der Sicherheit bietet.

Hier werden verschiedene Kapitäne sagen, daß den meisten Schiffen keine derartigen Auskünfte und ebensovienig Stabilitätskurven mitgegeben werden. Den Grund dafür haben wir schon des öfteren angegeben, nämlich, daß der Schiffs-offizier in den meisten Fällen nichts damit anzufangen wüßte. Indessen würde es unrecht sein, ihn hierfür zu tadeln, da bis jetzt so wenig gethan worden ist, um ihm Gelegenheit zu geben, sich über diesen Gegenstand zu unterrichten. Früher war es noch schlimmer. Es giebt vielleicht keine Schiffbau-firma, welche mehr versucht hat, dergleichen nützliche An-

weisungen zu geben, wie die Firma William Denny u. Brothers in Glasgow; diese Herren haben aber die trübe Erfahrung gemacht, daß ihre Informationen nur in den allerwenigsten Fällen benutzt worden sind. Um so angenehmer ist die Thatsache, daß, wenn dieselben benutzt wurden, sehr zufriedenstellende Resultate erlangt worden sind. Schiffbauer sind früher nicht besonders ermutigt worden, sich, abgesehen von einigen Ausnahmefällen, die Arbeit zu machen, um die Seeleute mit Stabilitätsberechnungen zu versehen. Es steht jedoch zu hoffen, daß mit dem zunehmenden besseren Unterricht und der größeren Leichtigkeit, Kenntnisse zu erwerben, dieser Gegenstand bei den Schiffsoffizieren mehr Beachtung finden wird.

Durch den Besuch der Vorlesungen des Verfassers ist es erwiesen, daß viele Schiffsoffiziere der Sache gutes Verständnis entgegenbringen und den Wunsch hegen, sich immer mehr Kenntnisse über solche Dinge zu erwerben. Können diese Kenntnisse von den Betreffenden verwertet werden, so werden zweifellos die Schiffbauer um so lieber bereit sein, die nötigen Anweisungen herzugeben; schon aus dem Grunde, daß die Erfahrungen der Schiffsoffiziere späteren Neubauten zu gute kommen können, damit hierdurch der Schiffbau immer mehr vervollkommnet und den besonderen Bedürfnissen angepaßt werde. Hier wollen wir einige Bemerkungen einschalten, welche vielleicht beim Einnehmen gleichartiger Ladungen von Nutzen sein werden. Obgleich in einer Beziehung nicht so kompliziert wie gemischte Ladung, muß die Wirkung der verschiedenen Dichtigkeit (spez. Gewicht) auf die Stabilität doch verstanden werden.

Gleichartige Ladungen (Homogeneous Cargoes). Man versteht darunter Ladungen, welche ganz aus der gleichen Art bestehen, z. B. eine volle Ladung Baumwolle, Kohlen, Wolle, Getreide oder Holz u. Alle gleichartigen Ladungen, welche die Laderäume ganz ausfüllen, und mit denen das Schiff bis zur Tiefadelinie beladen wird, haben dieselbe Wirkung auf die Hebelarme der Stabilität und bringen in jedem Falle denselben Betrag und Gesamtumfang derselben hervor. Es ist dieses augenscheinlich, da der System Schwerpunkt jeder solchen Ladung stets dieselbe Stelle einnehmen wird und demzufolge immer gleiche Hebel geschaffen werden. Da das Gesamtgewicht jeder solchen Ladung das gleiche sein muß, so muß auch das Stabilitätsmoment — Displacement multipliziert mit aufrichtendem Hebelarm — dasselbe sein, da die anderen Faktoren, metacentrische Höhe und Freibord, konstant bleiben. Haben wir aber eine gleichartige Ladung, etwa Bauholz, von welcher ein Teil an Deck geladen werden muß, um das Schiff auf seinen beladenen Tiefgang zu bringen, so ändern wir die früheren Verhältnisse und die Stabilität wird eine andere.

Nachdem die Deckladung verstaut ist, wird der System Schwerpunkt höher liegen, und zwar um soviel höher, als der frühere System-

Schwerpunkt, wie die Entfernung zwischen dem früheren Schwerpunkt und dem Schwerpunkt der Deckladung, multipliziert mit dem Gewicht der Deckladung und dividirt durch das ganze Deplacement, beträgt. Da nun das Metacentrum stets dieselbe Lage einnimmt, wenn das Schiff seinen Maximal-Tiefgang (Tiefgang beladen) und konstanten Freibord hat, so wird doch die Verringerung der metacentrischen Höhe, welche dadurch verursacht wird, daß die Deckladung den Systemsehwerpunkt erhöht, die Hebelarme der Stabilität verkleinern, wodurch ein geringeres aufrichtendes Moment und ein kleinerer Gesamtumfang der Stabilität entsteht. Hätte das Schiff eine leichte gleichartige Ladung eingenommen, von einer Natur, welche nicht dem Wetter ausgesetzt, also nicht auf Deck verladen werden könnte, so würde das Schiff beträchtlich mehr als den nötigen Freibord haben. In den meisten Fällen würde das wahrscheinliche Resultat eine verringerte metacentrische Höhe sein. Diese würde aller Wahrscheinlichkeit nach verursacht werden durch ein Sinken des Metacentrums und ein Steigen des Systemsehwerpunktes. Das Metacentrum sollte allerdings nach der Formel in größerer Höhe über dem Deplacementssehwerpunkt sein, weil das Deplacement kleiner und das Trägheitsmoment der neuen Schwimmebene nur wenig geringer ist, wie das vorige; indessen ist der Deplacementssehwerpunkt auch gesunken, weil der Tiefgang geringer geworden ist. Diese zusammenwirkenden Umstände haben denklieh in der Nähe der Tiefadelinie ein niedrigeres Metacentrum hervorgerufen. (Siehe metacentrische Kurven Fig. 115). Man würde dieses leicht aus den metacentrischen Kurven ersehen können.

Wenden wir uns nun dem Systemsehwerpunkt zu, so werden wir wahrscheinlich finden, daß der Systemsehwerpunkt einer gleichartigen Ladung, welche den Laderaum ausfüllt, unterhalb des Systemsehwerpunktes beim unbeladenen Schiffe liegt. Je schwerer nun diese gleichartige Ladung ist, um so größer ist die Wirkung, den Systemsehwerpunkt zu erniedrigen und eine größere metacentrische Höhe zu schaffen; dagegen würden die leichtesten gleichartigen Ladungen den höchsten Systemsehwerpunkt und die geringsten metacentrischen Höhen hervorrufen. Man muß nicht denken, daß der größere Freibord einen Ersatz für den Verlust an metacentrischer Höhe und den erhöhten Systemsehwerpunkt bietet, denn man wird sehr wahrscheinlich finden, daß die ganze Stabilität Einbuße gelitten hat, welche auch noch durch das kleinere Deplacement beeinflusst wird.

Andererseits ist es klar, daß mit einer gleichartigen Ladung, welche das Schiff auf seinen Tiefadepunkt bringt, ohne die Laderäume ganz auszufüllen, der Systemsehwerpunkt eine niedrigere Stelle einnehmen muß, als bei einer gleichartigen, die Räume füllenden Ladung. Infolgedessen wird die metacentrische Höhe größer und da der Freibord unverändert bleibt, müssen die Hebelarme

der Stabilität, das Moment und der Gesamtumfang größer werden. Hieraus folgt, daß es für einen Schiffsführer wichtig ist, eine Stabilitätskurve für leichte und eine für schwerere gleichartige Ladung, welche das Schiff auf seine Tiefadellinie bringt, an Bord zu haben.

Die Änderung der Stabilitätskurve zu finden, welche durch eine Veränderung der metacentrischen Höhe bedingt ist. Hat man die metacentrische Höhe und eine Stabilitätskurve für ein Schiff bei einem gewissen Tiefgang, so ist es einfach genug, eine neue Stabilitätskurve zu finden, wenn durch ungleiche Gewichtsverteilung der Ladung die metacentrische Höhe geändert ist, so lange der Tiefgang derselbe bleibt.

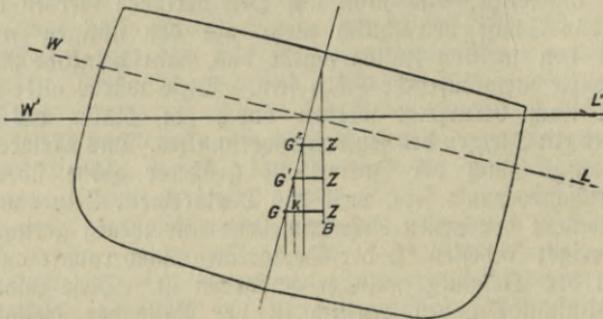


Fig. 108.

Fig. 108 zeigt uns ein Schiff, welches ursprünglich in der Wasserlinie WL schwimmt; bei Überhellen aber in der Wasserlinie W'L. B ist der Deplacementschwerpunkt der neuen Wasserlinie. G, G', G'' sind drei Lagen für den Systemschwerpunkt, welche durch verschiedenartige Stauung von gemischten Ladungen auf drei aufeinander folgenden Reisen hervorgerufen werden. Wir wollen nun annehmen, daß wir mit einer Stabilitätskurve für die erste Ladung versehen wären. Die Entfernung von G bis G' und von G' bis G'' sei jedesmal 1 Fuß. Bei der ersten Ladung ist der aufrechtende Hebelarm GZ, bei der zweiten G'Z — das ist GZ, verringert um Gk.

$$Gk = GG' (1 \text{ Fuß}) \cdot \text{Sinus des Neigungswinkels.}$$

$$GZ - (GG' \cdot \text{Sinus des Neigungswinkels}) = G'Z.$$

$$GZ - GG'' \cdot \text{Sinus des Neigungswinkels} = G''Z.$$

Die neuen Hebelarme der Stabilitätskurve für irgend ein anderes Ladungsverhältnis findet man also, indem man die Strecke, um welche der Systemschwerpunkt gestiegen ist, mit dem Sinus des Neigungswinkels multipliziert und das Resultat von den alten Hebelarmen der Stabilität abzieht. Sollte der Systemschwerpunkt niedriger liegen, muß die Korrektur addiert werden. (Siehe Fig. 104).

Dieses ist für einen Schiffsoffizier sowohl wichtig, als auch sehr nützlich. Z. B., der Tiefgang des Schiffes, beladen, sei immer ziemlich derselbe und nachdem vom Konstrukteur die metacentrische Höhe und eine Stabilitätskurve für gleichartige Ladung geliefert worden ist, kann er selbst keine Stabilitätskurve für irgend welche andere Ladung bei demselben Tiefgang bestimmen. Dieses ist weiter wichtig, weil die metacentrische Höhe, welche für ein beladenes Schiff genügen würde, vielleicht bei einem anderen Schiffe im beladenen Zustande unpassend oder selbst gefährlich sein könnte. Viele große Passagierdampfer haben nur wenige Zoll metacentrische Höhe und sind speziell dafür konstruiert, um ihre Bewegungen bei Seegang möglichst ruhig zu gestalten. Es ist indessen keine Gefahr vorhanden, daß sie durch Mangel an Stabilität kentern, denn sobald sie sich überneigen, werden die aufrichtenden Hebelarme der Stabilität wegen des großen Freibords und der guten sonstigen Verhältnisse länger. (Siehe Fig. 92, 93, 94, 106 und 107).

Dieses gilt in gewissem Maße auch für Frachtdampfer mit größerem Freibord, z. B. Sturm- und Spardeck-Schiffe. Die metacentrische Höhe in gut proportionierten Schiffen dieser Klassen würde bei geeigneter Beladung, mit etwa $1\frac{1}{2}$ Fuß, ganz zufriedenstellend sein. Bei sehr großer Breite wird es nicht allein fast unmöglich, sondern auch gefährlich, dem Metacentrum in seinen hohen Lagen zu folgen, indem man durch alle möglichen Mittel versucht, den Systemchwerpunkt nach oben zu verlegen. Hier bleibt keine andere Alternative, als das schwere Schlingern, Überholen, Arbeiten und die sonstigen Unbequemlichkeiten philosophisch zu ertragen.

Schiffe mit sehr geringem Freibord erfordern größere metacentrische Höhe, besonders wenn sie sehr breit sind. Naturgemäß bringt große Breite auch eine große metacentrische Höhe hervor wenn dieselbe nicht durch den Prozeß des Ladens verringert wird

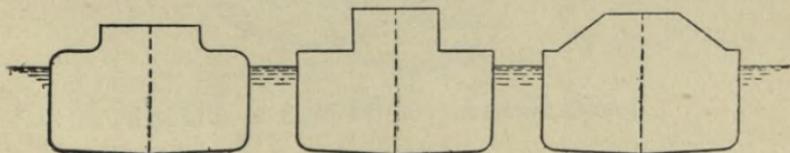


Fig. 109, 110, 111.

Werden dem Schiffbau-Konstrukteur nicht genaue Angaben gemacht über etwaige besondere Ladungen, welche das Schiff führen soll, so macht er seine Pläne in der Annahme, daß die Laderäume ganz von einer gleichartigen Ladung angefüllt werden. In den letzten Jahren sind eine Anzahl neuer Schiffstypen gekommen, wie Turret-, Trunk- und Selbsttrimmig-Typen. (Fig. 109, 110 und 111). (Turmdeck- und Kofferdeckschiffe, sog. Selbsttrimmer). Zweifellos

haben diese Schiffe gewisse Vorteile, namentlich darin, daß das Trimmen der Ladung sehr erleichtert wird. Der Reserve-Auftrieb, welcher durch die selbsttrimmenden Aufbauten gewährt wird, kann bei der Bestimmung des Freibords in Rechnung gezogen werden; das Deck kommt deshalb der Oberfläche des Wassers bedeutend näher. Da aber diese Schiffe gewöhnlich gute Breite haben, erhalten sie eine hinreichende metacentrische Höhe, so daß, wenn sie eine gleichartige Ladung haben (die einzige Art und Weise, um Schiffe einigermaßen zu vergleichen), kein Zweifel entstehen kann, daß die Konstrukteure genügend für alle Ansprüche gesorgt haben, welche Wind und Wetter an die Stabilität dieser Art Schiffe stellen könnten.

Sechstes Kapitel. (Fünfter Abschnitt.)

Das Ubergewicht der Ladung.

Inhalt: Veränderungen der Stabilität auf der Reise.

Ubergewicht der Ladung. Professor Elgar hielt im Jahre 1886 vor dem Institut der Schiffbauarchitekten eine sehr lehrreiche Vorlesung über „Verluste auf See“ und konstatierte, daß in den Jahren 1881, 1882 und 1883 von 264 englischen resp. englischen Kolonien angehörenden Schiffen von 300 Brutto Registertons und darüber, welche als „gescheitert oder verschollen“ gemeldet waren, der vierte Teil derselben mit Kohlen und der sechste Teil mit Getreide beladen war — also ein großer Prozentsatz der Gesamtverluste aus diesen Ursachen. Allerdings führen viele Schiffe Kohlen und Getreide als Ladung, aber es ist doch augenscheinlich, daß eine Kohlen-

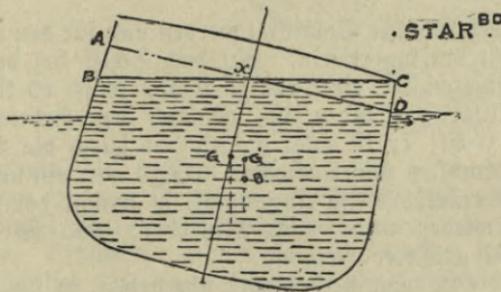


Fig. 112. — Schiff mit übergegangener Ladung.

und Getreideladung leicht übergeht. Deswegen hat auch das Board of Trade für Schiffe, welche Sturzladungen Getreide führen, Vorschriften erlassen, daß geeignete Anordnungen getroffen werden müssen, um die Laderäume füllen resp. nachfüllen zu können, damit dieselben ganz voll sind; ebenso soll ein Teil der Ladung in Säcke gefüllt werden; desgleichen sollen Längsschotte eingerichtet werden, welche vom Kielschwein bis zum Deck und im Zwischendeck von Deck zu Deck reichen. Werden Kohlen oder Getreide ohne solche Vorsichts-

maßregeln lose im Schiffe geführt, so ist die Gefährlichkeit solcher Ladung leicht ersichtlich.

Wir wollen annehmen, daß Fig. 112 ein derartig beladenes Schiff darstellt. Selbst wenn der Raum vor dem Anfang der Reise voll gewesen wäre, so sinkt die Ladung doch durch ihre Schwere und durch die Bewegung des Schiffes mehr oder weniger in sich zusammen; dadurch entsteht oben ein leerer Raum. Nehmen wir nun an, daß durch schweres Schlingern die Ladung in der angedeuteten Weise übergeschossen ist, so wird das Schiff eine große Schlagseite erhalten, und muß eventuell verlassen werden. Das Übergehen der Ladung hat natürlich Einfluß auf die Stabilität. Vorher befand sich der Systemsehwerpunkt in G in der vertikalen Linie, welche durch die Mitte des Schiffes geht. Nun hat aber durch die Verschiebung des Keils xAB von Backbord nach xCD an Steuerbord der Systemsehwerpunkt sich in derselben Richtung verschoben. Es sei der übergegangene Getreidekeil 40 Tons und die Entfernung vom ursprünglichen Sehwerpunkt des Keils nach dem neuen Sehwerpunkt desselben betrage 20 Fuß; das ganze Deplacement ist 3000 Tons. Die Verschiebung des Systemsehwerpunktes nach Steuerbord in einer Richtung, welche parallel der Verbindungslinie der beiden Keilsehwerpunkte ist, beträgt demnach

$$\frac{40 \cdot 20}{3000} = 0,26 \text{ Fuß nach G.}$$

Die Hebelarme der Stabilität werden nun für den Gesamtumfang der Stabilität verringert sein. Hat das Schiff bei dem augenblicklichen Neigungswinkel eine ruhige Lage, so ist es klar, daß noch etwas Stabilität vorhanden ist, obgleich der Hebelarm in dieser Position = 0 ist; er ist total aufgehoben durch die Bewegung des Systemsehwerpunktes nach auswärts. Wird aber ein neuer Auftriebskeil an der Steuerbordseite eingetaucht, so kommt der Deplacementssehwerpunkt wieder mehr nach Steuerbord und es entsteht etwas Stabilität bei größerer Neigung.

Sollte die Ladung noch weiter übergehen, so kann der Gesamtumfang der Stabilität total verschwinden, da die aufrichtenden Hebelarme immer kürzer werden; oder in anderen Worten: Wenn das Krängungsmoment der übergeschossenen Ladung das größte aufrichtende Moment des Schiffes übersteigt, wird es kentern. Die gefährlichsten Schiffe mit übergegangener Ladung sind diejenigen des älteren Typs, welche nur geringe Breite im Vergleich zur Tiefe haben, wodurch sie schon von Natur rank sind. Haben diese Schiffe noch einen Doppelboden für Wasserballast, so zeigen sie solche Neigung um so mehr, wenn die Tanks leer sind, da die Ladung resp. der Systemsehwerpunkt um so höher liegt. Sollte also ein Übergehen der Ladung eintreten, so sind breite Schiffe in einer

besseren Lage, da sie ihrer Form nach größere metacentrische Höhe haben und deshalb größerem Überhellen besseren Widerstand leisten.

Vielleicht ist einem Leser, welcher aufgehäuftes Getreide in einem Speicher gesehen hat, der Gedanke gekommen, ob das Getreide im Schiffe eher übergehen wird, als bis das Schiff so weit übergehellt ist, wie es der „Schräge“ des aufgehäuften Getreides entspricht. Könnte man das Schiff ruhig und stetig überhellen, so würde allerdings ein Übergehen der Ladung nicht eher eintreten, als bis die Oberfläche des Getreides einen eben solchen Winkel (eine eben solche Schräge) eingenommen hätte, wie auf dem Speicherboden. (Siehe Fig. 113 a b.)

Wenn diese Antwort richtig wäre, würde man sich vielleicht wegen des Übergehens der Ladung nicht so viel Sorge machen, da der verstorbene Professor Jenkins den Winkel, bis zu welchem man Getreide frei aufhäufen kann, also die Ruhelage, zu $23\frac{1}{4}^\circ$ angegeben

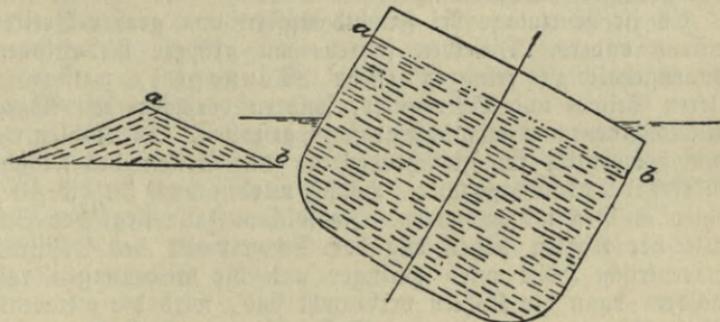


Fig. 113. — Ruhelage für Getreide.

hat. Da nun die meisten mit Getreide beladenen Schiffe ruhige Bewegungen haben, so neigen sie sich kaum jemals bis zu einem solchen Winkel über. Die Sache liegt aber anders und durch das Schlingern, Stampfen und Stoßen der Wellen wird dieser Winkel ganz beträchtlich verkleinert. Auch wird die Ladung um so leichter in Bewegung kommen, je größer die Entfernung der Ladungsoberfläche von dem Punkt ist, um welchen das Schiff schlingert (Centrifugalkraft); daher wird die Ladung im Zwischendeck leichter übergehen, als diejenige im Raum.

Wenn man weiß, daß Längsschotte in der Mittellinie des Schiffes das Krängungsmoment der übergegangenen Ladung auf etwa ein Viertel von dem reduzieren, was es ohne Längsschotte sein würde, wird man den Wert der letzteren besser verstehen.

Änderungen der Stabilität auf der Reise. Es sind besonders Dampfer, welche Änderungen in der Stabilität und in ihrem Verhalten auf See während der Reise unterworfen sind.

Der Grund hierfür liegt namentlich in dem Verbrauch von Bunkerkohlen. Nehmen wir einen gewöhnlichen Frachtdampfer an, welcher während einer sechstägigen Reise von Hafen zu Hafen, sagen wir, 100 Tons Kohlen verbraucht. Selbstredend wird das Displacement um 100 Tons kleiner und aus der „Tons pr. Zoll“-Kurve ist zu ersehen, um wie viel der Tiefgang geringer geworden ist; hierdurch wird natürlicherweise der Freibord entsprechend größer.

Die Wirkung auf die metacentrische Stabilität wird in erster Linie von der Lage des Schwerpunktes der Bunkerkohlen abhängen. Hat man die Bunker auf jeder Seite der Kessel und einen Querbunker von den Bodenwangen bis zum untersten Deck, so wird der Schwerpunkt der Bunkerkohlen gewöhnlich tiefer liegen als der Schwerpunkt des Schiffes; hierdurch wird also das Schiff steifer. Nach dem Verbrauch der Kohlen wird das Schiff also ranker und in seinen Bewegungen im Seegang ruhiger, weil die metacentrische Höhe geringer geworden ist.

Es ist heutzutage bei Frachtdampfern von großer Breite aber meistens anders. Dieselben führen, um größere Reduktionen im Tonnengehalt zu erlangen (siehe „Tonnage“), meistens keine unteren Seiten- und Querbunker, sondern versuchen den Abzug für den Maschinenraum möglichst groß zu gestalten. Die Kohlen werden dann gewöhnlich im Zwischendeck an den Seiten des Maschinen- und Kessel-Umbaues geführt. Häufig werden auch 30 bis 40 Tons Kohlen an Deck mitgenommen. In solchem Falle liegt der Schwerpunkt der Kohlen höher wie der Schwerpunkt des Schiffes, die metacentrische Höhe wird geringer und die Bewegungen ruhiger. Nachdem dann die Kohlen verbraucht sind, wird die metacentrische Höhe größer werden, da der Systemschwerpunkt sinken muß, und das Schiff wird steifer und mehr zum Schlingern geneigt sein.

Als ich kürzlich über diesen Gegenstand einen öffentlichen Vortrag hielt, erzählte ein Kapitän, welcher unter der Zuhörerschaft war, folgenden Vorfall, dessen Natur er bisher nicht hatte verstehen können:

Als er auf der Heimreise den St. Georgs-Kanal erreicht hatte, fing sein Schiff plötzlich an, ganz ungewöhnliche Bewegungen zu machen; es war im Raum und an Deck mit Esparto-Gras beladen. Viel Seegang war nicht da und vorher war das Schiff sehr ruhig in seinen Bewegungen gewesen; jetzt nahm es eine geringe Schlagseite an und fiel mitunter von einer Seite auf die andere, nicht mit schlingernden Bewegungen, sondern förmlich ruckweise. Nachdem es einige Zeit auf einer Seite gelegen hatte und sich nur etwas mit den Wellen auf- und niederbewegt hatte, fiel es, von einer etwas größeren Welle getroffen, wieder mit einem Ruck auf die andere Seite und so abwechselnd. Der Kapitän erklärte nun, daß sein Schiff mit der leichten, gleichartigen Ladung sehr rank gewesen

sei, namentlich mit Decklast. Ferner seien die Bunker unten im Schiff gewesen; demgemäß muß die metacentrische Höhe am Ende der Heimreise durch den Kohlenverbrauch verringert worden sein. Schließlich wurde noch am Ende der Reise die Deckladung durch heftigen Regen eingeweicht, also schwerer, und so konnte es kommen, daß zuletzt der Systemschwerpunkt mit dem Metacentrum zusammenfiel, oder wohl noch etwas höher lag. Im letzten Fall entstand ein kippender Hebel und das Schiff mußte überhellen, bis durch die Eintauchung eines neuen Auftriebskeils die Krängungskraft aufgehoben wurde. Das Schiff war nun sozusagen in gleicher Lage wie der Cylinder aus homogenem Material, welchen wir in Fig. 98 betrachtet haben, ausgenommen, daß bei weiterer Neigung die aufrichtenden Hebelarme durch neue Eintauchungs- (Auftriebs-) Keile wieder zunahmen, wodurch einer noch weiteren Neigung Widerstand geleistet wurde.

Die Ursache des ruckweisen Überholens lag also nicht im aufrichtenden Moment des Schiffes, sondern nur in der Bewegung der See, welche das Schiff gelegentlich wieder in die aufrechte Lage zurückstieß; da es sich aber, weil im indifferenten Gleichgewicht, hier nicht halten konnte, fiel es auf die andere Seite.

Jede vertikale Bewegung von Gewichtsteilen und jede Vermehrung oder Verminderung von an Bord befindlichen Gewichten wird in gewissem Grade die Stabilität beeinflussen, wodurch anderseits wieder das Verhalten des Schiffes im Seegang berührt wird.

Ebenso kann das Leeren oder Füllen von Wasserballasttanks eine ähnliche Wirkung haben.

Sechstes Kapitel. (Sechster Abschnitt.)

Wirkung des Eintritts von Wasser in das Innere des Schiffes.

Inhalt: Eintritt des Wassers durch ein Loch in der Außenhaut in eine große Abteilung des Raumes — Kurven, welche die Verschiedenheit in der Höhe des Metacentrums bei zunehmendem Tiefgange zeigen — Auftrieb, welcher durch Ladung in der beschädigten Abteilung hervorgebracht wird — Längsschotte — Eintritt von Wasser in eine beschädigte Abteilung unterhalb und oberhalb einer wasserdichten Plattform. — Wert der Wasserpforten — Wasser an Deck — Eintritt des Wassers durch eine Decköffnung — Eintritt des Wassers in die vordere oder hintere Abteilung — Höhe der Schotte — Auf der Ladung treibend.

Wirkung des Eintritts von Wasser in das Innere des Schiffes. 1. Durch ein Loch in der Außenhaut unterhalb der Wasserlinie:

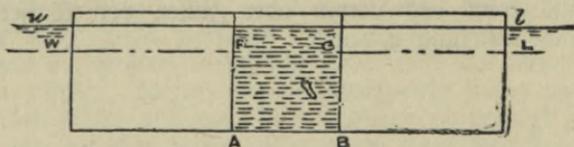


Fig. 114. — Wirkung des Eintritts von Wasser in eine mittlere wasserdichte Abteilung.

Es sei Fig. 114 ein kastenförmiges Schiff von 100 Fuß Länge, 20 Fuß Breite und 10 Fuß Tiefgang bei 5 Fuß Freibord. Beispielsweise soll dieses Schiff in der Mitte eine wasserdichte Abteilung von $\frac{1}{4}$ der Länge des Schiffes, also von 25 Fuß haben, wie abgebildet. Nun nehmen wir an, diese Abteilung sei durch Kollision beschädigt und das Wasser sei durch das in der Skizze angedeutete Loch eingetreten.

Nach der Beschädigung wird die Wasserlinie von WL nach w1 verlegt sein, denn wie wir schon in dem Kapitel über Auftrieb gezeigt haben, ist der Auftrieb der Abteilung, in welche das Wasser eingedrungen ist, verloren. Um also das Gewicht des Schiffes, welches dasselbe bleibt, zu tragen, muß sozusagen eine Anleihe bei der Reserve=Schwimmfähigkeit (Reserve=Auftrieb) gemacht

werden, wodurch also der vermehrte Tiefgang entsteht. Nun wollen wir sehen, welche Wirkung dieser Umstand auf die metacentrische Höhe gehabt hat. Die Formel für die Bestimmung der Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt ist:

$$\frac{\text{Trägheitsmoment der Schwimmebene}}{\text{Kubisches Deplacement in Fuß}}$$

Bestimmen wir nun das Trägheitsmoment der neuen Schwimmebene, so lassen wir die beschädigte Abteilung ganz bei Seite, da sie ihren Auftrieb gänzlich verloren hat. Das Trägheitsmoment der neuen Schwimmebene, weniger dem Teil FG, dividiert durch das Deplacement, giebt die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt. Es ist augenscheinlich, daß das Trägheitsmoment beträchtlich abgenommen hat wegen des Verlustes eines Teils der Schwimmebene. Das Metacentrum wird daher näher dem Deplacementschwerpunkte liegen. Da der Systemschwerpunkt des Schiffes unverändert geblieben, so wird man auf den ersten Blick versucht sein, zu glauben, daß in jedem solchen Falle die metacentrische Höhe verringert worden sei. Man muß aber nicht vergessen, daß der Deplacementschwerpunkt mit dem vermehrten Tiefgang gestiegen ist. Vielleicht läßt sich dieses durch eine einfache Rechnung deutlicher zeigen. Sehen wir uns wieder unser Kasten-schiff vor dem Unfall an, so hatten wir:

$$\text{Das Deplacement } 100 \cdot 20 \cdot 10 = 20000 \text{ Kubfuß.}$$

$$\text{Das Trägheitsmoment der Schwimmebene} = \frac{100 \cdot 20^3}{12} = 66\ 666.$$

$$\text{Das Metacentrum über dem Deplacementschwerpunkt} \frac{66\ 666}{20\ 000} = 3,3 \text{ Fuß.}$$

Das Metacentrum befindet sich also $5 + 3,3 = 8,3$ Fuß über dem Boden unseres Schiffes.

Es sei der Systemschwerpunkt 6,3 Fuß vom Schiffsboden entfernt, dann ist die metacentrische Höhe im unbeschädigten Zustande $8,3 - 6,3 = 2$ Fuß.

Wegen der Stabilitätskurve siehe Fig. 87 Kurve Nr. 3.

Nach der Kollision wird gefunden, daß der Tiefgang 3,3 Fuß zugenommen hat. Man kommt auch zu diesem Resultat, wenn man den körperlichen Inhalt des verlorenen Auftriebs FG B A (Fig. 114) durch die Schwimmebene weniger dem Teil FG dividiert.

$$\text{Nämlich Inhalt von F G B A} = 10 \cdot 20 \cdot 25 = 5000 \text{ Kubfuß.}$$

$$\text{Schwimmebene} = (100 - 25) \cdot 20 = 1500. \quad \frac{5000}{1500} = 3,3 \text{ Fuß.}$$

Der Deplacementschwerpunkt ist daher

$$\frac{10 + 3,3}{2} = 6,6 \text{ Fuß vom Schiffsboden.}$$

Das Deplacement bleibt unverändert 20 000 Kubfuß.

$$\text{Das Trägheitsmoment der Schwimmebene ist} \frac{75 \cdot 20^3}{12} = 50\ 000.$$

Das Metacentrum über dem Deplacementschwerpunkt ist $\frac{50\,000}{20\,000} = 2,5$ Fuß,
welches niedriger als vorher ist.

Das Metacentrum über dem Schiffsboden ist $6,6 + 2,5 = 9,1$ Fuß,
also höher wie früher.

Folglich ist die metacentrische Höhe nach der Kollision $9,1 - 6,3 = 2,8$ Fuß, also größer wie vorher.

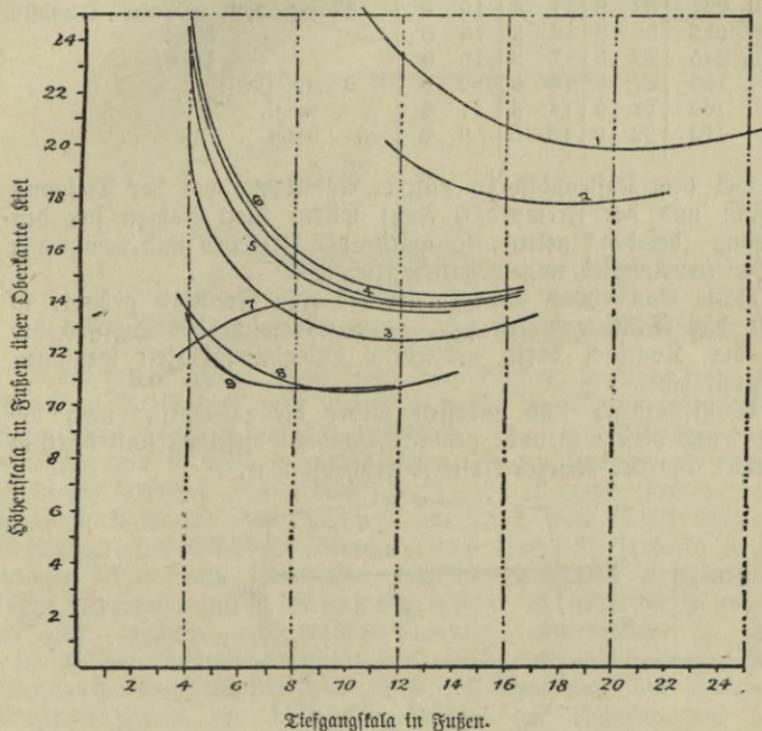
Wir sehen also, daß unser Schiff in Wirklichkeit nach dem Unfall und mit der einen Abtheilung voll Wasser eine größere metacentrische Höhe hat, als im unbeschädigten Zustande. Man ist vielleicht geneigt zu denken, daß dieses kaum der Fall sein könnte, denn woher kommen die Verluste der Schiffe, welche in so viele wasserdichte Abtheilungen eingeteilt sind? Wir erwähnen nur das Schlachtschiff „Victoria“ und den Schnelldampfer „Elbe“. Um diesen Umstand zu verstehen, müssen wir sorgfältig die Wirkung der hauptsächlichsten Agentien, von denen die metacentrische Stabilität abhängt, verfolgen und zwar von dem Augenblick des Eintretens der Kollision bis zur Katastrophe. Dabei ist vorauszuschicken, daß, wenn auch die metacentrische Stabilität unseres Kastenschiffes vor der Kollision geringer ist, dieselbe doch bei mehr Neigung jedenfalls eine größere war. Dieses rührt von dem größeren Freibord her. Außerdem kann man nicht jedes Schiff als einen Kasten ansehen und die Verschiedenheit der Formen und das Abnehmen der Breite nach den Enden zu hat eine bedeutende Wirkung auf die Höhe des Metacentrums, was hauptsächlich wieder seinen Grund in der Verringering des Trägheitsmoments der Schwimmembenen hat.

Änderung in der Höhe des transversalen Metacentrums von der Vermehrung des Tiefgangs herrührend. Bei Handelsschiffen findet man gewöhnlich, daß das Metacentrum bei geringen Tiefgängen am höchsten liegt; dieses hat seinen Grund in dem Verhältnis des kleinen Deplacements zu dem Trägheitsmoment der Schwimmembenen. Nehmen aber die Tiefgänge zu, so wächst das Volumen des eingetauchten großen Schiffskörpers schneller, als das Trägheitsmoment. Das Resultat ist oft so, daß das Metacentrum sinkt, bis man sich der Tiefadelinie nähert; hier wird dann die erniedrigende Wirkung des zunehmenden Deplacements durch die mit dem zunehmenden Tiefgang erhöhende Wirkung des Deplacementschwerpunktes überholt und das Metacentrum steigt wieder.* Dieses führt uns zu der wichtigen Thatsache, daß, so gefährlich das Übernehmen großer Wassermengen an Deck manchmal sein kann, dennoch in einigen Fällen durch den hierdurch plötzlich vermehrten Tiefgang das Metacentrum steigt, so daß dadurch viel dazu beigetragen wird, ernste Unglücksfälle abzuwenden.

* Das Überhängen nach außen (laro out) an den Enden des Schiffes in der Wasserlinie vermehrt das Trägheitsmoment und trägt dazu bei, dasselbe Resultat hervorzubringen.

In Figur 115 sind mehrere Beispiele für verschiedene Typen von wirklichen Schiffen gegeben, welche die Wirkung des vermehrten Tiefganges auf die Höhe des Metacentrums durch Kurven zur Anschauung bringen. Die untenstehende Tabelle giebt die Einzelheiten für jedes Schiff.

Man muß auch nicht vergessen, daß, wenn durch eine Kollision eine ziemlich große Abtheilung nahe der Mitte des Schiffes beschädigt



Figur 115. — Metacentrums-Kurven, welche die aufsteigende Tendenz des Metacentrums in der Nähe der Tiefadellinie veranschaulichen.

würde, dieses die Resultate, welche wir von Schiffen mit Kastenform erlangt haben, sehr beeinflussen würde. — Die Breite ist hier bekanntlich am größten und daher wird der Verlust an Trägheitsmoment der Schwimmebene auch um so größer sein. Wir werden daher keine solche Zunahme an metacentrischer Höhe zu verzeichnen haben, wie bei dem Kastenschiffe mit der Mittelabtheilung voll Wasser. (Figur 114.)

Nr. des Schiffes	Länge in Fuß		Breite Fuß Zoll		Seitenhöhe Fuß Zoll		Tiefgang beladen Fuß Zoll		Beschreibung.
	Fuß	Zoll	Fuß	Zoll	Fuß	Zoll	Fuß	Zoll	
1	320		45	3	28	0	22	0	Vollgebautes Segelschiff
2	270		41	0	26	3	21	0	desgl.
3	206		28	6	15	10	14	0	Scharf gebauter Dampfer
4	231		32	0	17	4	15	0	Mäßig voll gebauter Dampfer
5	215		31	10	16	3	15	0	desgl.
6	245		33	0	17	3	15	9	desgl.
7	190		27	6	18	0	12	0	Dampf-Yacht
8	162		22	0	14	4	11	6	desgl.
9	154		22	0	13	6	9	0	desgl.

Bei dem Kasten-schiff in unserer Abbildung war der Tiefgang 10 Fuß und der Freibord 5 Fuß; sollten diese Zahlen für den Tiefgang „beladen“ gelten, so würde der Freibord und demgemäß der Reserve-Auftrieb ungewöhnlich groß sein.

Hätte man etwas weniger als 3,3 Fuß Freibord gehabt, so würde das Schiff gesunken sein, da das Gewicht des Schiffes die nach der Kollision übrig gebliebene Schwimmfähigkeit sozusagen verschluckt hätte.

Wahrscheinlich sind indessen weder die „Victoria“ noch die „Elbe“ aus diesem Grunde gesunken, sondern dieselben sind denklich gekentert, ehe der Reserve-Auftrieb erschöpft war.

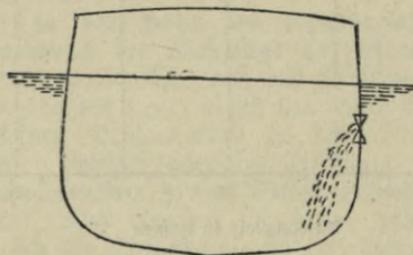


Fig. 116. — Einströmen des Wassers in eine beschädigte Abteilung.

Fig. 116 soll den Querschnitt eines Schiffes in einer beschädigten Abteilung darstellen und der Auftrieb dieser Abteilung sei weniger wie der ganze übrig bleibende Auftrieb, wodurch jedenfalls bewiesen wird, daß das Schiff die Fähigkeit besitzt, noch schwimmend zu bleiben, nachdem das Einströmen des Wassers aufgehört hat.

Das Wasser strömt durch das Loch X ein und wenn das Loch ein großes ist, was gewöhnlich der Fall sein wird, so wird das ungeheure Gewicht des Wassers, welches an einer Seite herein-

strömt, verbunden mit der natürlichen Neigung des Wassers, die tiefste Lage einzunehmen, für die Zeit wenigstens die Wirkung haben, den Schwerpunkt des Schiffes nach derselben Richtung, also nach der beschädigten Seite, zu verschieben; das Schiff erhält also Schlagseite. Das in der Abteilung befindliche Wasser sucht naturgemäß eine horizontale Oberfläche zu bilden, wie in Fig. 117 gezeigt ist, mit dem Schwerpunkt in g an der überhängenden Seite, was das Überholen befördert.

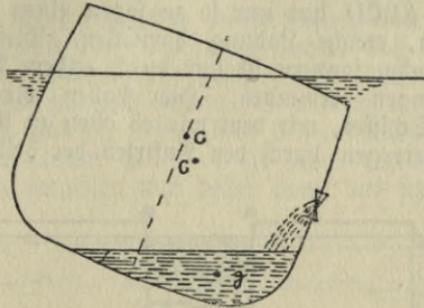


Fig. 117. — Schlagseite durch Einströmen des Wassers verursacht.

Das fortwährende Einströmen von Wasser, begleitet von zunehmender Schlagseite und vermehrt durch die Wirkung des eingedrungenen Wassers, wirken zusammen, um das Überhellen zu vermehren und so wird in vielen Fällen, wo das Krängungsmoment aus diesen Ursachen das größte aufrichtende Moment (bekannt aus der Stabilitätskurve des Schiffes) übersteigt, das Schiff kentern. Ist dagegen das Schiff in aufrechter Lage sehr steif, so wird es in manchen Fällen dem Überhellen, welches durch das einströmende Wasser verursacht wird, Widerstand leisten; es wird dieses um so eher thun, nachdem eine mäßige Quantität eingedrungen ist, da hierdurch der Systemsschwerpunkt ein niedrigerer und deswegen der Widerstand ein größerer sein wird. Kommt nun die Reserve-Schwimmfähigkeit zur Geltung, nachdem der Auftrieb der beschädigten Abteilung verloren, so kann unser Schiff ruhig im stabilen Gleichgewicht liegen bleiben, wenn nicht die Veränderung im Trim des Schiffes so groß geworden ist, daß es mit dem Steven oder dem Heck vorauf nach unten sinkt.

Auftrieb, welcher durch die Ladung bedingt wird. Es muß im Auge behalten werden, daß das gleich nach der Kollision eindringende Wasser als Schwergut wirkt, wodurch also der Systemsschwerpunkt erniedrigt und der Tiefgang vermehrt wird. Nachdem aber die Abteilung bis zur Oberfläche des außenbords befindlichen Wassers angefüllt ist, und das innerhalb befindliche Wasser mit dem

außerhalb befindlichen in Verbindung bleibt, kann man das eingedrungene Wasser nicht mehr als Gewicht betrachten, ebensowenig wie das außerhalb befindliche, da dieser Raum aufgehört hat, Schwimmkraft darzustellen (ausgenommen den Kubikinhalte der etwa innerhalb befindlichen Ladung, denn Displacement ist immer wirklicher Auftrieb). Das eingedrungene Wasser wird demgemäß nicht mehr als ein Teil des Schiffes angesehen und unser Schiff wird treffend durch Figur 118 dargestellt.

Wir sehen hier zwei völlig intakte Endabteilungen. Der mittlere Raum ABCD hat nur so zu sagen einen Boden, auf dem Gewichte ruhen, welche Ladung darstellen. Diese Abteilung hat keine Seitenwände, sondern ist nur durch andere Befestigungen mit den Endabteilungen verbunden. Hier haben wir eine genaue Erläuterung des Schiffes, mit dem wir es oben zu thun hatten. Das Ganze wird getragen durch den Auftrieb der beiden intakten End-

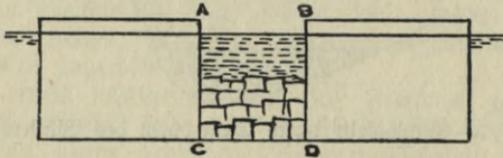


Fig. 118. — Wirkung des Wassers in einer Abteilung mit Ladung.

abteilungen und durch den Auftrieb des kubischen Displacements der, obgleich unter Wasser befindlichen, Ladung. Der System Schwerpunkt ist der wirkliche Gewichtsmittelpunkt des Schiffes und seiner Ladung, denn das Wasser in dem Raum über der Ladung hat keinen Einfluß auf die Lage des Schwerpunktes und vermehrt auch nicht das Gewicht des Schiffes.

Wir sehen also, daß bei einem wirklichen Schiffe das Einströmen des Wassers im Anfang einen Einfluß auf den Schwerpunkt des Schiffes ausübt; sobald indessen dieses Einströmen aufhört und das Wasser innerhalb und außerhalb des Schiffes gleich hochsteht, nimmt der System Schwerpunkt seine ursprüngliche Lage wieder ein. Ist das Schiff in aufrechter Lage rank, wird es sich um so leichter unter dem Einfluß des eintretenden Wassers überneigen.

Längsschotte. Sollte das Schiff ein von oben bis unten reichendes wasserdichtes Längsschott besitzen, so ist dieses in solchem Falle kein die Sicherheit des Schiffes beförderndes Mittel, sondern es trägt nur dazu bei, das Überhellen zu befördern, und da dem Schiffe nur an einer Seite ein Teil des Auftriebs entzogen wird, so ist es in solchem Falle mehr zum Nachteil. Wo, wie bei Kriegs- und Passagierschiffen, ein System von außerordentlich vielen wasserdichten Abteilungen eingeführt worden ist, mag die Beschädigung

einer oder mehrerer dieser Abteilungen keine sehr ernsten Folgen haben, obgleich es aller Wahrscheinlichkeit nach eine Schlagseite, wegen des einseitigen Verlustes von Auftrieb, herbeiführen wird. Der Deplacementschwerpunkt kann infolgedessen nicht mehr in der Mittellinie des Schiffes liegen, sondern im Mittelpunkt des wirklichen, übrig bleibenden Auftriebs, obgleich naturgemäß bei Eintritt der Ruhelage der Systemschwerpunkt und der Deplacementschwerpunkt in derselben vertikalen Linie liegen müssen.

Man muß indessen nicht vergessen, daß der Verlust von vielen Schiffen, welche mit genügenden wasserdichten Abteilungen versehen waren, häufig darin seine Erklärung findet, daß sie mit so vielen wasserdichten, aber leider nicht geschlossenen Thüren versehen sind. Kollisionen kommen meistens unerwartet und oft bei schönem Wetter, wenn viele dieser Thüren offen sind; dann können dieselben beim Eintreten einer Kollision häufig nicht mehr erreicht werden oder werden auch ganz vergessen und daher dann das schlimme Resultat.

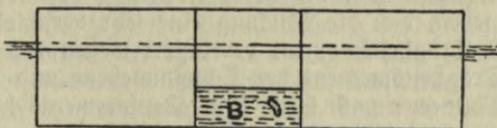


Fig. 119. — Wirkung des Eintritts von Wasser in eine wasserdichte Abteilung unter einer Plattform.

Eintritt von Wasser in eine Abteilung unter einer wasserdichten Plattform. Wir wollen nun den Fall setzen, daß das Wasser nicht die ganze Abteilung füllen kann, weil dieselbe durch eine wasserdichte Plattform oder ein teilweises Deck in zwei Abteilungen geschieden ist. Diese Plattform soll sich auf der Hälfte des ursprünglichen Tiefgangs (also fünf Fuß) befinden (siehe Figur 119), und das Wasser soll durch ein Leck in der unteren Abteilung eindringen. Wir wollen nun sehen, welche Wirkung dieses auf die metacentrische Höhe ausüben wird. Da die Schwimmebene gänzlich intakt ist, so muß das Trägheitsmoment für die ganze Fläche gerechnet werden. Das Metacentrum befindet sich wie im unbeschädigten Zustande 3,3 Fuß über dem Deplacementschwerpunkt.

Der körperliche Inhalt des verlorenen Auftriebs der Abteilung B, dividirt durch das Areal der effektiven Schwimmebene, giebt

$$\frac{25 \cdot 5 \cdot 20}{100 \cdot 20} = \frac{2500}{2000} = 1,25 \text{ Fuß als Vermehrung des Tiefgangs.}$$

Der Deplacementschwerpunkt der unbeschädigten Endabteilungen ist

$$\text{ist } \frac{10 + 1,25}{2} = 5,62 \text{ Fuß vom Boden.}$$

Der Auftrieb über der wasserdichten Plattform hat die Wirkung, daß der Deplacementschwerpunkt für das ganze Schiff auf 6,01 Fuß über den Boden gebracht wird.

Das Metacentrum befindet sich 3,33 Fuß über dem Deplacementschwerpunkt, daher liegt das Metacentrum $6,01 + 3,33 = 9,34$ Fuß oberhalb des Schiffsbodens.

Der Systemschwerpunkt befindet sich 6,3 Fuß vom Boden.

Folglich ist die metacentrische Höhe $9,34 - 6,3 = 3$ Fuß, also größer wie für das Schiff im unbeschädigten Zustande und auch größer als im vorigen Beispiele, wo die ganze Abteilung, zwischen den wasserdichten Schotten, verlorener Auftrieb war.

Ein wenig Studium der Ein- und Austauchungskeile, bei unbeschädigter Wasserlinie und unverändertem oberem Auftrieb, wird in jeder Beziehung zur Genüge beweisen, daß die Stabilität eine größere geworden ist.

Eintritt von Wasser in eine obere Abteilung. Wäre nun aber, wie in Figur 120, die obere Abteilung beschädigt worden, so werden wir sehen, daß die Wirkung eine sehr verschiedene ist. Vor allem ist das Trägheitsmoment verringert wegen des Verlustes von F G. Das Trägheitsmoment der Schwimmebene und demgemäß die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt sind nun dieselben wie in Fig. 114, also 2,5 Fuß für letztere.

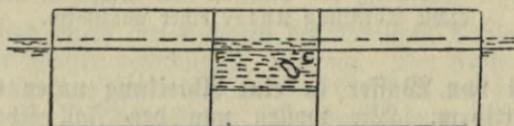


Fig. 120. — Wirkung des Eintritts von Wasser in eine obere Abteilung.

Der Verlust an Auftrieb ist derselbe wie im vorigen Falle, aber die Zunahme an Tiefgang ist größer, weil die effektive Schwimmebene um den Raum F G verkleinert wird.

Die Zunahme an Tiefgang ist $\frac{25 \cdot 20 \cdot 5}{75 \cdot 20} = \frac{2500}{1500} = 1,66$ Fuß.

Der Deplacementschwerpunkt der unbeschädigten Endabteilungen liegt $\frac{10 + 1,66}{2} = 5,83$ Fuß über dem Schiffsboden.

Die Wirkung des Auftriebs unterhalb der wasserdichten Plattform erniedrigt den Deplacementschwerpunkt für das ganze Schiff auf 5,42 Fuß über den Schiffsboden.

Die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt ist 2,5 Fuß.

Das Metacentrum befindet sich $5,42 + 2,5 = 7,92$ Fuß vom Schiffsboden.

Der Systemschwerpunkt liegt 6,3 Fuß oberhalb des Schiffsbodens. Die metacentrische Höhe ist daher $7,92 - 6,3 = 1,6$ Fuß.

Man sieht, daß dieser Fall von dem vorigen sehr verschieden ist, denn nicht nur sind metacentrische Höhe und Freibord geringer, sondern der gänzliche Verlust des Auftriebs über der wasserdichten Plattform wird auch die Wirkung der eintauchenden Keile in Beziehung auf das Hervorbringen von Hebelarmen der Stabilität merklich verringern.

Wert der Wasserpforten. Wirkung des Wassers an Deck und die Notwendigkeit von genügenden Wasserpforten.

Bei Well-Deck-Schiffen vom Typ des erhöhten Quarterdecks, sowie auch bei solchen mit Poop, Brückenhaus und Back, sollte besondere Fürsorge getroffen werden, daß der Raum zwischen Back und Brückenhaus, sowie auch zwischen Brückenhaus und Poop rasch vom Wasser, welches etwa durch schwere Seen übergekommen ist, befreit werden kann. Nicht nur wegen der Ungemütlichkeit für die Mannschaft und der schweren Beanspruchung, welche das Schiff durch große Gewichtsmassen an Deck zu ertragen hat, sondern auch deswegen, weil die Stabilität unter gewissen Umständen so leiden kann, daß dieses Wasser, wenn man sich nicht rasch von demselben befreit, eine wirkliche Gefahr für das Schiff werden kann. Es wird dieses verständlicher, wenn man bedenkt, welches enorme Quantum Wasser während schlechten Wetters von Zeit zu Zeit auf Deck stürzt und da diese Gewichtsmasse beträchtlich höher wie der Systemschwerpunkt des Schiffes liegt, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß derselbe dadurch so hoch steigt, daß er mit dem Metacentrum zusammenfällt.

Nehmen wir einmal an, daß ein Schiff von 2000 Tons Displacement einen sogen. „well“ zwischen Brückenhaus und Back habe von 60 Fuß Länge und 34 Fuß Breite, eingeschlossen von 4 Fuß hohen festen Schanzkleidern. Dieser Raum würde $\frac{60 \cdot 34 \cdot 4}{35} = 233$ Tons fassen. Nun ist es allerdings nicht wahrscheinlich, daß dieser Raum gänzlich von einer Sturzsee gefüllt würde; wäre er aber auch nur zu $\frac{1}{4}$ voll, so würde das in demselben befindliche Wasser ein Gewicht von 175 Tons haben.

Wäre der Schwerpunkt dieses Wassers 10 Fuß über dem Systemschwerpunkt des Schiffes, so würde dieser um $\frac{175 \cdot 10}{2000 + 174} = 0,8$ Fuß gehoben.

War nun die metacentrische Höhe des Schiffes 0,6 Fuß, was bei manchen Ladungen gar nicht so ungewöhnlich ist, so wird der Systemschwerpunkt jetzt etwa 0,2 Fuß über dem Metacentrum liegen, wenn letzteres nicht ebenfalls gestiegen ist. Es ist klar, daß

ein Schiff unter solchen Umständen nicht aufrecht bleiben kann, ganz von dem Einfluß der Wellen abgesehen; es muß sich überneigen und das Wasser wird nach der geneigten Seite stürzen. Die ursprüngliche metacentrische Höhe kann nur wieder erlangt werden, wenn das Wasser über die Regeling und durch die Wasserpforten abfließen kann; deswegen sollten die letzteren groß genug und in genügender Anzahl vorhanden sein.

Da diese „wells“ mitunter bis zu 7 Fuß tief sind, indem die Schanzen die Höhe des Brückenhauses und der Deck haben, so wird alsdann die Gefahr um so größer. Ein solches Schiff muß sich, falls das Wasser nicht rasch durch die Pforten ablaufen kann, noch weiter überneigen, damit das Wasser über die Regeling abfließen kann. Die Anhäufung des Wassers auf einer Seite bei dieser geneigten Lage, wozu vielleicht noch „Synchronismus“ mit einer Welle kommt, kann verhängnisvolle Folgen haben. Es ist dieses sicher ein extremer Fall, aber da so manche Schiffe aus Unwissenheit in kaum seefähigem Zustande nach See geschickt und so viele im Laufe des Jahres als „verschollen“ bezeichnet werden, so glaubten wir unsere Leser auch auf diese Fälle aufmerksam machen zu sollen, welche gar nicht so ungewöhnlich sind, wie vielleicht angenommen wird.

Eintritt von Wasser durch eine Decköffnung. Die Wirkung des Eintritts von Wasser durch ein beschädigtes Deck oder durch eine Decköffnung auf die Stabilität. Dieser Fall ist von den vorigen insofern verschieden, als die Außenhaut hier völlig intakt ist und keine freie Verbindung des inneren und des äußeren Wassers stattfindet. Ein Verlust an Auftrieb findet nicht statt, das eindringende Wasser wirkt als Schwergut und vermehrt den Tiefgang. Würde dieses so weitergehen, bis das Totalgewicht des Displacements den Gesamtauftrieb überträte, so würde das Schiff sinken. Sollte das eingedrungene Wasser nur von beschränkter Menge gewesen und vielleicht während schlechten Wetters durch Leckspringen des Decks hereingekommen sein, so wollen wir kurz die Wirkung desselben auf die Stabilität untersuchen.

Hat das Schiff einen recht platten Boden, so würde die Wirkung des Wassers, wie Professor Elgar treffend bemerkt, dieselbe sein, als wenn man Wasser langsam in einen Kasten gießt. Wasser sucht sich die niedrigste Stelle, und dieses kann nur erreicht werden, wenn sich das Schiff etwas neigt und das Wasser in einer Rinne zusammenläuft. Anfangs wird diese Neigung (Schlagseite) nur klein und kaum bemerkbar sein; je mehr aber die Menge des Wassers zunimmt, um so größer wird dieselbe werden, bis schließlich der Schwerpunkt des eingedrungenen Wassers eine Lage einnimmt, daß die Vertikale durch den Displacementschwerpunkt, durch ihn hindurchgeht. Nun wird das Wasser aus einem Krängungselement ein solches, welches weiterer Krängung Widerstand leistet.

Fig. 121 soll ein Schiff darstellen, welches diese verschiedenen Neigungsprozesse durchgemacht hat. Bleibt es alsdann ruhig liegen, so ist dieses ein Beweis, daß die Vertikalen durch System- und Deplacentschwerpunkt zusammenfallen, indem der System- und Deplacentschwerpunkt vermöge des eingedrungenen Wassers seine Lage von G nach G^1 verändert hat. Hat ein Schiff bei einem beliebigen Neigungswinkel mehr aufrichtendes Moment (aufrichtender Hebelarm \cdot Deplacment) als das krängende Moment (Gewicht des Wassers \cdot lotrechte Entfernung zwischen g und g^1)* bei dem gleichen Neigungswinkel beträgt, so wird es in die aufrechte Lage zurückkehren. In unserm Beispiel (Fig. 121) war das Schiff ranter, denn es neigte sich mit dem langsam eindringenden Wasser mehr und mehr über, so daß also das überhüllende Moment des Wassers das aufrichtende Moment des Schiffes vollständig aufhob und es bei jedem Neigungswinkel im indifferenten Gleichgewicht ließ. Das Schiff konnte nicht auf einmal zu seinem größten Neigungswinkel überhüllen, weil das überhüllende Moment nicht genügte, um das aufrichtende Moment aufzuheben, bis mehr Wasser eingedrungen war.

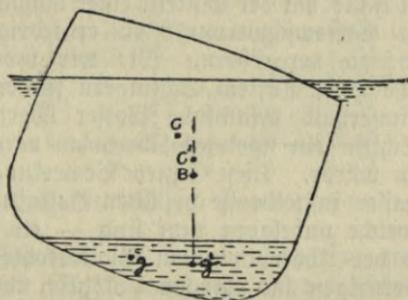


Fig. 121. — Wirkung des im Schiffsboden angesammelten Wassers.

Es soll in Fig. 121 das Gewicht des Wassers im Raume gleich 50 Tons sein und das Deplacment des Schiffes sei in dieser Lage gleich 1000 Tons. In der aufrechten Lage war g der Schwerpunkt des Wassers, doch hat sich derselbe durch die Neigung des Schiffes um 6 Fuß nach g^1 verlegt. Die Wirkung hiervon ist, daß auch der System- und Deplacentschwerpunkt des ganzen Schiffes in derselben Richtung verschoben wird und zwar um $\frac{50 \cdot 6}{1000} = 0,3$ Fuß.

Die Verschiebung des System- und Deplacentschwerpunktes um 0,3 Fuß nach einer Seite ist gleichbedeutend, als wenn von dem Hebelarm der Stabilität in der früheren Lage 0,3 Fuß abgenommen würde ohne Wasser im Raume. Wo also die Stabilitätskurve einen Hebelarm von

* g ist der Schwerpunkt des Wassers in aufrechter und g^1 in geneigter Lage.

0,3 Fuß zeigt, würde alsdann gar kein Hebelarm mehr vorhanden sein und bei diesem Neigungswinkel würde das Schiff, ohne Einwirkung äußerer Einflüsse, ruhig liegen bleiben. Wird das Schiff mit Gewalt weiter übergeneigt, so kehrt es wahrscheinlich sofort in diese Lage zurück, sobald die überhellende Kraft nicht mehr einwirkt; also ein Beweis, daß jenseits dieses Winkels das aufrichtende Moment des Schiffes das krängende Moment des Wassers übersteigt.

Würde das Schiff nun gewaltsamer Weise nach der Backbordseite übergehell und alsdann in Ruhe gelassen, so würde es bei demselben Neigungswinkel wie auf der Steuerbordseite liegen bleiben. Würde der größte aufrichtende Hebelarm des Schiffes bei irgendwelcher Neigung 0,3 Fuß nicht übersteigen, müßte dasselbe zweifellos kentern.

Je schärfer das Schiff im Boden ist, d. h. je mehr der Schiffsboden nach den Seiten zu aufsteigt, um so weniger Gefahr resp. Wahrscheinlichkeit ist vorhanden, daß das Wasser eine solche Seitenlage einnimmt; denn diese Art Bodenform macht die aufrechte Lage zu derjenigen, worin das Wasser die niedrigste Position einnehmen kann. In solchem Falle hat der Eintritt einer mäßigen Wassermenge die Wirkung, den Systemschwerpunkt zu erniedrigen und so die metacentrische Höhe zu vergrößern. Wie wir indessen wissen, ist große metacentrische Höhe starkem Schlingern förderlich, welche Bewegung auf das innerhalb befindliche Wasser übertragen wird und hierdurch beim Schiffe ein stärkeres Überholen verursacht, als was sonst der Fall sein würde. Diese letzten Bemerkungen beziehen sich auch auf Schlagwasser in teilweise gefüllten Ballasttanks und zeigen, warum Schiffe, welche unbeladen rank sind — ein Zustand, welcher mitunter während der Übernahme von Bunkerkohlen vermehrt wird — sich so leicht überneigen und manchmal plötzlich überholen. Solches ereignet sich meistens, wenn man es am wenigsten erwartet, so daß, wie bei der „Drotawa“, welche in Tilbury-Dock im Dezember 1896 kenterte, Kohlenpforten, Seitenfenster oder andere Öffnungen plötzlich unterhalb der Wasserlinie gebracht werden, so daß das Schiff schließlich kentert.

Eintritt des Wassers in eine End-Abteilung. Bis hierher haben wir es nur mit Querschiffs-Bewegungen zu thun gehabt, da wir annahmen, daß das Wasser in eine Abteilung, in der Mitte der Länge, eindrange, wodurch der Tiefgang gleichmäßig vorn und hinten zunahm. Wird indessen eine Abteilung am oder nahe am Ende des Schiffes beschädigt, so kann nicht allein das Bestreben des transversalen Überhellens, sondern auch eines solchen in der Längsrichtung eintreten.

Es sei in Fig. 122 G der Systemschwerpunkt und B der Deplacementschwerpunkt im unbeschädigten Zustande. Sollte das Schiff nun durch Kollision in der vorderen Abteilung CD beschädigt

werden und die See Zutritt finden, so wird der Auftrieb dieser Abteilung verloren sein, der Tiefgang wird zunehmen und der Deplacementschwerpunkt das Bestreben haben, sich in den Mittelpunkt des verbleibenden Auftriebs B^1 zu verlegen. Da sich jetzt aber der Systemsschwerpunkt und der Deplacementschwerpunkt nicht mehr in derselben Vertikalen befinden, so wird das Schiff aus dem Gleichgewicht kommen, da eine Hebelwirkung zwischen den Vertikalen durch diese beiden Punkte geschaffen wird. Das Schiff wird daher in der Längsrichtung überhellen und das Vorderende muß soweit eintauchen, bis der Deplacementschwerpunkt wieder in derselben vertikalen Linie wie der Systemsschwerpunkt ist. Je größer die beschädigte Abteilung und die Entfernung derselben vom ursprünglichen Deplacementschwerpunkt ist, desto größer wird die Veränderung im Tiefgang und Trim sein. Dieses wird vielleicht verhängnisvolle Folgen haben, denn sobald der Steven unter Wasser kommt, findet möglicherweise das Wasser durch Decköffnungen Zutritt und vergrößert dadurch das Eintauchen des beschädigten Schiffsendes.

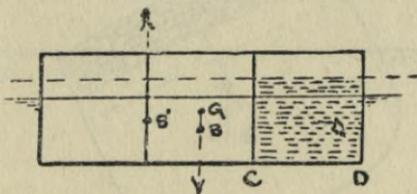


Fig. 122. — Wirkung des Eintritts von Wasser in die vordere Abteilung.

Höhe der Schotte. Es leuchtet jetzt ein, warum wasserdichte Schotte in kurzer Entfernung von jedem Schiffsende eingebaut werden sollten, denn hier wird eine Kollision am ehesten eintreten und außerdem ist der Verlust an Auftriebsmoment sehr groß, weil die Entfernung vom Deplacementschwerpunkt so bedeutend ist. Deswegen ist es notwendig alle Schotte und besonders wasserdichte so hoch wie möglich aufzuführen, damit das Wasser nicht über dieselben hinweg in die nächste Abteilung eindringen kann.

Auf der Ladung treibende Schiffe. In der Ostsee, wo Holz ein Hauptexportartikel ist, sieht man nicht selten bei schlechtem Wetter ein altes hölzernes Schiff, welches Holz als Ladung, sowohl im Raum, wie an Deck führt, voll Wasser auf der Ladung treiben. Es liegt dann meistens mit schwerer Schlagseite und steigt und sinkt mit jeder Welle, ohne nennenswerte eigene Bewegung. (Fig. 123.)

Es hat ein schweres Deck, das Wasser ist eingedrungen und so lange gestiegen, bis es im Schiffe dieselbe Höhe erreicht hat, wie das Wasser außerhalb. Da die See und das im Schiffe befindliche Wasser nun freie Verbindung mit einander haben, so ist der ganze

innere Raum, welcher nicht durch Holz eingenommen wird, — jeder Winkel und jede Spalte — verlorener Auftrieb. Der Tiefgang wird nun zunehmen, aber nicht das Displacement, bis soviel Wasser durch das Holz und die Bestandteile des Schiffes verdrängt ist, daß es dem ursprünglichen Displacement wieder gleich wird. Der Displacementsschwerpunkt ist natürlich gestiegen. Er wird jetzt im neuen Mittelpunkt der Wasserverdrängung liegen, welche nicht länger den eingetauchten Schiffskörper umfaßt, sondern jenen Teil desselben und der Ladung, welcher nicht durch Wasser eingenommen ist.

Der Systemsschwerpunkt ist unverändert geblieben.

Wäre das Metacentrum in derselben Position inbezug auf den Displacementsschwerpunkt geblieben, so würde das Schiff, da der letztere gestiegen ist, wirklich steifer geworden sein, wie vor dem

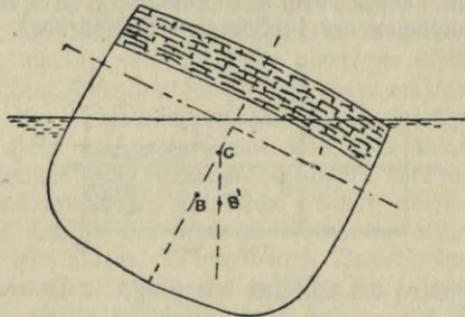


Fig. 123. — Schiff mit Holz beladen und auf der Ladung treibend.

Unfall, wo es wahrscheinlich recht rank war. Die bleibende Schlagseite beweist uns indessen, daß dieses nicht der Fall sein kann und wir greifen nicht fehl, wenn wir zum Schlusse kommen, daß eine beträchtliche Verminderung in der Höhe des Metacentrums eingetreten ist.

Diese Verminderung ist nicht durch das Displacement verursacht worden, denn dasselbe ist unverändert geblieben. Der Grund kann nur im Trägheitsmoment der neuen Schwimmebene liegen, welche nicht länger die ganze Fläche der Schwimmebene des Schiffes umfaßt, sondern nur den Querschnitt des wirklichen Holzes (von Schiff und Ladung) in jener Wasserlinie. Man findet nun das Trägheitsmoment bedeutend geringer und dividirt man es durch das Displacement, so erhält man eine Position für das Metacentrum, welche unterhalb des Systemsschwerpunktes liegt. Das Schiff wird daher unstetig, es hellt über, und möglicherweise würde es in vielen Fällen kentern, wenn sich nicht die Ladung auf Deck befände. Der

eingetauchte Keil des Holzes verhindert dieses aber, da er als Freibord wirkt und gerade dort Auftrieb spendet, wo solcher am meisten vonnöten ist.

Der Deplacementschwerpunkt ist von B nach B^1 verlegt worden (Fig. 123) und zwar soweit, bis die Vertikale durch den neuen Deplacementschwerpunkt B^1 durch den Systemsschwerpunkt G geht. Das Schiff befindet sich nun im indifferenten Gleichgewicht und hat bei diesem Neigungswinkel keinen aufrichtenden Hebelarm der Stabilität.

Sechstes Kapitel. (Siebenter Abschnitt.)

Über Segeln, Segelfläche etc.

Segel-Fläche. Betrachten wir in kurzem die Fähigkeit eines Schiffes inbetreff der Segelführung, so erweist sich unser Studium über „Momente“ im zweiten Kapitel von großem Wert; außerdem werden wir sehen, daß Segelfläche mit Stabilität im engsten Zusammenhang steht.

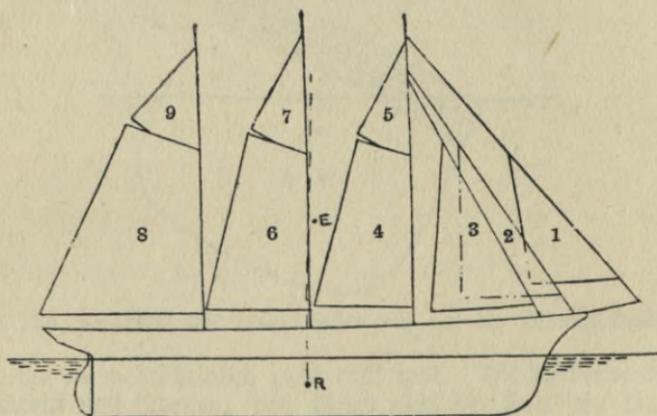


Fig. 124. — Dreimastiger Gaffelschoner.

Fig. 124 stellt die äußeren Linien eines dreimastigen Schoners dar, welcher uns als Beispiel dienen soll.

Segel können passender Weise mit einer Anzahl von Gewichten verglichen werden, welche auf verschiedene Weise an einem Hebel befestigt sind; der Hebel würde alsdann von einer gedachten Linie dargestellt werden, welche vom Schiffskörper bis jenseits der höchsten Gaffel hinaufreicht. Bevor wir indessen das Druckmoment für einen Punkt am Ende des Hebels berechnen können, müssen wir zuerst die Lage des Hebel-Endes bestimmen, für den das Moment berechnet werden soll. Ebenso ist es nun mit den Segeln; wir müssen den Endpunkt des imaginären Hebels bestimmen. Dieser Punkt wird „Mittelpunkt des seitlichen (lateral) Widerstandes“ genannt

und ist der Mittelpunkt des Widerstandes, welchen das Wasser der seitlichen Bewegung entgegensetzt. Diese Bewegung würde daher rechtwinklich zur Vorwärtsbewegung des Schiffes sein und wird Abtrift (leeway) genannt. Der Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes ist seiner Lage nach verschieden, liegt aber angenähert und für praktische Zwecke genau genug im Mittelpunkt des eingetauchten longitudinalen Durchschnitts in der Mittellinie des Schiffes. Wenn man Segeldruck mit Hebelgewicht vergleicht, so versteht man darunter nicht das Gewicht der Segel, sondern den Druck des Windes auf jedes Segel und dieses Druckmoment ändert sich natürlich mit der Entfernung von dem Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes und hat dieselbe Wirkung, wie das Gewicht auf einem horizontalen Hebel, indem es ein biegendes oder überhellendes Moment erzeugt. Alsdann muß man den Mittelpunkt des Winddrucks für die ganze Segelfläche, also den Schwerpunkt des Drucks finden. Man findet diesen Punkt, wenn man zunächst die Fläche jedes Segels mit der Entfernung seines Mittelpunktes vom Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes multipliziert. Die Summe aller dieser Momente, dividirt durch die Summe aller Segelflächen, giebt die vertikale Entfernung des Druckschwerpunktes (Segel-Systemschwerpunkt) vom Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes. Indeß muß man auch die Lage des Segel-Systemschwerpunktes in der Längsrichtung bestimmen; diese findet man, indem man zunächst die Fläche jedes Segels an der Vorderseite der vertikalen Linie, welche durch den Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes geht, mit der Entfernung seines Mittelpunktes von dieser Linie multipliziert. Nachdem man die Summe aller dieser Momente gefunden hat, macht man mit den hinteren Segeln dieselbe Operation. Der Unterschied der vorderen und hinteren Momente, dividirt durch die ganze Segelfläche, giebt die Entfernung, in welcher der Segel-Systemschwerpunkt vor oder hinter dem Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes liegt. Dieses wird daher an der Seite der Fall sein, wo die Momente überwiegen. (Siehe Lage des Mittelpunktes des seitlichen Widerstandes R und Segel-Systemschwerpunkt E (centre of effort) in Fig. 124.)

Wir wollen hier kurz bemerken, daß das Schiff Neigung hat, vom Winde abzufallen, wenn der Systemschwerpunkt der ganzen Segelfläche vor dem Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes liegt; man nennt dieses „leegierig“ (slackness). Liegt dagegen anderseits der Segel-Systemschwerpunkt hinter dem Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes, so hat das Schiff die Neigung, gegen den Wind anzuluben. Man nennt diese Eigenschaft „ludgerig“ (ardency oder griping).

Wenn man die Lage des Segel-Systemschwerpunktes berechnet, so legt man nur diejenigen Segel zu Grunde, welche man mit Sicherheit bei einer frischen Brise führen kann; auch wird ange-

nommen, daß die Segel in der Längsrichtung des Schiffes gebraucht sind. Unter frischer Brise versteht man einen Wind, welcher einen Druck von vier Pfund auf einen Quadratfuß Segelfläche ausübt. So giebt also die ganze Segelfläche, multipliziert mit der Entfernung des Segelsystemschwerpunktes vom Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes und dieses Produkt wieder mit vier Pfund multipliziert, das Moment des Winddrucks in Fußpfunden. Wenn z. B. in Figur 124 die Segelfläche = 10 000 Quadratfuß wäre und die Entfernung des Segel-Systemschwerpunktes vom Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes fünfzig Fuß betragen würde, so wäre das Krängungsmoment des Windes bei 4 Pfund Druck auf den Quadratfuß = 4 Pfund · 10 000 Quadratfuß · 50 Fuß = 2 000 000 Fußpfund oder = $\frac{2000000}{2240} = 892$ Fuß-Tons.

Nehmen wir nun weiter das Deplacement des Schiffes zu 2000 Tons und die Höhe des Metacentrums über dem System-schwerpunkt, GM, zu 2 Fuß an, so fragt es sich, was der Neigungswinkel des Schiffes bei diesem Winddruck von 892 Fuß-Tons sein wird? Wie wir wissen, ist das Moment, um ein Schiff in irgend einer geneigten Lage zu halten, gleich dem aufrichtenden Hebelarm der Stabilität, GZ, multipliziert mit dem Deplacement, D, in Fuß-Tons. Nun haben wir aber schon das Krängungsmoment in Fuß-Tons, nämlich 892, sodas $\frac{892}{D} = GZ = \frac{892}{2000} = 0,44$ Fuß ist.

Ferner wissen wir, daß $GZ = GM \cdot \text{Sinus}$ des Neigungswinkels bei kleinen Neigungen ist, deshalb ist

$$\frac{GZ}{GM} = \text{Sinus des Neigungswinkels.}$$

$\frac{GZ}{GM} = \frac{0,44}{2,00} = 0,22$ für den Sinus dieses Winkels und wenn wir in die Sinus-Tafel am Ende dieses Buches eingehen, so finden wir, daß dieser Sinus einem Neigungswinkel von etwa 13° entspricht.

Man wird hieraus die Wirkung des Beisetzens der oberen Segel besser verstehen. (Bram-, Oberbramsegel, Bramstagsegel u.)

Je höher sich ein Segel über dem Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes befindet, desto größer ist seine Wirksamkeit im Hervorbringen großer Krängungsmomente, ohne die Fahrt entsprechend zu vermehren. Erscheinen deshalb Anzeichen einer Böe und alle oberen Segel sind gesetzt, so nimmt man diese zuerst weg und zwar aus zwei Gründen:

1. Falls das Schiff große metacentrische Höhe hat und daher sehr steif ist, wird es dem überhellen großen Widerstand entgegensehen; das Resultat ist dann oft ein solches, daß die Stengen brechen oder die Segel wegsiegen.

2. Ist das Schiff rant und hat daher eine kleine metacentrische Höhe, so wird die Böe es vielleicht doppelt so weit überhellen, als wie es bei langsam und stetig zunehmender Brise der Fall gewesen sein würde. Es ist ganz sicher, daß manches Schiff nur durch diese Ursache gekentert ist. Ein Schiff mit schweren Rahen 2c. wird steifer, wenn man dieselben herunter nimmt, weil der Systemschwerpunkt niedriger zu liegen kommt und man deshalb größere metacentrische Höhe erhält.

Wir wollen hier noch bemerken, daß bei dem Überhellen des Schiffes die Wirkung des horizontalen Winddrucks nicht so groß sein wird wie bei der aufrechten Lage, da der Einfallswinkel des Windes mit der Segelfläche kleiner als ein rechter ist. Dasselbe findet bei Segeln statt, welche nicht direkt in der Längsrichtung des Schiffes gebraßt sind. Indessen ist unsere Rechnung für praktische Zwecke genau genug und der geringe Irrtum ist auf der sicheren Seite. Unter solchen Umständen würde der Neigungswinkel etwas geringer wie oben angegeben sein.

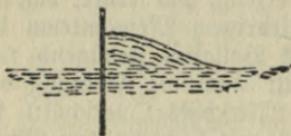
Bis jetzt haben wir die Wirkung einer bestimmten Segelfläche betrachtet, welche ein Schiff mit einer gegebenen metacentrischen Höhe überhellen würde. Nun wollen wir diesen Gegenstand von einem andern Punkte aus ins Auge fassen, nämlich — zu bestimmen, wie die Verhältnisse eines Schiffes sein müssen, damit es eine bestimmte Segelfläche bei einem gegebenen Neigungswinkel führen kann. Aus unseren früheren Betrachtungen über die Ursachen, welche die metacentrische Höhe beeinflussen, ist uns bekannt, daß dieses auf zweierlei Weise erreicht werden kann. Einmal wissen wir, daß große Breite ein hohes Metacentrum erzeugt und ferner, daß wir bei einem schmalen tiefen Schiffe mit niedrigem Metacentrum den Systemschwerpunkt durch Anordnung des Ballastes genügend nach unten zu verlegen können. Teilweise ist noch die Meinung verbreitet, daß ein Schiff mit schmalen Mittschiffs-Querschnitt sich besser für Schnelligkeit eigne, wie eins mit beträchtlicher Breite. Diese irrthümliche Meinung ist durch die Versuche des verstorbenen Herrn Froude widerlegt worden, welcher nachgewiesen hat, daß von zwei Schiffen von gleicher Länge und gleichen Displacements dasjenige mit der größeren Breite und den schärferen Enden das schnellere ist. Ebenfalls kann ein derartiges Schiff mit guter Breite, einer scharfen Unterwasserform und scharfen Enden am steifsten gemacht werden, um eine große Segelfläche zu führen; denn ein derartiger Typ wird einmal ein hohes Metacentrum haben und außerdem kann man beispielsweise bei Yachten durch niedriges Ballast-Arrangement den Systemschwerpunkt herunterbringen.

Reibungs-Widerstand. Was Schnelligkeit anbetrifft, so sind kurze Schiffe den langen gegenüber dadurch im Nachteil, daß sie einen verhältnismäßig größeren Reibungs-Widerstand der ein-

getauchten Außenhaut haben; die ersten 50 Fuß Länge haben nämlich den meisten Reibungs-Widerstand auszuhalten. Dieses ist um so mehr bei großer Schnelligkeit der Fall. Nachdem die ersten 50 Fuß durchs Wasser gepreßt sind, haben die kleinen Wasser-Partikelchen schon an der Vorwärtsbewegung Anteil genommen und infolge dessen vermindert sich der Widerstand. Bis zu etwa 8 Knoten Fahrt kommen ca. 80 bis 90 Proz. des Gesamt-Widerstandes auf die Reibung der Außenbeplattung.

Daher liegt auch die Notwendigkeit, den Schiffsboden rein zu erhalten, auf der Hand, weil eine rauhe Oberfläche den Betrag des Widerstandes bedeutend vermehrt. So bietet eine Oberfläche von der Glätte des Kattuns (Kaliko) etwa den doppelten Widerstand wie eine gefirnißte; Sand etwa $2\frac{1}{2}$ mal so viel Widerstand wie Firniß. Über diese Schnelligkeit hinaus fallen andere Widerstände sehr ins Gewicht, so daß der Reibungs-Widerstand bis zu 50 oder 60 Proz. des Ganzen abnimmt.

Widerstand durch Hervorrufen von Wellen. Man findet dieses meistens bei Schiffen von stumpfer, voller Endform, besonders am Vorderende, da der Widerstand gegen die Vorwärtsbewegung mit einer Planke verglichen werden kann, welche, wie in Fig. 125 angedeutet, bewegt wird. Hierdurch muß das Wasser vor dem Schiffe sich aufstürmen (aufstauen) und das Hervorrufen dieser Welle bedeutet Berausgabung und Verlust von Kraft. Es ist nichts Ungewöhnliches, daß Schiffe von dem vollen Frachtdampfer-Typ, welche nicht über 9 Seemeilen pro Stunde hinauskommen, eine beträchtliche Welle 6—8 Fuß vor sich her aufwerfen.



Bei Schiffen, welche am Hinterende voll sind, werden auch Wellen aufgeworfen, wenn auch nicht so große, indessen ereignet sich hier etwas anderes, welches ebenfalls Widerstand hervorrufen, nämlich:

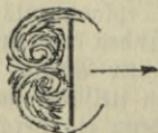


Fig. 125. — Welle und Wirbel, verursacht durch die Bewegung eines flachen Brettes durch das Wasser.

Wirbel hervorrufender Widerstand. Dieser ist ähnlich der Wirkung der Planke, welche wie in Fig. 125 bewegt wird. Nachdem das Wasser um die Ranten der Planke herumgelaufen ist, wirbelt es hinter derselben auf und bewegt sich in der Richtung der Planke. Die ganze Energie, welche gebraucht wird, um solches hervorzurufen, ist Kraftverlust. Ebenso ist es mit einem wirklichen Schiffe. In dem sog.

Sog (Todbwasser) verliert das Ruder einen guten Teil seiner Wirkung, auch ist bei einem Schraubendampfer die Schraube nicht so wirksam.

Wenn es also, um Schnelligkeit zu erzielen, notwendig ist, das Vorderende des Schiffes von scharfer Form zu haben, so ist es von äußerster Wichtigkeit, auch dem Hinterschiffe feine Linien zu geben, da hier, wie wir gesehen haben, ein doppelter Widerstand hervorgerufen wird; diese Widerstände können, besonders bei raschen Dampfern, ganz bedeutenden Einfluß ausüben.

Wenden wir uns nun dem vorhin verlassenen Gegenstand wieder zu und nehmen als Beispiel eine Yacht von 100 Fuß Länge mit einem Deplacement von 200 Tons; dieselbe soll eine Segelfläche von 5000 Quadratfuß haben. Dieses würde bei einem Winddruck von 4 Pfund auf den Quadratfuß einen Gesamtdruck von

$$\frac{4 \text{ Pfd.} \cdot 5000}{2240} = 8,9 \text{ Tons darstellen.}$$

Die Höhe des Segelsystemsschwerpunktes über dem Mittelpunkt des seitlichen Widerstandes sei 40 Fuß, dann hätten wir ein Krängungsmoment von $40 \cdot 8,9 = 356$ Fußtons. Diesem soll durch die Stabilität bei einem Neigungswinkel von 15° das Gleichgewicht gehalten werden.

Zuerst ist erforderlich, den aufrichtenden Hebelarm der Stabilität bei diesem Neigungswinkel zu finden.

Es ist: Deplacement \cdot Hebelarm $GZ =$ Moment,

$$\text{also } \frac{\text{Moment}}{\text{Deplacement}} = \text{Hebelarm oder } GZ.$$

$$\text{daher } \frac{356}{200} = 1,78 = GZ.$$

Hierauf müssen wir die Höhe des Metacentrums, GM , über dem Systemsschwerpunkt finden, welche uns $1,78 = GZ$ geben wird.

Die Formel ist: $GM \cdot \text{Sinus des Neigungswinkels} = GZ$,

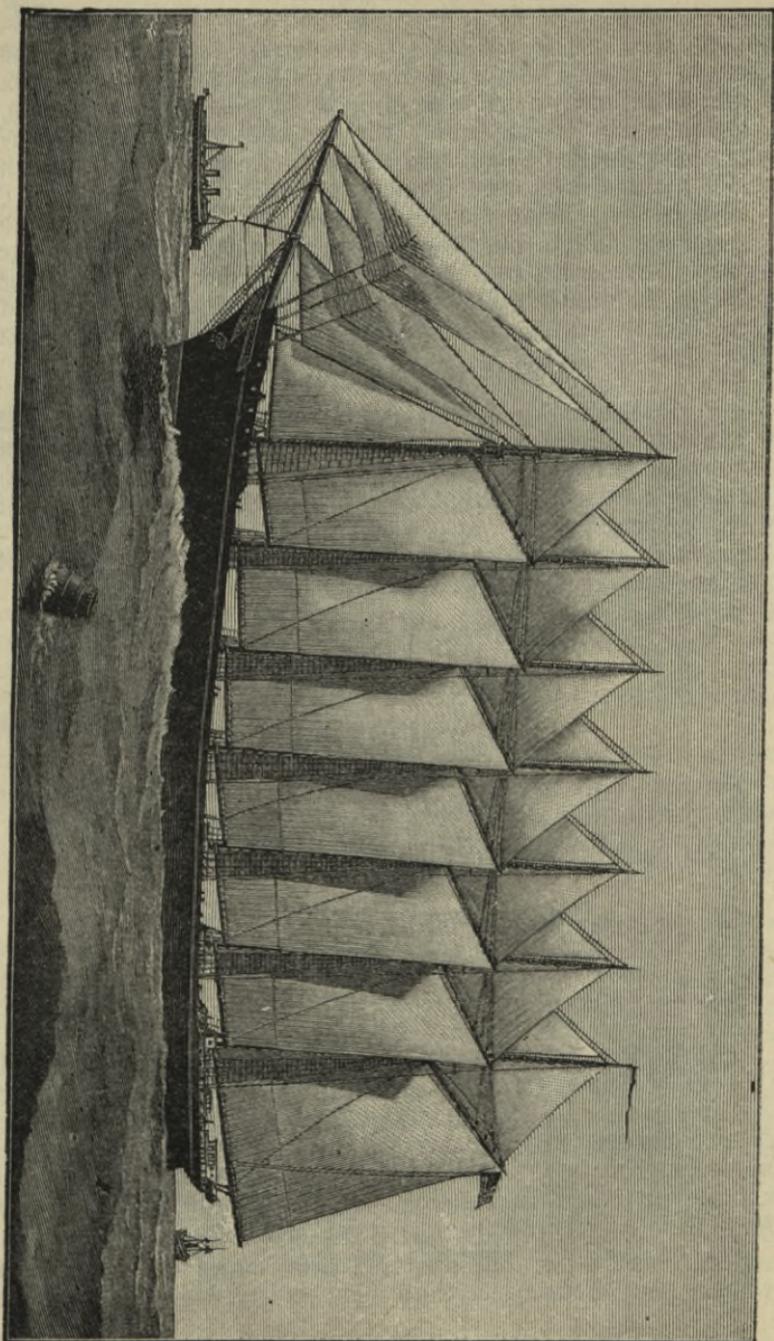
$$\text{daher ist } \frac{GZ}{\text{Sinus des Winkels}} = GM;$$

nun ist der Sinus von $15^\circ = 0,258$,

$$\text{also } \frac{1,78}{0,258} = 6,9 \text{ Fuß metacentrische Höhe.}$$

Bei Yachten haben wir bei gleichen Deplacements die Wahl, ob es besser sein wird, diese metacentrische Höhe durch Breite bei mehr oder weniger Tiefgang und weniger Ballast, oder durch vermehrte Rauntiefe und vermehrten Tiefgang bei weniger Breite, aber mehr Ballast zu erreichen. In diesem Punkte weichen die Ansichten der Schiffsbau-Techniker, wie die Abmessungen der neueren schnellsegelnden Yachten beweisen, etwas von einander ab.

Bei Segelschiffen indessen, wo man wegen der wechselnden Beladung den Systemsschwerpunkt nicht so festlegen kann wie bei



Siebenmastiges Segelschiff.

einer Yacht, ist es notwendig, eine genügende metacentrische Höhe vermittelt der Breite zu geben.

In einigen Fällen hat man Doppelböden für Wasser-Ballast eingerichtet, doch ist solches nicht allgemein eingeführt worden, weil, wenn die Laderäume voll und die Tanks leer sind, durch den Doppelboden der Schwerpunkt der Ladung gehoben und das Schiff ranker werden wird. Die vereinigte Wirkung hoher Masten und großer Segelfläche machen aber eine größere Stabilität notwendig.

Eine gute Veranschaulichung von der Größe moderner Segelschiffe und der damit verbundenen Segelfläche giebt die nebenstehende Abbildung eines neuen siebenmastigen Schoners; derselbe ist kürzlich in Boston vom Stapel gelassen. Das Schiff hat eine Länge von 133 Metern und eine Tragfähigkeit von 7500 Tons.

Ebenfalls ist das kürzlich auf der Werft von J. C. Tecklenborg, A.-G., in Geestemünde für die Firma F. Laeisz in Hamburg erbaute Fünfmast-Vollschiff von kolossalen Verhältnissen. Es ist augenblicklich das größte Segelschiff der Welt.

Seine Dimensionen sind die folgenden:

Länge über Alles	437 Fuß 0 Zoll =	133,20 Meter,
Länge über Steven in der Wasserlinie	400 " 0 " =	121,90 "
Breite über Spanten mittschiffs	53 " 6 " =	16,31 "
Größte Breite über Außenhaut	53 " 9 ¹ / ₄ " =	16,39 "
Seitenhöhe von Oberkaute-Kiel bis Oberkaute-Oberdeckbalken mittschiffs	32 " 6 " =	9,906 "

Die Gesamtsegelfläche beträgt 5560 Quadratmeter.

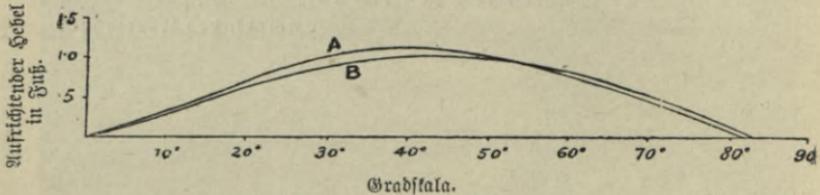
Anmerk. des Übersetzers.

Sechstes Kapitel. (Achter Abschnitt.)

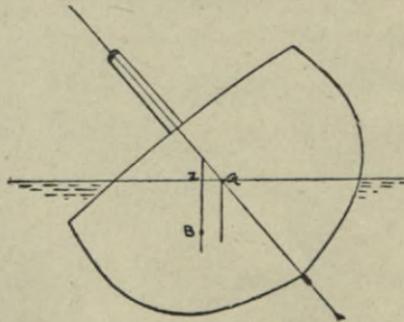
Auskunft über Stabilität.

Mit welchen Auskünften über Stabilität sollte ein Kapitän resp. Schiffsoffizier versehen werden?

Es würde schwierig sein, diese Frage zur Zufriedenheit eines jeden Sachverständigen oder Nicht-Sachverständigen zu beantworten, da die Zwecke, zu welchen Schiffe gebaut werden, so bedeutend von einander verschieden sind. Es scheint indessen, daß der Schiffsoffizier, nachdem er sich durchaus mit den Grundsätzen der Stabilität



A. Kurve bei voller Ausrüstung.
B. Kurve, wenn Kohlen und Vorräte verbraucht sind.



Neigung bei größter Stabilität. — (Bei voller Ausrüstung).
Figur 126. — Stabilitätskurven einer Dampf-Yacht.

vertraut gemacht hat und sich bewußt ist, in welche Notlagen sein Schiff kommen kann, die geeignetste und fähigste Person ist, zu entscheiden, welche Kenntnisse bezw. Auskünfte erforderlich sind. Es ist kaum notwendig, hervorzuheben, daß nicht alle Schiffsoffiziere

dieselbe Auskunft zu haben brauchen. Bei Yachten, deren Verhältnisse sozulagen konstant sind und deren einzige Veränderung im Verbrauch von Bunkerkohlen und Vorräten besteht, sind nur geringe Kenntnisse erforderlich, da ein solches Schiff so konstruiert und gebaut werden kann, daß es gewisse Bedingungen erfüllt und einen bestimmten Betrag an Stabilität besitzt. Es würde also vollständig genügen, wenn der Kapitän zwei Kurven hätte, welche die aufrichtenden Hebelarme und den Gesamtumfang der Stabilität anzeigten, einmal im leichten und das andere Mal im ausgerüsteten Zustande, damit er sich von der verbleibenden Reserve-Sicherheit ein Bild machen kann. Figur 126 stellt die Kurven für eine Dampf-Yacht dar von 152 Fuß Länge, 22 Fuß Breite und $13\frac{1}{2}$ Fuß Rauntiefe.

Dann giebt es wiederum Schiffe, welche für besondere Fahrten erbaut werden und da man die genaue Natur und die Dichtigkeit ihrer Ladungen kennt, so ist der Schiffsbau-Konstrukteur in der Lage, die Abmessungen des Schiffes so einzurichten, daß gewisse Bedingungen betreffs der Seefähigkeit im beladenen Zustande erfüllt werden.

Indessen ist die große Mehrheit der Schiffe dazu bestimmt, verschiedenartige Ladungen zu führen; namentlich diejenigen, welche tramps genannt werden, führen alle und jede Ladung irgendwo hin. Während es demgemäß unmöglich ist, ein für jede Fahrt besonders passendes Schiff zu konstruieren, liegt es doch in der Macht des Schiffsbau-Konstrukteurs, solche Auskunft zu geben, welche den Schiffsführer in Stand setzt, zu beurteilen, wie er in betreff von Laden und Ballasten zu verfahren hat, um sein Schiff am seefähigsten zu machen. Die Methode, Stabilitätskurven auszugeben, welche von den Herren J. L. Thompson & Sons Ltd. in Sunderland eingeschlagen worden ist, kann nur empfohlen werden. Die Figuren 106 und 107 stellen Reihen von Kurven dar, welche von der genannten Firma zweien ihrer Dampfer mitgegeben wurden.

Außer den Auskünften, welche die erwähnten Kurven gewähren, möchte es sich empfehlen, die Kenntnisse des Schiffsoffiziers noch durch Mitgabe der folgenden Kurven zu erweitern, nämlich:

1. Eine Stabilitätskurve, wenn das Schiff seinen Tiefgang „beladen“ hat bei der geringsten metacentrischen Höhe, welche mit der Sicherheit des Schiffes vereinbar ist, als Vorbeuge-Mittel, um das Schiff zu rank zu machen.

2. Eine Kurve, welche die Stabilität zeigt, wenn das Schiff mit der leichtesten gleichartigen Ladung, welche es möglicherweise führen könnte, ganz voll geladen ist; es muß von solcher Ladung der Kubikinhalt per Ton Gewicht bekannt sein und ebenso sollte dabei angegeben werden, wie viel Ballast darunter geführt werden muß, um dem Schiffe Sicherheit und gutes Arbeiten auf See zu ermöglichen. (Hieraus folgt indessen nicht, daß

das Schiff soviel Ballast führen muß, bis es seinen Maximal-Tiefgang hat.)

3. Eine Kurve der Stabilität, wenn das Schiff mit der schwersten gleichartigen Ladung, welche es möglicherweise führen könnte, beladen ist; es muß ebenfalls der Kubikinhalt per Ton angegeben sein, desgl. wie die Ladung im Raum und im Zwischendeck gestaut werden muß, um genügend Sicherheit und gutes Arbeiten auf See zu ermöglichen.

4. Eine Kurve für Ladung von mittlerer Dichte und eine Angabe der Menge des Ballastes, falls solcher erforderlich sein sollte, zur Sicherung eines guten Verhaltens auf See.

5. Eine sehr wichtige Kurve ist diejenige, welche die besten Bedingungen für ein Schiff leicht und in Ballast darstellt, mit genauer Angabe der Menge und der Lage des Ballastes, welcher mitgeführt werden muß, um dieses zu ermöglichen.

In unserer Zeit, wo Wasserballast eine solch große Rolle spielt, herrscht doch noch eine große Unkenntnis über das „wie“ und „wo“ derselbe geführt werden soll, um gute Resultate zu zeitigen. In einigen Fällen führt man den Wasserballast nur in den Piekz und nimmt so wenig wie möglich Ballast in den Raum. Daß ein Schiff hierdurch ungemein angestrengt wird, haben wir schon früher hervorgehoben. Die gewöhnliche Methode besteht darin, daß man Wasserballast-Tanks in der ganzen oder teilweisen Länge des Bodens einrichtet und dieselben, wenn das Schiff keine Ladung führt, alle auffüllt, ohne sich an die Verschiedenheit im Schiffstyp, der Abmessungen zc. zu kehren; das Resultat ist dann meistens, daß die Offiziere sich später beklagen, daß das Schiff derartig geschlingert hätte, daß die Masten fast über Bord gegangen wären. Ein Blick auf die Figuren 106 und 107 zeigt sehr deutlich, wie das wahrscheinliche Verhalten solcher Schiffe auf See sein würde, sowohl ohne als auch mit Ballasttanks voll. Die Kurven A und B zeigen die Hebelarme der Stabilität im leichten Zustande und die Kurven C und D, wenn die Ballasttanks voll sind. In allen diesen Fällen und besonders bei Fig. 107 sind die Hebelarme bei kleinen Neigungen sehr lang; in der That haben die Schiffe eine zu große Stabilität, und würden deshalb in diesem Zustande auf See wahrscheinlich sehr stark schlingern. Wir werden also auf die Thatsache hingewiesen, daß der Boden des Schiffes nicht immer der geeignete Platz für den ganzen Ballast ist. Wie wir schon oben auseinander gesetzt haben, wird manchmal ein besseres Verfahren eingeschlagen, indem man tiefe Tanks in der Mittschiffs-Gegend anbringt, wodurch sowohl das Displacement größer, als auch das Übel einer allzu großen Stabilität gemildert wird.

Sechstes Kapitel. (Neunter Abschnitt.)

Schlußbemerkungen über Stabilität.

Allgemeine Ergebnisse. Bevor wir unsere Betrachtungen über die verschiedenen Stabilitäts-Verhältnisse schließen, möchte es sich empfehlen, einige der wichtigsten Punkte, welche wir gefunden haben, so kurz wie möglich zusammenzufassen.

Der „*Displacementsschwerpunkt*“ (Mittelpunkt des Auftriebs, *centre of buoyancy*) ist der Schwerpunkt des verdrängten Wassers, einerlei bis zu welchem Winkel das Schiff übergehellet sein mag; in demselben wirkt der ganze vertikal nach oben gerichtete Druck des Auftriebs.

Das „*transversale Metacentrum*“ ist der Punkt, wo die Vertikale durch den *Displacementsschwerpunkt* bei sehr kleiner Neigung die Mittellinie des Schiffes schneidet (die Mittellinie, welche durch Kiel und Masten geht) und ist auch der Punkt, über den der *Systemschwerpunkt* (*centre of gravity*) nicht steigen darf, wenn das stabile Gleichgewicht des Schiffes erhalten bleiben soll. Die Höhe des transversalen *Metacentrums* hängt hauptsächlich von der Breite ab.

Das „*Metacentrum*“ und der „*Displacementsschwerpunkt*“ verändern ihre Lage mit jeder Tiefgangsänderung, indessen behalten sie bei irgend welchem bestimmten Tiefgang auch ihre respektiven Positionen. Die genauen Punkte bei aufrechter Lage des Schiffes und für jeden Tiefgang lassen sich aus Kurven entnehmen, welche man von dem Schiffbauer oder Konstrukteur erhalten kann.

Der „*Systemschwerpunkt*“ (*centre of gravity*) ist der Schwerpunkt des ganzen Gewichts von Schiff, Ausrüstung und der an Bord befindlichen Ladung. Derselbe kann deshalb für denselben Tiefgang sehr verschiedene Lagen einnehmen, je nachdem die schweren Gewichtsteile der Ladung hoch oder niedrig liegen. Man findet den *Systemschwerpunkt* durch ein Experiment, welches wir bereits in diesem Kapitel beschrieben haben.

Die Entfernung zwischen *Systemschwerpunkt* und *Metacentrum* wird „*metacentrische Höhe*“ genannt.

Multipliziert man die *metacentrische Höhe* in Fuß mit dem Sinus eines Neigungswinkels, der bei Körpern von schiffartiger Form

10—15 Grad nicht übersteigt, so erhält man angenähert den aufrichtenden Hebelarm der Stabilität in Fuß für jenen Winkel. Multipliziert man den aufrichtenden Hebelarm in Fuß mit dem Deplacement in Tons, so erhält man das aufrichtende Moment in Fußtons.

Man nimmt an, daß die metacentrische Höhe oder die metacentrische Stabilität über jene kleinen Winkel hinaus unzuverlässig wird, da dieselbe sowohl hinsichtlich der Länge der Hebelarme als ihrem Gesamtumfang nach wachsen, oder auch schnell abnehmen und verschwinden kann.

Der Hebelarm der Stabilität kann bei irgend welchem Neigungswinkel bestimmt werden, indem man die Lage des Deplacementschwerpunktes für diesen Winkel bestimmt. Die horizontale Entfernung zwischen den Vertikalen durch den Deplacementschwerpunkt und den Systemchwerpunkt bezeichnet den aufrichtenden Hebelarm. Wenn die Vertikale durch den Deplacementschwerpunkt die Mittellinie des Schiffes (d. i. die Linie durch Kiel und Masten) über dem Systemchwerpunkt schneidet, so ist der Hebel ein aufrichtender, andernfalls ein kippenden.

Ein Diagramm, welches die Hebelarme der Stabilität bei allen Neigungswinkeln für irgend ein besonderes Beladungsverhältnis zeigt und sowohl die Winkel, d. h. die Überhellung des Schiffes bei den größten Hebeln als auch den Punkt zur Anschauung bringt, wo die Stabilität gänzlich verschwindet, nennt man eine „Kurve der statischen Stabilität“; dieselbe kann man auch von dem Schiffsbauer oder Konstrukteur erhalten.

Große metacentrische Höhe zeigt uns an, daß das Schiff „steif“ ist, während kleine metacentrische Höhe ein „rankes“ Schiff bedingt.

Ein steifes Schiff erhält man, wenn in den Abmessungen des Schiffes große Breite vorgesehen ist, wodurch das Metacentrum erhöht wird; ist das Schiff dagegen fertig, so wird man schwere Gewichtsteile niedriger stauen, um hierdurch den Systemchwerpunkt zu erniedrigen.

Ist der Gesamtumfang der Stabilität eines Schiffes bei seinem Maximaltiefgang, sowie die metacentrische Höhe bekannt, so wird jede Verminderung dieser Höhe, welche nur durch Verlegung des Systemchwerpunktes erfolgen kann, verminderten Gesamtumfang (range) und verminderte Hebelarme (reduced levers) der Stabilität zur Folge haben, während das Gegenteil eintritt bei Vermehrung der metacentrischen Höhe.

Gleiche metacentrische Höhen bei verschiedenen Tiefgängen bringen sehr verschiedene Stabilitätsverhältnisse hervor.

„Freibord“ ist auch ein sehr wirksames Mittel, die Stabilität zu beeinflussen, giebt aber für sich allein keine Garantie, weder für den Gesamtumfang noch für die Länge der Hebelarme. Je größer

der Freibord bei einer bestimmten Lage des Systemschwerpunktes und einem bestimmten Tiefgange ist, desto länger werden die aufrichtenden Hebelarme bei beträchtlichen Neigungswinkeln und desto größer wird der Gesamtumfang der Stabilität.

Bei leichtem Tiefgang wird selbst gute metacentrische Höhe (welche vielleicht ausgezeichnet beim Maximal-Tiefgang passen würde) und großer Freibord vielleicht nur geringen Gesamtumfang und kurze Hebelarme hervorbringen.

Ist ein Schiff sehr steif, so bedingt diese Eigenschaft schnelle Bewegung im Seegange und ruft heftiges Schlingern hervor, während das Gegenteil langsamen und ruhigen Bewegungen sowie allgemeiner Stetigkeit förderlich ist.

Alle Schiffe haben das Bestreben, in einer Lage zu schwimmen, welche senkrecht zur Wellen-Oberfläche ist. Wie weit ihnen dieses gelingt, hängt hauptsächlich von dem Verhältnis ihrer Schlingerperiode in ruhigem Wasser zu der Periode der Wellen, in denen sie sich befinden, ab.

Unter „Schlingerperiode“ (period of oscillation) versteht man die Zeitdauer des vollständigen Überholens von Backbord nach Steuerbord oder umgekehrt, wenn die Schiffe gewaltsamer Weise in ruhigem Wasser übergehellt werden.

Die Periode für große und kleine Schlingerwinkel ist angenähert dieselbe. (Pendelgesetz.)

Unter „Wellenperiode“ (wave period) versteht man die Zeit, welche vergeht, bis zwei aufeinander folgende Wellenkämme einen stillliegenden Gegenstand passiert haben.

Wenn die Schlingerperiode geringer als die halbe Wellenperiode ist, so wird das Schiff mit den Wellen schlingern und sich ungefähr senkrecht auf deren Oberfläche halten; es wird also aufrecht im Wellenthal und auf dem Wellenkamm sein und seine größte Neigung (das stärkste Überholen) wird an der steilsten Stelle des Wellen-Abhanges stattfinden. Indessen könnte solches nur bei Schiffen stattfinden, deren Breite außerordentlich groß im Verhältnis zur Tiefe und wenn außerdem die Breite verhältnismäßig klein im Vergleich zur Länge der Welle ist; es ist aber genau die Art und Weise, wie ein kleines Floß auf den Wogen schwimmen würde.

Obgleich es nun ungewöhnlich ist, daß Schiffe eine solch rasche Bewegung haben, daß deren Schlingerperiode geringer als die halbe Wellenperiode ist, so kommt es doch vor, daß Schiffe so steif gemacht worden sind, daß sie eine Schlingerperiode haben, welche etwa der halben Periode der Wellen gleichkommt, welche sie antreffen können. Hierdurch wird „Gleichzeitigkeit“ (Synchronismus, synchronism) mit den Wellen hervorgerufen, sodaß, wenn das Schiff seinen größten Neigungswinkel hat, es noch den Impuls der Welle dazu erhält; insofern holt es dann furchtbar über.

Synchronismus kann auch periodisch bei einer Reihe von Wellen vorkommen.

Bergegenwärtigt man sich, daß Wellen an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten sowohl in der Länge wie in der Periode sehr von einander verschieden sind, so wird man einsehen, daß es kaum möglich ist, den Wirkungen des Synchronismus immer zu entgehen, einerlei wie das Schiff beladen sein mag. Indessen ist bei sehr steifen Schiffen die Wahrscheinlichkeit des Synchronismus bedeutend größer, während andererseits ein langsam schlingerndes Schiff, obgleich es ja auch Wellen antreffen kann, welche dieselbe Wirkung erzeugen, doch sicher das ruhigere und bequemere sein wird.

„Langsam schlingernde Bewegung“, welche der Stetigkeit förderlich ist, kann hauptsächlich auf dreierlei Art erlangt werden:

1. Durch kleine metacentrische Höhe.
2. Durch Widerstand leistende Mittel auf der eingetauchten Außenhaut in der Form von Kimmkielen (Schlingerkielen).
3. Indem man schwere Gewichtsteile von der Mitte des Schiffes nach den Wägern (Schiffsseiten) zu staut.

Die letzten beiden Methoden sind die sicheren, da dieselben die Stabilität des Schiffes nicht verringern. Bei der ersteren muß man indessen das betreffende Schiff genau kennen, da bekanntermaßen jede Verringerung der metacentrischen Höhe sowohl kürzere Hebelarme, wie auch verminderten Gesamtumfang (range) der Stabilität bedingt. Außerdem kann das, was gut und sicher für ein Schiff ist, außerordentlich gefährlich für ein anderes sein, daher ist es notwendig, daß der Kapitän von dem Schiffsbaumeister mit genauer Auskunft über die Stabilitätsverhältnisse versehen werde, damit er sicher gehe.

Tritt bei einem Schiffe mit sehr kleiner metacentrischer Höhe und langsamer Schlingerperiode bei hohem Seegange Synchronismus ein, so kann ein solches Schiff beim Schlingern große Neigungswinkel erreichen und wenn die Hebelarme und der Gesamtumfang der Stabilität nur gering sind, so wird die Möglichkeit des Kenterns hierdurch sehr vermehrt werden.

Eine schlechte Beladung und Stauung kann daher gefährliche Extreme erzeugen — sowohl ein außerordentlich steifes Schiff mit schweren Schlingerbewegungen, als auch ein zu rankes Schiff, verbunden mit Mangel an der nötigen Stabilität.

Synchronismus kann aufgehoben werden, indem man die Schnelligkeit oder den Kurs ändert.

Siebentes Kapitel.

Trim.

Inhalt: Erklärung — Trimmomente — Trimänderungen — Schwerpunkt des Auftriebs von Auftriebschichten bei aufeinanderfolgenden Tiefgängen — Longitudinales Metacentrum — Longitudinale metacentrische Höhe — Moment, um den Trim einen Zoll zu ändern — Praktische Beispiele, wie Trimänderungen bestimmt werden.

Unter Trim versteht man den Unterschied zwischen den Tiefgängen des Schiffes vorn und hinten.

Unter gewissen Umständen — Notfälle, Beschädigungen und Brüche der Schraube oder Welle, Docken *z.* — kann es oft nötig werden, den Tiefgang zu vermindern, entweder mit oder ohne eine Veränderung im Trim, oder auch nur, den Trim zu ändern, indem man entweder das Schiff vorder- oder hinterlastiger macht.

Trim ist ein Gegenstand, mit dem der Konstrukteur alle Tage zu rechnen hat, und ist so untrennbar mit der Stabilität verbunden, daß man beide zugleich ins Auge fassen muß. Wir setzen indessen voraus, wenn wir uns mit Trim beschäftigen, daß der Stabilität in bezug auf die vertikale Verteilung des Ladungsgewichtes gehörige Beachtung geschenkt worden ist und richten nun unsere Aufmerksamkeit auf die Verteilung von Gewicht in der Längsschiffsrichtung, sei es nun in Form von Ladung oder Ballast in den Räumen oder von Wasser in den Trintanks.

Mitunter wird in der Spezifikation für ein neues Schiff von einem Kreedler die Klausel eingefügt, daß das Schiff, wenn es mit gleichartiger Ladung fährt, einen bestimmten Trim haben soll, *z.* B. einen Fuß hinterlastig.

Auf den ersten Blick erscheint uns dieses vielleicht für den Schiffsbauer eine böse Bedingung zu sein, etwas derartiges zu garantieren. Bei einer genauen Kenntnis der Grundsätze des Auftriebs und der Schwere ist es jedoch einfach genug, obgleich es beträchtliche Arbeit und Zeit erfordern mag, um ein genaues Resultat zu erzielen.

Wenn große Schnelligkeit gefordert wird, so wird die Unterwasserform des Schiffes nach dem festgesetzten Tiefgange entworfen, ohne daß man sich an die inneren Einrichtungen der Laderäume, Lage der Maschinen und Kessel *z.* kehrt. Ist dieses fertig und hat

man das verlangte Displacement sowie die beste Form für große Schnelligkeit erhalten, so wird die Lage des Displacementsschwerpunktes in der Längsrichtung berechnet und der Konstrukteur weiß, daß das Gewicht, welches sich aus dem Schiffskörper und der Ausrüstung, Maschinen und Kessel eingeschlossen, sowie aus den mit gleichartiger Ladung gefüllten Räumen zusammensetzt, so angeordnet werden muß, daß der Schwerpunkt des Ganzen in vertikaler Richtung über dem Displacementsschwerpunkt liegt. Ist diese Bedingung erfüllt, so kann kein Zweifel über den Trim des Schiffes bleiben, nachdem es fertig und beladen sein wird.

Jeder weiß, daß durch Verlegung eines Gewichtes nach hinten oder nach vorn auf einem Schiffe etwas Veränderung im Trim desselben hervorgerufen wird. Wird das Gewicht, wie in Fig. 127, wo 10 Tons 60 Fuß verändert sind, nach vorn verlegt, so muß der

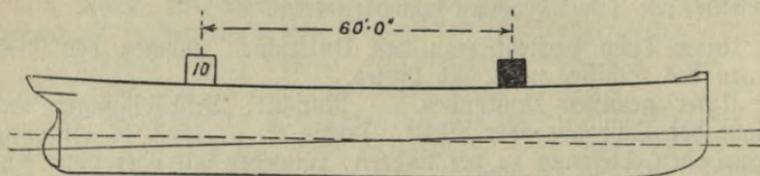


Fig. 127. — Trimänderung, hervorgerufen durch Verschiebung eines Gewichtes nach vorn.

Tiefgang des Schiffes am Vordersteven größer geworden sein. Da nun der mittlere Tiefgang derselbe geblieben ist, so muß das Schiff hinten mehr aus dem Wasser kommen. Da die Wirkung auf den Trim eines Schiffes bei einem bestimmten Tiefgang gänzlich von dem Gewichtsbetrag und dem Wege, um welchen die Lage des Gewichtes verändert wird, abhängt, so nennt man das Moment, welches man erhält, wenn man das eine mit dem andern multipliziert $10 \cdot 60 = 600$, das „Moment, um den Trim zu ändern“. Dieses giebt uns indessen noch keine bestimmte Idee, wie groß die genaue Veränderung im Trim sein wird, besonders wenn man sich vergegenwärtigt, daß dasselbe Moment verschiedene Resultate bei verschiedenen Tiefgängen hervorbringen wird; auf diese Art ist es also ziemlich wertlos. Könnten wir daher ein Moment finden, welches eine Trimänderung von einem Zoll bei dem bestimmten Tiefgang geben würde, so wäre die Aufgabe gelöst; denn wir bräuchten nur zu untersuchen, wie oft das Moment, den Trim um einen Zoll zu ändern, in dem ganzen Moment enthalten wäre; das Resultat wäre dann die Trimänderung in Zoll.

Wir bemerken ausdrücklich, daß „Trimänderung“ die Änderung des Tiefgangs am Vordersteven plus Änderung des Tiefgangs am Hintersteven und umgekehrt bedeutet. Hätte z. B. ein Schiff einen

Tiefgang von 10 Fuß vorn und 11 Fuß hinten und würde der Trim desselben durch Gewichtsverschiebung so geändert, daß der Tiefgang vorn 10 Fuß 1 Zoll und hinten 10 Fuß 11 Zoll betrüge, so wäre das Schiff vorn einen Zoll gesunken und hinten einen Zoll aufgekommen. Die Trimänderung wäre also 2 Zoll.

Wir werden nun untersuchen, wie man das Moment findet, durch welches der Trim um einen Zoll geändert wird.

Es sei Fig. 128 ein Schiff, welches in der Wasserlinie ab schwimmt. Der Auftriebsmittelpunkt liegt in B . Damit das Schiff ruhig im Zustande des Gleichgewichts verharre, ist es unerläßlich, daß der Mittelpunkt des Auftriebs (Displacementschwerpunkt) und der Systemsschwerpunkt in derselben vertikalen Linie seien, sowohl in Beziehung auf Querschiff, wie auch Längschiff. Ist die Lage eines Schiffes eine solche und liegt das Metacentrum höher wie der Systemsschwerpunkt, so schwimmt es aufrecht im stabilen Gleichgewicht und wird sich nur durch Anwendung von äußerer Gewalt auf die eine

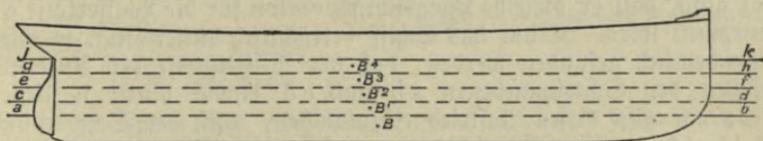


Fig. 128. — Änderungen in der Längs-Position des Displacementschwerpunktes bei aufeinander folgenden Schichten des Auftriebs, hervorgerufen durch vermehrte Eintauchung.

oder andere Seite überlegen. Mitunter wird wahrscheinlich infolge von Gewichtsänderungen an Bord das Schiff indessen etwas überholen und den Zustand der Ruhe erst wiederfinden, wenn der Displacementschwerpunkt und der Systemsschwerpunkt wieder in derselben vertikalen Linie liegen.

Ist ein Schiff abgelaufen, so wird es sofort diesen eben beschriebenen Zustand der Ruhe einzunehmen suchen. Querschiff liegt es wahrscheinlich aufrecht, aber sieht man nach vorn und hinten, so finden wir oft, daß es sich um einige Grade nach vorn oder hinten neigt, oder wie man sagt, es „trimt“ vorder- oder hinterlastig (kopf- oder steuerlastig).

Es sei nun Fig. 128 die Lage eines gerade vom Helgen abgelaufenen Schiffes, welches in der Wasserlinie ab schwimmt; der Trim sei 2 Fuß hinterlastig und B sei der Displacementschwerpunkt in der Längschiffsrichtung. Da sich nun unser Schiff im Gleichgewicht befindet, so ist es klar, daß sich der Systemsschwerpunkt in vertikaler Richtung über dem Displacementschwerpunkt befindet; hierdurch haben wir sofort die Lage des Systemsschwerpunktes in der Längschiffsrichtung.

Nehmen wir nun einmal an, wir wollten unser Schiff beladen, ohne den Trim desselben zu ändern. Natürlicherweise nimmt beim Fortgang des Ladens der Tiefgang zu. Die Frage ist: Wie soll das hinzukommende Gewicht der Ladung verstaут werden? Hier machen nun viele einen Fehler. Man nimmt häufig an, daß der Schwerpunkt des hinzukommenden Gewichts genau in derselben vertikalen Linie liegen muß wie der System- und der Deplacementschwerpunkt beim ursprünglichen Tiefgange. Wenn ein Schiff eine derart regelmäßige Form wie ein Kasten hätte, so würde die Annahme gerechtfertigt sein; für Schiffe ist sie indessen gänzlich falsch, und wenn darnach verfahren würde, so würde in den meisten Fällen eine Änderung des Trims die Folge sein; der Grund ist nicht schwierig einzusehen. Wir wollen annehmen, die Ladung würde in 4 Partien, jede von gleichem Gewicht, eingenommen, dadurch würde das Schiff nacheinander die Schwimmebenen $c d$, $e f$, $g h$, $i k$ einnehmen. Obgleich nun B der Deplacementschwerpunkt in der Längsrichtung für die Wasserlinie $a b$ ist, so folgt daraus noch nicht, daß er dieselbe Längsschiffsposition für die Wasserlinie $c d$ einnehmen wird. Trimt das Schiff beträchtlich hinterlastig, so wird wahrscheinlich gefunden werden, daß der Mittelpunkt des Auftriebs zwischen den Schwimmebenen $a b$ und $c d$ etwas hinter B liegen wird; um also diesen Auftrieb einzutauchen, muß der Schwerpunkt des hinzukommenden Gewichts genau über dem Schwerpunkt seines eigenen Auftriebs B^1 liegen, oder das Gewicht muß gleichmäßig zu beiden Seiten von B^1 verteilt werden. Ebenso mag der Schwerpunkt des Auftriebs der nächsten Deplacementschicht weder über B oder B^1 , sondern in B^2 sein, und so muß der Schwerpunkt der nächsten Partie der Ladung auch wieder senkrecht über B^2 liegen, um das Schiff niederzuladen, ohne den Trim zu ändern, und so weiter, bis das Schiff die Tiefadelinie erreicht hat.

Um diese sich im Gleichgewicht haltenden Kräfte des Gewichts und des Auftriebs noch deutlicher zu veranschaulichen, wollen wir etwas näher auf die Sache eingehen. Nehmen wir wieder an, das unbeladene Schiff habe seine Ruhelage in der Wasserlinie $a b$, Fig. 128 eingenommen. Der Deplacementschwerpunkt ist B und der System- und der Schwerpunkt liegt in einem Punkte vertikal darüber. Nun ist das ganze Gewicht des leeren Schiffes durch den ganzen Auftrieb unterhalb $a b$ gestützt. Es sollen jetzt 100 Tons Ladung in Mengen von 10, 15, 30, 20 und 25 Tons an Bord verstaут werden, sodaß keine Trimänderung entsteht und das Schiff in der Wasserlinie $c d$ schwimmt, welche parallel zu $a b$ ist. Es ist daher klar, daß der körperliche Inhalt des Raumes zwischen den Ebenen $a b$ und $c d$ gleich 100 Tons Schwimmkraft oder Auftrieb sein muß. Wir haben also jetzt nicht mehr mit dem ursprünglichen Auftrieb unterhalb $a b$, noch mit dem leichteren (d. h. unbeladenen) Gewicht des Schiffes zu thun. Diese

beiden Größen bleiben ganz außer Ansatz. Vielmehr richten wir unsere Aufmerksamkeit nur auf die 100 Tons Gewicht und auf die 100 Tons Auftrieb, welche dasselbe zu tragen haben. Es sei B^1 der Mittelpunkt dieser 100 Tons Auftrieb; der Schwerpunkt der 100 Tons Ladung muß also in der vertikalen Linie liegen, welche durch B^1 geht, wobei es natürlich einerlei ist, ob die Gewichte an Deck oder auf dem Schiffsboden liegen, wenn nur der Schwerpunkt in derselben vertikalen Linie mit B^1 ist.

Wir wollen nun mit dem Laden beginnen.

Die 10 Tons seien 5 Fuß hinter B^1 verstaut.

15	"	30	"	"	"	"	"
"	30	"	24	"	"	"	"
"	20	"	40	"	vor	"	"

Nun entsteht die Frage: „Wo müssen die letzten 25 Tons verstaut werden, damit das Schiff den verlangten Trim erhält?“

Hintere Momente	Vordere Momente
10 · 5 = 50	20 · 40 = 800 Fuß-Tons
15 · 30 = 450	1220 — 800 = 420 Fuß-Tons Rest.
30 · 24 = 720	
1220 Fuß-Tons.	

Wir haben also noch ein Moment von 420 Fuß-Tons vorne nötig, um die Momente an jeder Seite von B^1 auszugleichen, und wir erhalten dasselbe, indem das verbleibende Restgewicht der Ladung, 25 Tons, in eine solche Lage gebracht wird, um dieses hervorzubringen.

Gewicht mal Entfernung von B^1 ist gleich dem Moment in Fuß-Tons, daher $\frac{\text{Moment}}{\text{Gewicht}} =$ der Entfernung von B^1 , in welcher die 25 Tons plaziert werden müssen und wir erhalten

$$\frac{420}{25} = 16,8 \text{ Fuß für die erforderliche Entfernung.}$$

Den meisten Schiffsoffizieren wird das Ausführen der soeben beschriebenen Methode bedeutende Schwierigkeit bereiten. Man wird fragen, wie der Schwerpunkt der Auftriebschicht, welche durch Hinzufügung eines bestimmten Gewichts eingetaucht werden soll, zu finden ist. Allerdings giebt es einige Schiffsoffiziere, welche sich größere theoretische Kenntnisse angeeignet haben, und mit den Bauplänen ihres Schiffes versehen sind, aus denen sie dann die Form des ganzen oder irgend eines Querschnittes bestimmen können. Ohne einen derartigen Plan oder Aufriß kann allerdings der Schwerpunkt einer bestimmten Auftriebschicht nicht gefunden werden. Wir beabsichtigen indessen nicht, ein solches Verfahren als praktisch oder als handige Methode für Seeleute vorzuschlagen. Wenn man indessen die wesentlichen Grundsätze kennt, so kann man daraus eine

einfache, praktische und verlässliche Methode ableiten. Ist die Zunahme im Tiefgang nicht sehr groß, so genügt es, anstatt den Schwerpunkt der Schicht zwischen ab und cd, Fig. 128, zu finden, für praktische Zwecke vollkommen, den Schwerpunkt der Schwimmebene ab zu kennen und diesen als angenäherte Lage des Deplacementschwerpunktes anzusehen. Von diesem Punkte aus berechnet man dann die Momente der an Bord zu bringenden Ladung.

Sollte aber der Seemann jedesmal den Schwerpunkt der Schwimmebene* berechnen, wenn er den Trim beurteilen will, so wäre solches ein langwieriges Unternehmen und kann deswegen nicht in Frage kommen. Diese Schwierigkeit kann indessen leicht überwunden werden, denn eben so gut wie eine Deplacementskurve oder eine „Tons pr. Zoll“-Kurve hergestellt werden kann, läßt sich eine Kurve der „Wasserlinienschwerpunkte“ oder besser gesagt, der Schwerpunkte der Schwimmebenen, konstruieren und hieraus läßt sich der Schwerpunkt jeder Schwimmebene zwischen den Tiefgängen „unbeladen“ und „beladen“, also zwischen dem geringsten und dem Maximaltiefgang leicht ersehen. Eine solche Kurve könnte mit wenig Mühe in kurzer Zeit von dem Schiffsbaumeister oder Konstrukteur geliefert werden. Die Kurve 1 Figur 129 stellt eine derartige Kurve für einen Dampfer von 352' Länge, 44' Breite und 28' Tiefe dar. Die vertikale Skala vergegenwärtigt uns die Tiefgänge, dagegen die horizontale Skala die Entfernungen der Schwerpunkte der Schwimmebenen von der Hinterlante des Hinterstevens.

Die so gefundenen Schwerpunkte gelten nur für Schwimmebenen, welche dem Kiel parallel laufen und sind nur genau richtig für das Schiff auf ebenem Kiel. Wenn das Schiff indessen nur wenig „vorder“- oder „hinterlastig“ trimt, so würden die erlangten Resultate auch noch für richtig gelten können. Wäre dagegen ein Schiff sehr hinterlastig, so könnte ein ziemlicher Fehler in den Entfernungen eintreten. Um der Wahrheit näher zu kommen, würde es ratsam sein, eine andere Kurve, Nr. 2 in unserm Diagramm, zu haben, welche für dieselben „mittleren“ Tiefgänge berechnet ist, wobei aber der Trim des Schiffes 6 Fuß hinterlastig ist. Diese Kurve zeigt, daß die Schwerpunkte weiter nach hinten liegen. Mit diesen beiden Kurven und Anwendung von etwas Scharfsinn ist es möglich, den Schwerpunkt irgendwelcher Schwimmebene bei jedem Trim mit hinreichender Genauigkeit für alle praktischen Zwecke zu bestimmen.

Man muß sich noch klar machen, daß, wenn ein schon an Bord befindliches Gewicht verlegt wird, das Moment der Trimänderung einfach das Produkt aus dem Gewicht und der Entfernung, um welche das Gewicht verlegt wurde, ist. Werden jedoch Gewichte

*) Regeln für genaue Berechnungen und ausgearbeitete Beispiele finden sich in Kapitel X bei „Schiffs-Berechnungen.“

an Bord gebracht oder von Bord entfernt (Laden und Löschen), so werden diese Gewichte mit den Entfernungen zwischen ihren Schwerpunkten und dem Schwerpunkt der Schwimmebene multipliziert. Bringt man das Gewicht an die Vorderseite dieses Punktes, so trimt das erlangte Moment das Schiff vornüber; bringt man es auf die Hinterseite, findet das Gegenteil statt. Werden einige Gewichtsteile hinten und andere vorn plaziert, so giebt der Unterschied zwischen den vorderen und hinteren Momenten das Moment der Trimänderung. Werden Gewichtsteile vorn aus einem Schiff gelöscht, so ergiebt diese Operation ein Moment, welches das Schiff

Stafa der Entfernungen von der Hinterkante des Hinterstevens.

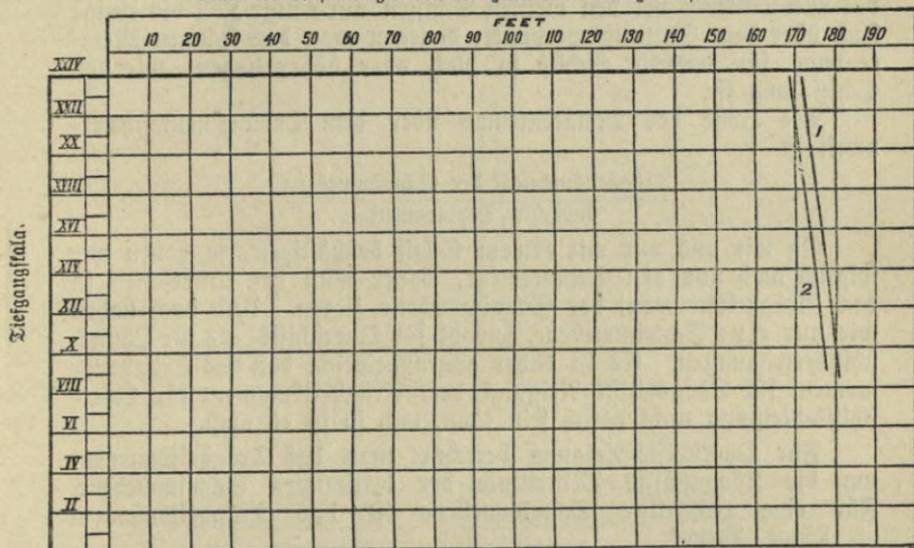


Fig. 129. — Kurven der Schwerpunkte von Schwimmebenen.

Nr. 1. Schiff auf ebenem Kiel. Nr. 2. Schiff trimt 6 Fuß steuerlastig.

hinten niederdrückt, und das Gegenteil findet statt, wenn hinten gelöscht wird. Natürlicherweise ergiebt das Löschen von Ladung eine Verminderung des mittleren Tiefgangs, während auch eine Trimänderung dabei erfolgen kann.

Die Schwerpunkte der Schwimmebenen, von welchen die Entfernungen gerechnet werden, um die Momente für die Trimänderungen zu erhalten, kann man passender Weise Drehpunkte (tipping centres) nennen, und werden wir uns in Zukunft dieses kurzen und ausdrucksvollen Wortes bedienen.

Denklich ist es uns gelungen, klar zu stellen, wie man das Moment der Trimänderung erhält; wir werden nun sehen, wie groß die genaue Änderung des Trims ist.

Ist ein Schiff in mäßiger Weise auf die Seite geneigt, so wird die Stabilität durch die metacentrische Höhe gemessen; je größer demgemäß die metacentrische Höhe ist, desto weniger Neigung wird durch die Querschiffsverschiebung eines an Bord befindlichen Gewichtes erzeugt. Betrachtet man ein Schiff sowohl in der Querrichtung, als auch in der Längsrichtung, so wird es in einem bestimmten Ladungs- oder Ballastverhältnis den Systemsschwerpunkt auch in derselben Höhe vom Kiel haben. Ebenso liegt der Deplacementschwerpunkt in beiden Fällen gleich hoch.

Wenden wir uns aber zu den Metacentren, so finden wir einen großen Unterschied in ihren Positionen. Querschiffs betrachtet liegt das Metacentrum bei den meisten Schiffen nur einige Zoll bis einige Fuß über dem Systemsschwerpunkt; dagegen mag das Längen-Metacentrum für dasselbe Schiff so hoch oder höher liegen, wie das Schiff lang ist.

Die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt ist

Trägheitsmoment der Schwimmebene
 Kubisches Deplacement.

Da wir uns nur mit einem Schiff beschäftigen, so haben wir folglich auch nur ein Deplacement, daher muß der Unterschied in dem Trägheitsmoment der Schwimmebene liegen. Und doch haben wir nur eine Schwimmebene, sowohl für Querschiffs- als für Längschiffserwägungen. Es ist daher augenscheinlich, daß das Trägheitsmoment für Längschiffs-Neigung dem Trägheitsmoment für Querschiffs-Neigung nicht gleich sein kann, und so ist es auch.

Für Querschiffs-Neigung berechnet man das Trägheitsmoment um die Längschiffs-Mittellinie der bestimmten Schwimmebene. Für eine rechteckige Schwimmebene ist das Trägheitsmoment

$$= \frac{\text{Länge} \cdot \text{Breite}^3}{12}$$

Für Längschiffs-Neigung indessen wird das Trägheitsmoment um die transversale Achse berechnet, welche durch den Schwerpunkt der gegebenen Schwimmebene geht und für eine rechteckige Figur würde das Trägheitsmoment sein

$$= \frac{\text{Länge}^3 \cdot \text{Breite}}{12}$$

Angenommen, die Länge einer rechteckigen Schwimmebene sei 100 Fuß, die Breite 20 Fuß, so würde das Trägheitsmoment für Querschiffsneigung

$$= \frac{100 \cdot 20^3}{12} = \frac{800\,000}{12} = 66\,666 \text{ sein; der Tiefgang sei 10 Fuß. Dann wäre die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt}$$

$$= \frac{\text{Trägheitsmoment}}{\text{Deplacement}} = \frac{66\,666}{100 \cdot 20 \cdot 10} =$$

3,3 Fuß.

Für Neigung in der Längsrichtung wäre das Trägheitsmoment $\frac{100^3 \cdot 20}{12} = 1\,666\,666$ und die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt $= \frac{1\,666\,666}{20\,000} = 83,3$ Fuß. Diese enorme Längsschiffsstabilität, welche die große Mehrzahl der Schiffe besitzt, macht es erklärlich, warum man ein Schiff so viel leichter querschiffs, als längsschiffs überhellen (übertrimmen) kann, entweder durch äußere Gewalt oder durch Verlegung von an Bord befindlichen

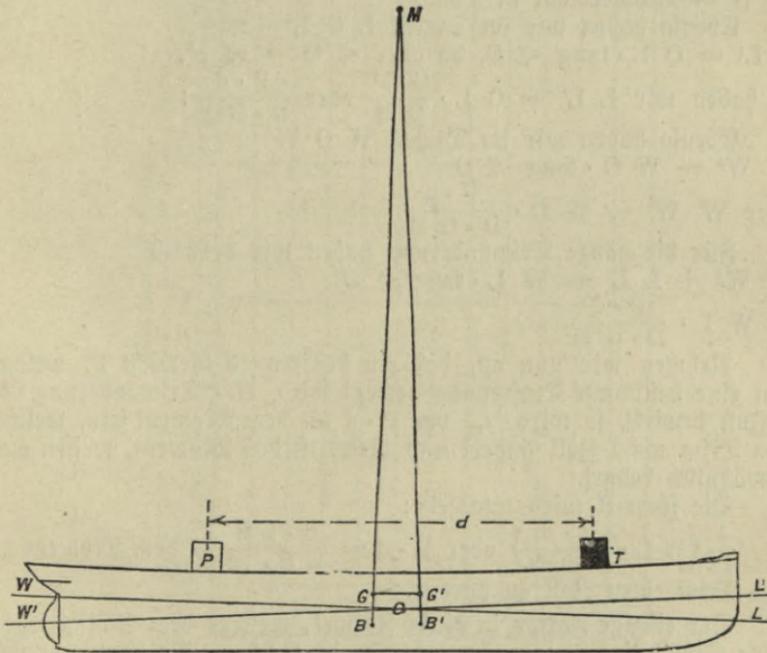


Fig. 130.

Gewichten. Es sei Fig. 130 ein Schiff, welches in der Wasserlinie WL schwimmt; in dieser Lage ist G der System- und Deplacementschwerpunkt, B der Deplacementschwerpunkt und M das Metacentrum. Man verlegt nun ein Gewicht P in horizontaler Richtung um die Entfernung d nach T . Hierdurch ändert sich der Trim des Schiffes, sodaß die neue Wasserlinie $W'L'$ wird, B' wird der neue Deplacementschwerpunkt und G' der neue System- und Deplacementschwerpunkt, welcher sich in einer Richtung verlegt hat, welche parallel einer Linie ist, welche die Schwerpunkte des verlegten Gewichtes in der ersten und der zweiten Lage verbindet. Die Vertikale durch B' und G' schneidet

die ursprüngliche Vertikale durch B und G in M, dem Metacentrum. Die Wasserlinien schneiden sich in O, welches für mäßige Neigungen den Drehpunkt (tipping centre) bedeutet. Wir haben nun 3 Dreiecke $G M G^1$, $W O W^1$ und $L O L^1$, deren Winkel gleich sind.

$$G G^1 = \frac{P \cdot d}{\text{Displacement in Tons}}$$

ferner $G G^1 = G M \cdot \tan \sphericalangle M$,

$$\text{dann ist } \tan \sphericalangle M = \frac{G G^1}{G M} \text{ oder } \frac{P \cdot d}{D \cdot G M}$$

wo D = Displacement in Tons.

Ebenso haben wir im Dreieck $L O L^1$

$L L^1 = O L \cdot \tan \sphericalangle O$, da aber $\sphericalangle O = \sphericalangle M$,

$$\text{so haben wir } L L^1 = O L \cdot \frac{G G^1}{G M} \text{ oder } \frac{P \cdot d}{D \cdot G M};$$

Ebenso haben wir im Dreieck $W O W^1$

$W W^1 = W O \cdot \tan \sphericalangle O$

$$\text{oder } W W^1 = W O \cdot \frac{P \cdot d}{D \cdot G M}$$

Für die ganze Trimänderung haben wir deshalb

$$W W^1 + L L^1 = W L \cdot \tan \sphericalangle O$$

$$= W L \cdot \frac{P \cdot d}{D \cdot G M}$$

Nehmen wir nun an, daß ein bestimmtes Gewicht P, welches um eine bestimmte Entfernung bewegt wird, eine Trimänderung von 1 Fuß bewirkt, so wird $\frac{1}{12}$ von $P \cdot d =$ dem Moment sein, welches den Trim um 1 Zoll ändert und dieses ist das Moment, wessen man gewöhnlich bedarf.

Die Formel wird nun sein:

$$\frac{1}{12} \left(W L \cdot \frac{P \cdot d}{D \cdot G M} \right) \text{ oder } P \cdot d = \frac{D \cdot G M}{W L \cdot 12} = \text{dem Moment um den Trim einen Zoll zu ändern.}$$

Der einzige Faktor in dieser Formel, welcher dem Schiffsoffizier etwa Schwierigkeiten machen könnte, ist $G M$ — die metacentrische Höhe der Länge nach.* Diese Schwierigkeit läßt sich leicht überwinden, wenn man von dem Schiffsbaumeister oder Konstrukteur eine Kurve für das Längen-Metacentrum erhält. Diese wird genau in derselben Weise, wie die Kurve für transversale Metacentren, ausgelegt. Figur 131 stellt eine solche Kurve dar.

Kennt man den Systemschwerpunkt im leichtesten Zustande und vielleicht noch bei einer oder zwei anderen Lagen, so wird es nicht schwierig sein, in angenäherter Weise die Höhe des Systemschwerpunktes in jeder anderen Lage des Schiffes abzuschätzen. Bei der großen Entfernung zwischen dem Längen-Metacentrum und dem

* Wegen Berechnung des longitudinalen Metacentrums siehe Kapitel X.

Systemschwerpunkt würde ein Irrtum von einem Fuß oder auch etwas mehr bei der Abschätzung der Lage des System Schwerpunktes für das End-Resultat von keiner Bedeutung sein. Wir geben nun einige Beispiele, welche die praktische Anwendung dieser Methoden zeigen.

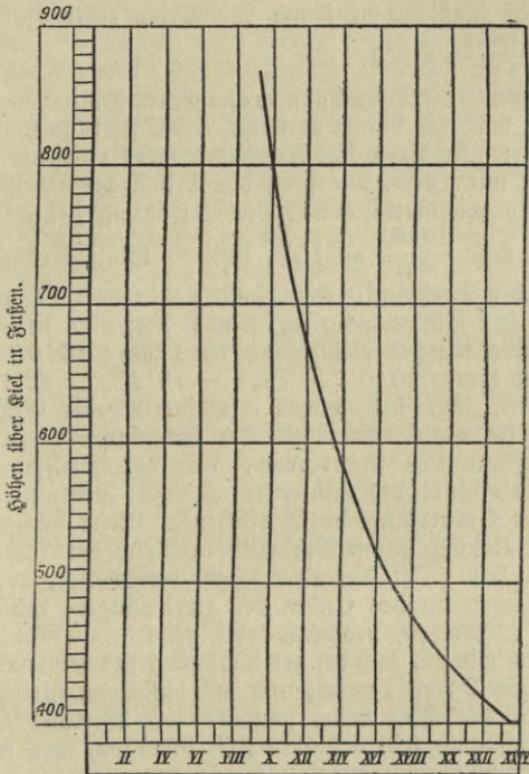


Fig. 131. — Kurve der Längen-Metacentren.

Um die Wirkung des Füllens und Leerens von Wasserballasttanks auf den Trim des Schiffes zu berechnen, muß der Schwerpunkt jedes einzelnen Tanks bekannt sein; die Lage desselben könnte man leicht von den Erbauern erhalten mit dem genauen Rauminhalt eines jeden. Dasselbe bezieht sich auch auf das Füllen und Leeren von Bunkern.

I. Beispiel.

Ein Schiff sei 352 Fuß lang. Das Displacement ist 6200 Tons bei einem Tiefgang von 20 Fuß hinten und 18 Fuß vorn. Der

mittlere Tiefgang ist daher 19 Fuß. Aus der Kurve der Längen-Metacentren (Figur 131) findet man die Höhe des Metacentrums über dem Kiel zu 460 Fuß. Nach Schätzung ist der Systemschwerpunkt 16 Fuß über dem Kiel. Die metacentrische Höhe ist daher $460 - 16 = 444$ Fuß. Die Länge der Wasserlinie ist aber ca. 352 Fuß. Das Moment um den Trim einen Zoll zu ändern ist also $\frac{6200 \cdot 444}{352 \cdot 12} = 651$.

Es werden 100 Tons Ladung aus einem Hinterraum genommen und in einem vorderen Raum verstaut. Die Entfernung, um welche die bezgl. Schwerpunkte dieser 100 Tons auseinander liegen, sei 100 Fuß.

Gefragt wird nun, wie groß die Trimänderung ist.

Das Moment, welches uns zur Verfügung steht, ist $100 \cdot 100 = 10000$. Also $\frac{10000}{651} = 15\frac{1}{4}$ Zoll = totale Trimänderung.

Wäre der Drehpunkt etwa in der mittleren Länge, so würde der Betrag der Eintauchung vorn und derjenige der Austauchung hinten derselbe sein; der Tiefgang vorn wäre $18'0'' + 7\frac{5}{8}'' = 18'7\frac{5}{8}''$ und hinten $20'0'' - 7\frac{5}{8}'' = 19'4\frac{3}{8}''$. Wie wir indessen gezeigt haben, läßt sich solches mit hinreichender Genauigkeit aus den Kurven für die Schwerpunkte der Schwimmebenen ersehen.

Nach Figur 129 findet man, daß der Drehpunkt 175 Fuß von der Hinterkante des Hinterstevens liegt; alsdann liegt er 177 Fuß von der Vorderkante des Vorstevens. Unter solchen Umständen wird die Eintauchung am Vorderstevan gleich der Austauchung am Hinterstevan sein. Ist der Unterschied beträchtlich, wird die Ein- und Austauchung an den Enden den zwei Längen, welche die ganze Wasserlinie ausmachen, proportional sein.

Nehmen wir an, daß bei der Schätzung des Systemschwerpunktes ein Fehler von 2 Fuß gemacht und daß die metacentrische Höhe nicht 444, sondern 442 Fuß wäre, so würde die Wirkung auf die totale Trimänderung noch keinen halben Zoll betragen, was in der Praxis ohne Einfluß wäre.

II. Beispiel.

Wir wählen dasselbe Schiff unter gleichen Verhältnissen mit demselben Tiefgang, 20' hinten und 18' vorn.

Es werde nun die Frage gestellt, wie weit wir unsere 100 Tons nach vorn zu verlegen hätten, um das Schiff auf ebenen Kiel zu bringen. Dieses bedeutet eine Trimänderung von 24 Zoll.

Wir fanden, daß das Moment, um den Trim einen Zoll zu ändern, 651 war; daher ist das Moment für 24 Zoll $651 \cdot 24 = 15624$, die 100 Tons müssen daher $\frac{15624}{100} = 156$ Fuß nach vorn verlegt werden.

III. Beispiel.

Wiederum nehmen wir dasselbe Schiff unter gleichen Verhältnissen; es soll der große Doppelboden-Tank gefüllt werden. Der Tank enthält 210 Tons Wasser. Welche Wirkung wird dieses auf den Trim haben? Der Tiefgang hat sicher zugenommen. Berechnet man die Trimänderung, welche durch Gewichtsvermehrung hervorgerufen wird, so nimmt man immer zuerst an, daß das Gewicht über dem Schwerpunkt der derzeitigen Schwimmebene gestaut sei. Hierdurch wird der Tiefgang gleichmäßig vermehrt, wenn das Gewicht im Verhältnis zum Displacement des Schiffes nur klein ist. Das Gewicht wird dann auf seinen bestimmten Platz gebracht und die Trimänderung gefunden, wie wir in den vorhergehenden Beispielen gezeigt haben. Nehmen wir nun Einblick in die „Tons pr. Zoll“-Skala oder -Kurve, welche mit den Displacements- und Schwergutskalen jedem Schiffe mitgegeben werden sollte, so finden wir darin die Anzahl Tons, durch welche der Tiefgang des Schiffes um 1 Zoll vermehrt wird. Es seien nun die „Tons per Zoll“ zu 30 gefunden, so würde der Tiefgang durch das Füllen des Tanks um 7 Zoll zunehmen.

Der Tiefgang ist jetzt 18' 7" vorn und 20' 7" hinten. Für diesen Tiefgang nehmen wir aus der Kurve der Längenmetacentren die Höhe des Metacentrums und schätzen die Höhe des Systemschwerpunktes, indem wir die 210 Tons im Bodentank inbetracht ziehen.

Die metacentrische Höhe ist nun 434 Fuß.

Das Moment, um den Trim einen Zoll zu ändern, ist daher

$$\frac{6410 \cdot 434}{352 \cdot 12} = 658.$$

Die Entfernung des Tankschwerpunktes vom Drehpunkt ist 60 Fuß. Das Moment der Trimänderung ist daher $210 \cdot 60 = 12600$. Die ganze Trimänderung ist also $\frac{12600}{658} = 19$ Zoll.

Nehmen wir an, daß das Verhältnis der Länge der Wasserlinie vor dem Drehpunkt zur Länge hinter demselben gleich 8 : 7 sei, so würde die Tiefgangsänderung 10 Zoll vorn und 9 Zoll hinten sein; der schließliche Tiefgang ist also 18' 7" + 10" = 19' 5" vorn und 20' 7" - 9" = 19' 10" hinten. Die Wirkung des Einnehmens einer mäßigen Ladungsmenge oder des Füllens der Bunker würde in gleicher Weise berechnet werden.

IV. Beispiel.

Wir legen wieder dasselbe Schiff zugrunde und wollen sehen, welche Wirkung der Verbrauch von 200 Tons Kohlen aus einem Querbunker auf den Trim haben wird. Wir nehmen zuerst an, daß die 200 Tons aus dem Bunker recht über dem Drehpunkt plaziert seien und finden dafür die Trimänderung. Die Kohlen sollen in

einem Bunker liegen, welcher sich 30 Fuß vor dem Drehpunkt befindet. Im ersten Beispiel fanden wir das Moment, den Trim einen Zoll zu ändern = 651; das ganze Trimmoment ist also $200 \cdot 30 = 6000$.

$$\frac{6000}{651} = 9 \text{ Zoll totale Trimänderung.}$$

Die Verhältniszahlen der Wasserlinie seien wieder 8 : 7, so verteilt sich die Trimänderung auf 5" vorn und 4" hinten. Der Tiefgang wird also $18' 0'' - 5'' = 17' 7''$ vorn und $20' 0'' + 4'' = 20' 4''$ hinten sein.

Jetzt nehmen wir weiter an, daß die 200 Tons Kohlen in direkt vertikaler Linie aufgehoben würden und verschwänden (d. h. verbraucht würden). Der Tiefgang wird dann gleichmäßig vorn und hinten abnehmen. Die „Tons pr. Zoll“ sind 30.

$\frac{200}{30} = 6\frac{2}{3}''$ Tiefgangsabnahme und der schließliche Tiefgang ist $17' 7'' - 6\frac{2}{3}'' = 17' 0\frac{1}{4}''$ vorn und $20' 4'' - 6\frac{2}{3}'' = 19' 9\frac{1}{4}''$ hinten.

Wird eine mäßige Quantität Ladung gelöscht oder Wasser aus Trimtanks gepumpt, so findet man die Wirkung auf den Trim in gleicher Weise, wie beim Verbrauch von Bunkerkohlen.*

Wegen weiterer Ausführungen und wirklicher Trimberechnungen siehe Kap. X.

* Mit der Hilfe von solchen Tabellen oder Kurven, wie wir sie vorgeschlagen, würde die Wirkung auf den Trim beim Einnehmen von großen Quantitäten Ladung oder dergl., welche bedeutenden Mehr-Tiefgang verursachen, in ähnlicher Weise gefunden werden.

1. Finden wir die Buznahme des Tiefgangs, parallel dem ursprünglichen Tiefgang aus der Displacementskala.

2. Entnehmen wir die Lage des Displacementsschwerpunktes der neuen Displacementskurve aus der Kurve für die Drehpunkte.

3. Verteilen wir die Ladung in die dafür beabsichtigten Räume.

4. Berechnen wir das Moment der Trimänderung.

5. Bestimmen wir das Moment, um den Trim in dieser neuen Wasserlinie einen Zoll zu ändern, alsdann giebt 4 durch 5 dividiert die ganze Trimänderung.

A chtes Kapitel.

Tonnage.

Inhalt: Wichtigkeit für Schiffsreeder vom ökonomischen Standpunkt — Tonnage unter Deck — Brutto Tonnengehalt — Tonnengehalt nach Registertons — Abzüge für Registertonnage — Wichtigkeit der Abzüge für Maschinenräume bei Dampfern — Tiefe Wasserballast-Tanks — Deckladungen — Beispiele von Tonnage Berechnungen bei wirklichen Schiffen — Segelschiffe — Suez-Kanal Tonnage — Tonnage für Yachten.

Handelschiffe.

Wichtigkeit für Reeder. Schiffsabgaben, z. B. Lootsgeld, Dockgeld, Fluß- und Hafengebühren u. werden fast immer nach Registertons bezahlt. Daher ist die Tonnage für den Schiffsreeder vom ökonomischen Standpunkt sehr wichtig. Trotzdem giebt es über Tonnage noch viele irrige Ansichten.

Der Tonnengehalt in Netto Reg.=Tons giebt nur wenig Anhalt für die wirkliche Größe eines Schiffes, denn ein Schiff von 250 Fuß Länge kann z. B. einen Gehalt von 700 Reg.=Tons haben und ein anderes von denselben Proportionen und demselben Displacement hat vielleicht nur einen solchen von 300 Reg.=Tons. Wir sehen hieraus, daß Register-Tons uns noch keinen Anhalt bieten, zwei Schiffe in bezug auf ihre Dimensionen, Displacements und Ladefähigkeit miteinander zu vergleichen.

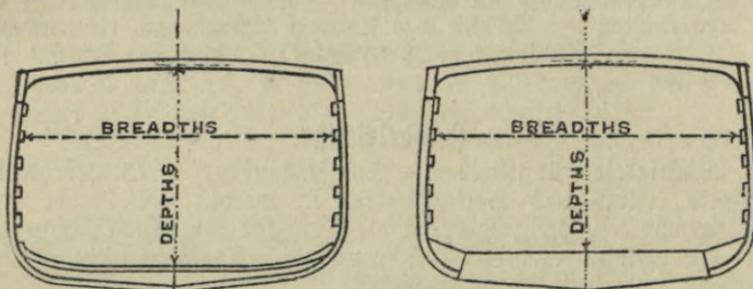
Wirft man einen Blick in das Besichtigungsattest eines Schiffes oder sieht man sich das Register einer Klassifikations-Gesellschaft an, so findet man drei verschiedene Tonnagen, nämlich: Unter-Deck-, Brutto- und Netto-Register. Da eine Reg.=Tonne gleich hundert Kubikfuß Raumgehalt ist, so erhält man aus der Unter-Deck- oder Brutto-Tonnage einen Überblick über das Fassungsvermögen eines Schiffes. Register-Tonnage hat aber mit dem Gesamt-Rauminhalt wenig zu thun, sondern hängt von der Anordnung im Innern des Schiffes ab, von den maschinellen Einrichtungen, Mannschaftsräumen u., wofür Abzüge erlaubt sind.

Unter-Deck Tonnage ist die ganze Tonnage bis zum Tonnage- oder Vermessungs-Deck und ist derjenige Teil des Schiffes, welcher zuerst vermessen wird.*

Die Unter-Deck Tonnage wird folgendermaßen vermessen:

Ist das Schiff mit gewöhnlichen Bodentwrangen gebaut, so wird die Tiefe des Schiffes von der Oberkante der Bodentwrangen gemessen, nachher wird die Dicke der Wegerung, welche meistens $2\frac{1}{2}$ Zoll beträgt, in Abzug gebracht. Man mißt oben bis zu einem Drittel der Rundung der Deckbalken in der Balkenmitte (siehe Fig. 132.)

Hat das Schiff einen Doppelboden, so wird die Tiefe von oben wie vorstehend gemessen (Figur 133) bis zur Topplatte des Doppelbodens, wenn keine Wegerung vorhanden ist. Falls eine hölzerne Wegerung da ist, so wird die Dicke derselben, gewöhnlich $2\frac{1}{2}$ Zoll, in Abzug gebracht. Befindet sich noch Raum zwischen Topplatte und Wegerung, so wird derselbe nicht abgerechnet.



Breadths = Breiten. Depths = Tiefen.

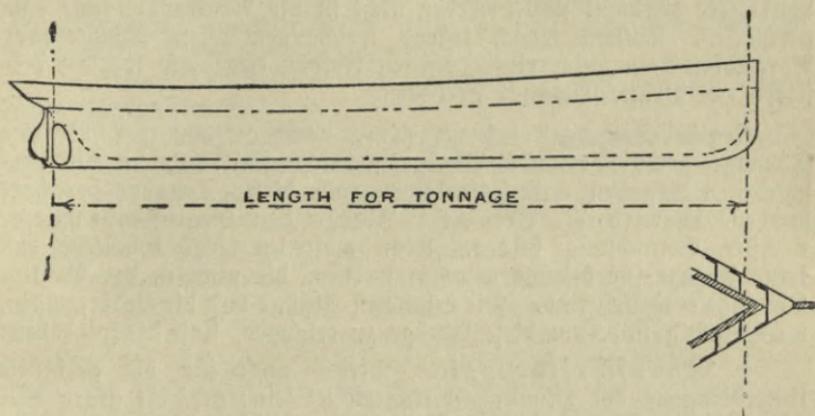
Fig. 132, 133. — Unter-Deck Tonnage; Breite und Tiefe.

Hat ein Schiff zum Teil Doppelboden und zum Teil gewöhnliche Bodentwrangen, so wird die Tiefe für jeden Teil des Schiffes in der oben beschriebenen Weise besonders gemessen. Die Breite für Vermessungszwecke rechnet von der inneren Seite der Wegerungslatten, deren gewöhnliche Dicke $2\frac{1}{2}$ Zoll ist. Bei Schiffen, die meistens Kohlen fahren, hat man häufig statt hölzerner Latten halbrunde Eisenschienen, welche an die Begepantanten genietet sind. In solchem Falle rechnet man die Breite zwischen den inneren Seiten der halbrunden Eisenschienen. Sind weder Latten noch Eisenschienen vorhanden, so rechnet man die Breite zwischen den Begepantanten.

Die Länge rechnet von den Punkten an den äußersten Enden des Schiffes, wo die inneren Flächen der Wegerungslatten zusammenstoßen, oder in Ermangelung eines derartigen Arrangements von dem Punkte, wo Linien, welche über die Spanten laufend gedacht werden, zusammenstoßen würden. (Figur 134.)

* Vermessungsdeck ist das obere Deck bei allen Schiffen, welche weniger als drei Decks haben und das 2. Deck von unten bei allen anderen Schiffen.

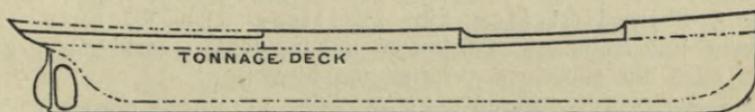
Die Vermessungsbehörde mißt nun das Innere des Schiffes in dieser Weise aus und berechnet den Kubinhalt nach Simpson's Regeln. Diese Methode giebt den Rauminhalt ein wenig zu klein, sodaß der Unterschied etwas zu Gunsten des Reeders ist. Haben



Length for Tonnage = Länge für Tonnage (Vermessungslänge.)

Fig. 134. — Länge für Unter-Deck-Tonnage.

Schiffe ein erhöhtes Quarterdeck, so wird das Hauptdeck als Vermessungsdeck angesehen; wo das Hauptdeck aufhört und das Quarterdeck beginnt, wird das Hauptdeck verlängert gedacht (Fig. 135) und der Rauminhalt des Quarterdecks separat berechnet.



Tonnage Deck = Vermessungsdeck.

Fig. 135. — Vermessungsdeck.

Brutto-Tonnage. Hierunter versteht man die Unterdeck-Tonnage mit allen geschlossenen Aufbauten, in der Form von Hütten (Poops), Brückenhäusern, Backs, Spardecks, Sturmdecks, erhöhten Quarterdecks, Maschinen- und Kesselumbauten* u. Ausgenommen sind gewöhnlich Mannschafts-Kombüsen und Klosets, sowie überbaute Eingänge (companion).

* Maschinen- und Kesselumbauten bilden nur einen Teil der Brutto-Tonnage, wenn der Reeder wünscht, daß dieselben in die Berechnung des wirklichen Maschinenraumes eingeschlossen werden.

Unter geschlossenen Aufbauten versteht man Räume, welche von allen Seiten geschlossen sind; z. B. Poops mit geschlossenen Vorderseiten von Holz oder Eisen, Brückenhäuser mit geschlossenen Enden und ebensolche Backs. Offene Poops, Brückenhäuser, Backs oder sonstige offene Aufbauten an Deck, welche nur zum Schutz für Passagiere bestimmt sind, werden nicht in die Brutto-Tonnage eingeschlossen. Sollten jedoch irgend welche geschlossene Räume oder Vorratskammern unter einem offenen Aufbau liegen, so werden dieselben zur Brutto-Tonnage gerechnet.

Register-Tonnage* erlangt man, nachdem von der Brutto-Tonnage gewisse erlaubte Abzüge gemacht sind und da die verschiedenen Abgaben und Hafenkosten nach dieser Tonnage berechnet werden, so wird die Art dieser Abzüge den Gegenstand unserer nächsten Betrachtung bilden. Man muß im Auge behalten, daß keine Abzüge für Räume gewährt werden, die nicht in der Brutto-Tonnage enthalten sind. Die erlaubten Abzüge und die Bedingungen, welche nötig sind, um diese Abzüge zu erlangen, sind die folgenden:

1. **Mannschafts-Logis.** Dieses muß für die geeignete Unterbringung der Mannschaft eingerichtet sein; geschützt gegen See und schlechtes Wetter, auch muß für Luft und Licht genügend gesorgt sein; es muß für jeden Mann 72 Kubikfuß Raum enthalten, dergestalt, daß jeder mindestens 12 Quadratfuß Bodenraum hat. — Es muß allein zur Beherbergung der Mannschaft und deren Effekten und nicht zu anderen Zwecken dienen, auch muß genügend für Klosets gesorgt sein.

2. **Raum für den Kapitän.** Derselbe darf nur zur Benutzung des Kapitäns sein und kann eine angemessene Größe haben.

3. **Räumlichkeiten für Offiziere und Maschinisten.** Hierin sind Kammern, Eßzimmer und W.-C's. eingeschlossen, doch darf alles nur zur eigenen Benutzung dienen.

Anmerkung: Ein Eßzimmer (messroom), welches vom Kapitän und den Offizieren gemeinsam benutzt wird, kann nicht in Abzug gebracht werden.

4. **W.-C's.** Auf Passagierschiffen wird für je 50 Passagiere ein W.-C. in Abzug gebracht; jedoch im ganzen nicht mehr wie zwölf und auch nur dann, wenn sie oberhalb des Vermessungsdecks angebracht sind.

5. **Segelkoje.** Dieser Raum bezieht sich nur auf Segelschiffe und darf $2\frac{1}{2}\%$ der Brutto-Tonnage nicht überschreiten. Wird dieser Betrag überschritten, so kommen nur $2\frac{1}{2}\%$ zum Abzug.

* Unter Register-Tonnage ist hier immer Netto-Register-Tonnage verstanden.

Seit dem 1. Juli 1895 ist die deutsche Vermessung mit der englischen identisch, so daß die hier gegebenen Regeln auch für deutsche Schiffe gelten.

Anmerk. des Übersetzers.

6. Bootsmanns-Locker. (Kabelgat.) Für einen gewöhnlichen Frachtdampfer werden je nach der Größe ca. 10—16 Tons erlaubt.

7. Ruderhaus u. Räume, welche nur für Steuergeschirr, Winden, Ankergeschirr oder zur Aufbewahrung von Seefarten, Signalflaggen, Signalkörpern und anderen Instrumenten zur Navigierung des Schiffes dienen.

8. Donkey-Kessel, falls derselbe nicht mit dem Maschinenraum verbunden ist.

9. Deck-Aufbauten zum Schutz der Passagiere, wenn solche nur diesem Zwecke dienen und an den Enden geschlossen sind. Dem Board of Trade muß eine Skizze dieses oder dieser Räume unterbreitet werden, wenn man die Erlaubnis haben will, dieselben von der Brutto-Tonnage in Abzug zu bringen.

10. Maschinenraum. Unter Maschinenraum wird Maschinen- und Kesselraum, Tunnel, Donkey-Kesselraum, falls derselbe mit dem Maschinenraum verbunden ist und einen Teil desselben bildet, sowie Licht- und Luftschacht verstanden. Unter Licht- und Luftschacht wird der Raum über und um Maschinen und Kessel verstanden, welcher in vernünftigem Maßstabe, nur dazu dient, dem Lichte und der Luft freien Zutritt zu gewähren. Solcher Raum muß sicher und fest konstruiert sein. Jeder Raum, welcher nur Licht und keine frische Luft gewährt und umgekehrt, wird nicht abgezogen. Der Maschinenraum darf nicht zur Aufbewahrung von Vorräten dienen. Vorratsräume oder Bunker an den Seiten der Maschinen oder Kessel werden nicht abgezogen. Wenn nun allen solchen Einschränkungen Folge gegeben ist, so wird Raddampfern, welche einen Maschinenraum von 20—30 % der Brutto-Tonnage haben, ein Abzug von 37 % der Brutto-Tonnage gewährt. Schraubendampfer mit Maschinenräumen von 13—20 % des Bruttogehalts, erhalten einen Abzug von 32 % der Brutto-Tonnage für Maschinenraum. Ist der wirkliche Maschinenraum bei Raddampfern geringer als 20 % und bei Schraubendampfern geringer als 13 %, so kann solchen Schiffen vom Board of Trade ein Abzug von 37 % bei Raddampfern und 32 % bei Schraubendampfern gewährt werden; oder auch man erlaubt bei Raddampfern einen Abzug, welcher $1\frac{1}{2}$ mal so groß ist wie der wirkliche Maschinenraum und bei Schraubendampfern einen Abzug gleich $1\frac{3}{4}$ des wirklichen Maschinenraumes. Gewöhnlich wird die letztere Methode eingeschlagen.

Ist jedoch der Maschinenraum bei Raddampfern 30 % oder mehr vom Brutto-Tonnengehalt und 20 % oder mehr bei Schraubendampfern, so kann der Reeder wählen, ob er den Abzug nach den bezügl. 37 oder 32 % abgeschätzt oder ob er für Raddampfer das $1\frac{1}{2}$ fache und für Schraubendampfer das $1\frac{3}{4}$ fache des wirklichen Maschinenraumes abgezogen haben will. — Hier kann man fragen,

was das Vorteilhafteste für den Reeder sein wird. Wir wollen sehen. Angenommen, ein Raddampfer hat eine Brutto-Tonnage von 100 Tons und einen Maschinenraum von $30\frac{1}{2}$ Tons. Wählt man die 37 % Methode, so beträgt der Abzug 37 Tons. Dagegen erhält man bei der $1\frac{1}{2}$ -fachen Abzugsmethode eine Verringerung von $30\frac{1}{2} + 15\frac{1}{4} = 45\frac{3}{4}$ Tons, was also der ersteren Methode vom ökonomischen Standpunkt aus bedeutend vorzuziehen ist. — Ferner sei bei einem Schraubendampfer die Brutto-Tonnage = 100, der Maschinenraum sei $20\frac{1}{2}$ Tons, was bei Schiffen von mittlerer Schnelligkeit durchaus nicht ungewöhnlich ist. Wählt man nun den Abzug des $1\frac{3}{4}$ -fachen Betrags, so erhält man eine Verringerung der Tonnage von $1\frac{3}{4} \cdot 20\frac{1}{2} = 35\frac{7}{8}$ Tons, was wieder bedeutend günstiger ist wie ein Abzug von 32 Tons. Rechnen wir nun noch alle sonstigen Abzüge, wie Logisraum u. c., so läßt sich leicht einsehen, weshalb bei Schiffen von verhältnismäßig großen Dimensionen mit großem Maschinenraum, die Registertonnage unverhältnismäßig klein ist. Nehmen wir z. B. einen schnellen Passagier-Raddampfer von 100 Tons Brutto mit großem, mittschiffs gelegenen Maschinenraum von 40 Tons Kubinhalt. Der Abzug würde $1\frac{1}{2} \cdot 40 = 60$ Tons sein; also schon ohne alle anderen Abzüge mehr wie die Hälfte des Brutto-Tonnengehalts. Ein ähnlicher Schraubendampfer mit einem Brutto-Tonnengehalt von 100 Tons und einem zu 30 Tons vermessenen Maschinenraum, würde einen Abzug von $1\frac{3}{4} \cdot 30 = 52\frac{1}{2}$ Tons für Maschinenraum erhalten, also auch mehr wie die Hälfte des Brutto-Tonnengehalts. Dies sind keineswegs übertriebene Beispiele. Wie man leicht einsehen, werden die Abzüge verhältnismäßig um so größer, je mehr die 30 % bei Raddampfern und die 20 % bei Schraubendampfern überschritten werden.

Bei den gewöhnlichen Frachtdampfern (tramps), wo aller verfügbarer Raum für Bunker und Ladung gebraucht wird, und welche meistens nur eine geringe Schnelligkeit besitzen, wird es in den meisten Fällen thöricht sein, den Versuch zu machen, 20 % der Brutto-Tonnage zum Maschinenraum zu brauchen; solches würde ein zu großes Preisgeben von Raum bedeuten, den man besser für Bunker und Ladung verwerten kann. Bei solchen Schiffen sind die 20 % fast nur dadurch zu erreichen, daß man so gut wie gar keine Seitenbunker einrichtet; es ist dieses ein Punkt, welcher sorgfältig vom Reeder und Schiffsbauer in Erwägung zu ziehen ist.

Aus dem Studium dieser Abzüge geht zur Evidenz hervor, daß kein Grund vorhanden ist, warum man die Wohnräume der Offiziere und Mannschaft nicht so bequem und wohnlich wie möglich anordnen sollte. Auch sieht man, daß es vorteilhaft ist, wenn irgend zugänglich, geräumige und gut ventilirte Maschinenräume einzurichten.

Ehe wir nun einige Beispiele der Tonnage von wirklichen Schiffen geben, mag es angezeigt sein, ein paar Punkte aus den Vorschriften des Board of Trade hervorzuheben, welche leicht mißverstanden werden könnten.

In Schiffen mit Doppelböden für Wasserballast wird die Vermessung für Tonnengehalt nur vom inneren Boden (Platten oder Wegerung) gerechnet, wenn von einem kompetenten Besichtigter (Board of trade surveyor) beurkundet wird, daß der Raum zwischen dem äußeren und inneren Boden (einerlei wie tief dieser Raum ist), nicht zum Mitführen von Ladung, Vorräten oder Brennmaterial geeignet ist.

Tiefe Wasser-Ballasttanks. Sollte ein Schiff mit einer erhöhten Plattform im Boden, d. h. mit einem tiefen Tank gebaut sein, so daß es möglich wäre, Ladung, Vorräte oder Feuerung in diesem Raume mitzuführen, so wird die Tiefe für die Tonnage durch den Tank bis zu den gewöhnlichen Bodenrängen gemessen, wobei nur die Durchschnittsdicke der Wegerung, falls vorhanden, abgezogen wird.

Vordere und hintere Piek-Tanks werden, obgleich sie nur für Wasserballast eingerichtet und beabsichtigt sind, bei der Tonnage-Berechnung eingeschlossen, wenn nicht vom Board of Trade die Weglassung genehmigt wird; es müssen dann Skizzen dieser Tanks mit Angabe der Höhe der Topplatte und Verschlüßmittel vorgelegt werden.

Deck-Ladung. Bei Schiffen, welche von auswärts mit Deckladungen (Holz zc.) kommen und diese Ladung in Räumen führen, welche nicht mit vermessen sind, wird solcher Raum nach Ankunft im Hafen vermessen und werden nach der so gefundenen Anzahl Register-Tons die Hafengebühren berechnet. Zwischen dem 31. Oktober und dem 15. April ist das Führen von Deckladungen von mehr als 3 Fuß Höhe den in irgend welchen Häfen des vereinigten Königreichs verkehrenden Schiffen bei Strafe verboten.

Beispiele.

1. Beispiel.

Rohlen fahrender Schraubendampfer (collier), 228 Fuß lang vom erhöhten Quarterdecktyp.

Brutto-Tonnage:

Unter-Deck-Tonnage	680,—
Aufbauten:	
Erhöhtes Quarterdeck	60,—
Poop	47,—
Brückenhaus	120,—
Lampenraum unter offener Deck	5,—

Übertrag 612,—

	Übertrag	612,—
Aufbauten und Deckhäuser auf dem Brückenhaus, resp.		
Umbauten*		36,—
Überschuß der Luken über $\frac{1}{2}$ % des Brutto-Tonnen-		
gehalts		16—
Total		<u>964,—</u>

Der Maschinenraum ist 210 = 21,7 % der Brutto-Tonnage, daher wählt man $1\frac{3}{4}$ des wirklichen Maschinenraumes.

Abzug dafür also $1\frac{3}{4}$ mal 210 = 367,5 Tons.

Wäre der Maschinenraum kleiner als 20 % der Brutto-Tonnage gewesen, so würde der Abzug nur 32 % gewesen sein, also 308,4, was einen Unterschied in der Register-Tonnage von 59,1 Tons ergeben hätte. Bei dieser Art von Frachtdampfern bleibt der Maschinenraum meistens unter 20 %. Wir werden jedoch sehen, inwiefern geräumige Licht- und Luft-Schächte über dem Vermessungsdeck dazu beitragen, die 20 % der Brutto-Tonnage zu erreichen. Mitunter sind die Kessel-Umbauten weit genug, um die Kessel herausnehmen zu können, ohne mit dem Deck in Konflikt zu kommen.

Die Abzüge für die Register-Tonnage dieses Schiffes waren wie folgt:

Für Maschinenraum	367,5
„ Kartenzimmer	5,—
„ Offiziers-Wohnräume u.	54,—
„ Mannschaftsräume	23,—
„ Bootsmannslocker	10,—
Total	<u>459,5</u>

Brutto-Tonnage	964,—
Abzüge im ganzen	459,5
Register-Tonnage	<u>504,5</u>

2. Beispiel.

Passagierdampfer, 200 Fuß lang, Brückenhaus und Poop verbunden (sog. lange Hütte) und hohe Back.

In Schiffen von diesem Typ, welche große Schnelligkeit besitzen, übersteigt der Maschinenraum gewöhnlich 20 % der Brutto-Tonnage, wie wir gleich sehen werden:

Unter-Deck-Tonnage	530,—
Poop, Brückenhaus und Back	285,—
Deckhäuser und Umbauten	40,—
Brutto-Tonnage	<u>855,—</u>

* Ist der wirkliche Maschinenraum über 13 % und bedeutend weniger wie 20 % der Brutto-Tonnage, so ist es unnötig, die Licht- und Luft-Umbauten über dem Oberdeck in die Tonnage einzuschließen. Ist der wirkliche Maschinenraum etwas geringer wie 13 %, so kann man mitunter durch Hinzufügen der Umbauten diesen Prozentsatz erlangen.

Der Maschinenraum ist zu 235 Tons = 27 % der Brutto-Tonnage vermessbar.

Daher ist der Abzug hierfür $1\frac{3}{4} \cdot 235 = 411$ Tons (32 % vom Brutto wären nur 273,6 Tons).

Für Register-Tonnage werden folgende Abzüge gemacht:

Maschinenraum	411,—
Mannschaftsräume	40,—
W.-C's. für Passagiere	4,—
Kapitän's- und Kartenzimmer	7,—
Bootsmannslocker	10,—
Total	<u>472,—</u>

Brutto-Tonnage	855,—
Summe der Abzüge	<u>472,—</u>
Register-Tonnage	<u><u>383,—</u></u>

3. Beispiel.

Segelschiff, 320 Fuß lang, mit Poop und Back.

Unter-Deck-Tonnage	2900,—
Poop	110,5
Back	20,4
Deckhäuser	<u>8,—</u>
Brutto-Tonnage	<u><u>3038,9</u></u>

Abzüge für Register-Tonnage sind die folgenden:

Mannschaftsräume	115,9
Bootsmanns-Locker	15,—
Kartenzimmer	4,—
Segelboje	<u>20,—</u>
Total	<u><u>154,9</u></u>

Brutto-Tonnage	3038,9
Summe der Abzüge	<u>154,9</u>
Register-Tonnage	<u><u>2884,—</u></u>

Bei Segelschiffen finden wir die Register-Tonnage immer sehr groß, verglichen mit der Tonnage bei Dampfern. Dieses hat seinen Grund darin, daß, weil die Abzüge für Maschinenraum in Wegfall kommen, der ganze Raum zu Ladungszwecken zur Verfügung steht.

Suez-Kanal-Tonnage. Für den Suez-Kanal befahrende Schiffe ist ein besonderes Tonnage-Certificat erforderlich, da die Methode, die Netto-Register-Tonnage zu berechnen, in einigen Einzelheiten von dem gewöhnlichen System abweicht. Der folgende Auszug ist aus dem „Regulativ für die Befahrung des Suezkanals“

und ist vielleicht für diejenigen von Interesse, welche mit den einschlägigen Bestimmungen unbekannt sind:

„Hat ein Schiff, welches den Suez-Kanal passieren will, in Port Said oder Port Tewfik geankert, so muß der Kapitän sein Schiff bei dem Durchgangs-Amt (Transit Office) anmelden und alle Kosten für die Passage bezahlen, desgl., falls erforderlich, auch für Bootsgeld, Schlepplohn und Liegeplatz. Er erhält dafür einen Empfangsschein, welcher ihm gegebenen Falles als Beleg dient.

Der Kapitän hat die folgenden Ausweise zu übergeben:

„Name und Nationalität des Schiffes, welches durch Vorzeigen der hierauf bezüglichen Dokumente zu erweisen ist.

„Name des Kapitäns.

„Die Namen der Reeder und Befrachter.

„Abfahrtshafen.

„Bestimmungshafen.

„Tiefgang.

„Anzahl der Passagiere laut Liste. Anzahl der Mannschaft laut Musterrolle. (Leute, welche nur während der Durchfahrt an Bord genommen werden, rechnen nicht zur Mannschaft und werden in Gemäßheit des bestehenden Regulativs besteuert.)

„Raumgehalt des Schiffes nach der geprüften Vermessung unter Vorzeigung des besonderen für den Kanal geltenden Certificats oder der offiziellen Schiffs-Dokumente, welche in Gemäßheit der Vorschriften der internationalen Tonnage-Kommission, welche 1873 in Konstantinopel tagte, ausgefertigt sind.

Bei der Ankunft im Kanal erhält der Kapitän eines jeden Schiffes ein Exemplar des Regulativs.

Die Unter-Deck-Tonnage wird vermessen, wie wir es bei den Fig. 132, 133 und 134 gezeigt haben, d. h. bei Schiffen mit gewöhnlichen Bodentrangen oder mit Doppelböden und horizontaler Topplatte. Bei Schiffen, welche eine Unterbrechung oder sonstige Unregelmäßigkeiten in der Bodenkonstruktion haben, entsteht durch die Berechnungsmethode ein kleiner Unterschied. Bei Schiffen mit Doppelböden nach dem Zellen-system, welche bis zur Höhe der Rinnen aufsteigen, ergiebt die Berechnung etwa $3\frac{1}{2}$ % weniger wie die englische Vermessung der Unter-Deck-Tonnage; es liegt dieses auch in einer besonderen Bestimmung der Berechnungsmethode. Bei Schiffen mit Doppelböden nach dem Macintyre-System werden die Tiefen bis zur Topplatte des inneren Bodens, wie in England, vermessen. Unter keinen Umständen sind Piel- oder andere Tanks von der Unter-Deck-Tonnage ausgeschlossen.

Die Brutto-Tonnage schließt, zuzüglich der Unterdeck-Tonnage, jeden gedeckten und geschlossenen Raum auf und über dem Vermessungsdeck ohne Ausnahme ein. Ein geschützter Platz unter einem Schattendeck, welcher an den Seiten offen und nur von Stützen umgeben wäre, würde demnach von der Brutto-Tonnage ausgeschlossen sein.

Die Abzüge für Netto-Register-Tonnage sind folgende:

1. Maschinenraum.

Der Reeder hat die Wahl einer der folgenden Methoden:

- a. Der Abzug kann bei Schraubendampfern $1\frac{1}{4}$ des wirklichen Maschinenraumes sein und $1\frac{1}{2}$ desselben bei Raddampfern;
- b. Die wirkliche Vermessung des Maschinenraums, zuzüglich der wirklichen Vermessung der festen Bunker.

Anmerkung 1. Versehbare Bunker oder solche, aus denen die Kohlen nicht direkt in den Maschinen- oder Heizraum getrimmt werden können, oder in welche man auch noch auf andere Weise als durch die gewöhnlichen Kohlenschächte an Deck oder durch Thüren, welche nach dem Maschinen- oder Heizraum führen, gelangen kann, sind nicht in der Vermessung nach Paragraph b eingeschlossen. Nur bei Schlepddampfern darf der Abzug für Maschinenraum 50% der Brutto-Tonnage übersteigen.

Anmerkung 2. Licht- und Lustschächte über den Maschinen und Kesseln und über dem obersten Deck bilden keinen Teil des wirklichen Maschinenraumes, ausgenommen, wenn sie in einem dichten Brückenhaufe, Poop oder anderen Aufbau liegen.

2. Mannschaftsräume, welche einzig und allein von der Mannschaft oder von Schiffsoffizieren bewohnt werden; ausgenommen sind die Räume, welche Kapitän, Aufwärter, Köche, Passagiere, Diener, Zahlmeister, Schreiber zc. innehaben. Es werden also nur solche Räume abgezogen, welche von Personen bewohnt resp. benutzt werden, welche bei der Navigierung und bei der Bedienung der Maschinen thätig sind; nur die Kabine des Schiffsarztes wird abgezogen, d. h. wenn sich ein solcher an Bord befindet und dieselbe benutzt. Auch geschlossene Räume auf dem obersten Deck, welche der Navigierung dienen, werden abgezogen.

Für das Wohnzimmer der Offiziere und Maschinisten werden nicht mehr wie vier Tons erlaubt.

Für ein zweites Wohnzimmer für Bootsmann, Zimmermann zc. werden nicht über $2\frac{1}{2}$ Tons abgerechnet.

Sollten Passagiere geführt werden und kein Wohnzimmer für dieselben vorhanden sein, so wird für das Wohnzimmer der Offiziere und Maschinisten kein Abzug erlaubt.

Hat man keine Passagiere, so wird ein Badezimmer, welches nur zum Gebrauch der Offiziere und Maschinisten dient, in Abzug gebracht und auch wenn Passagiere an Bord und mehrere Badezimmer vorhanden sind, so wird eins derselben als speziell für Offiziere und Maschinisten betrachtet und abgezogen.

Für ein Badezimmer sind höchstens 2 Tons erlaubt.

3. W.-C's., welche nur zur Benutzung der Mannschaft dienen.

4. Ruderhaus, Kartenhaus, Dampfwindenraum, Ausguckshaus. Wohnt der Kapitän im Kartenhaus, so sind 3 Tons für den Raum zur Aufbewahrung der Karten erlaubt.

5. Kambüsenraum, nur für Mannschaft. Küchen für Passagiere werden daher nicht von der Brutto-Tonnage abgerechnet.

6. Ein Donkeykesselraum, falls im geschlossenen Raum auf dem Oberdeck. Wird der Donkey zum Laden und Löschen gebraucht, so findet kein Abzug statt.

In keinem Falle darf die Totalsumme dieser Abzüge, mit Ausnahme des Maschinenraumes, 5% der Brutto-Tonnage des Schiffes übersteigen.

Für Räume, welche auf folgende Art benutzt werden oder benutzt werden könnten, findet kein Abzug statt, nämlich:

Räume zur Unterbringung von Passagieren; W.-C.'s. für Kapitän oder Passagiere; desgl. Waschzimmer; Gepäck- und Vorratsräume, Bootsmanns-Locher oder Segelkjoje.

Auf keinen Fall wird irgend ein Raum abgezogen, welcher nicht zuerst in der Brutto-Tonnage eingeschlossen worden ist.

Yachten.

Yachten werden genau wie gewöhnliche Handelsschiffe vermessen und sind dieselben Abzüge für Register-Tonnage gestattet.

Nehmen wir z. B. eine Dampf-Yacht von 180 Fuß Länge. Die Brutto-Tonnage erhält man wie folgt:

Unter-Deck-Tonnage . . .	520,5
Deck-Häuser	10,—
Halbe Deck	6,1
Total	<u>536,6</u>

Abzüge für die Register-Tonnage:

Maschinenraum	220,6
Mannschaftsräume	49,5
Kapitänskammer	3,5
Kartenzimmer	3,—
Bootsmannslocher	3,2
Total	<u>279,8</u>

Brutto-Tonnage	536,6
Summe der Abzüge	279,8
Register-Tonnage	<u>256,8</u>

Vermessung der Yachten für den „Royal Thames“-Yacht-Klub.

Man mißt die Länge der Yacht an Deck in grader Linie von der Vorderkante des Vorstevens bis zur Hinterkante des Hinterstevens. Von dieser Länge wird die größte Breite subtrahiert. Bei Eisen- oder Stahlschiffen wird diese Breite über den Platten und bei hölzernen oder Komposit-Schiffen über der äußeren Beplankung gemessen. Der Rest ist die Länge für die Tonnage. — Sollte das Schiff vorn oder hinten übergebaut sein, so muß dieser Überschuß

noch zu der erhaltenen Länge addiert werden. Alsdann wird die erhaltene Tonnage-Länge mit der größten Breite multipliziert; das Produkt wieder mit der halben größten Breite und alsdann durch 94 dividiert. Der Quotient ist gleich der Tonnage.

Beispiel. Stahl-Yacht 200 Fuß extreme Länge

$$\frac{28 \text{ " " " Breite}}{172 \text{ Fuß} = \text{Länge für Tonnage.}}$$

„Thames Measurement“ also $\frac{172 \cdot 28 \cdot 14}{94} = 717^{20/94}$ Tons.

Neuntes Kapitel.

Freibord.

Inhalt: Definition — Methode der Berechnung des Freibords — Schiffstyp — Wesen der Verringerung und der Vermehrung des Freibords — Freibord-Berechnungen für verschiedene Schiffstypen.

Definition. Unter dem Ausdruck „Freibord“ versteht man die Höhe der Schiffseite über der Wasserlinie auf der mittleren Länge, von der Oberkante des Decks an der Seite gemessen. Bei einem Holzdeck nimmt man den Freibord von der Oberkante des hölzernen Decks. In Figur 3 wird der Freibord durch X bezeichnet, welcher wie man sieht, 2 Fuß beträgt.

Auftrieb, Baustärke, Stabilität und Freibord stehen in naher Beziehung zu einander; in der That hängt der letztere fast gänzlich von den anderen dreien ab. Daher ist es notwendig, daß sich der Leser zuerst mit dem Inhalt der Kapitel 3 und 6 genau bekannt mache, ehe er die Bestimmungen über Freibord studiert.

Man giebt einem Schiffe Freibord als eine gewisse Garantie für dessen Sicherheit. Es würde einem Schiffe ja möglich sein, mit der Deckkante in der Wasserlinie zu schwimmen; da es aber in solcher Lage keine Reserve-Schwimmfähigkeit besitzt, so würde es von jeder Welle überflutet werden, von der möglichen Wirkung auf die Stabilität ganz zu schweigen.

Der Betrag des Freibords für ein bestimmtes Schiff wird geregelt durch den Typ, die Baustärke, die Deckaufbauten, den Sprung, die Rundung der Deckbalken zc. Man muß sich indessen vergegenwärtigen, daß ein solcher Freibord nur eine wirkliche Quelle für die Sicherheit des Schiffes abgeben kann, wenn die Ladung vernünftiger Weise gestaut worden ist. Die Wirkung des Freibords auf die Stabilität haben wir schon im sechsten Kapitel behandelt.

Glatt-Deck-Dampfer, ausgenommen Spar- und Sturm-Deck-Dampfer und mit einer Baustärke gleich 100 A 1 in Lloyds oder einer gleichwertigen Stärke beim Germanischen Lloyd, Veritas, British Corporation oder anderen Klassifikations-Gesellschaft müssen von 20 bis 35 % Reserve-Schwimmfähigkeit haben, je nachdem die Dimensionen sind. Dieses befähigt ein Schiff von passenden Proportionen, eine Schwergut-Ladung mit Sicherheit zu tragen, für

welche keine Baustärke passend ist und die schweren Anspannungen ohne Schaden auszuhalten, welchen es im Seegange unterworfen werden kann, wie wir schon im vierten Kapitel weiter ausgeführt haben.

Schiffe, welche schwächer wie Volldeckschiffe gebaut sind, können daher nur eine geringere Schwergut-Ladung mitführen, als ihrer Größe bei stärkerer Bauart entsprechen würde. Sie müssen eine größere Reserve-Schwimmfähigkeit haben und daher ist ihr Freibord größer. So muß ein Spardeck-Schiff größeren Freibord wie ein Volldeck-Schiff und ein Sturmdeck-Schiff wieder mehr wie ein Spardeck-Schiff haben. Segelschiffe erfordern in der Regel etwas mehr Reserve-Auftrieb, also größeren Freibord, wie Dampfer.

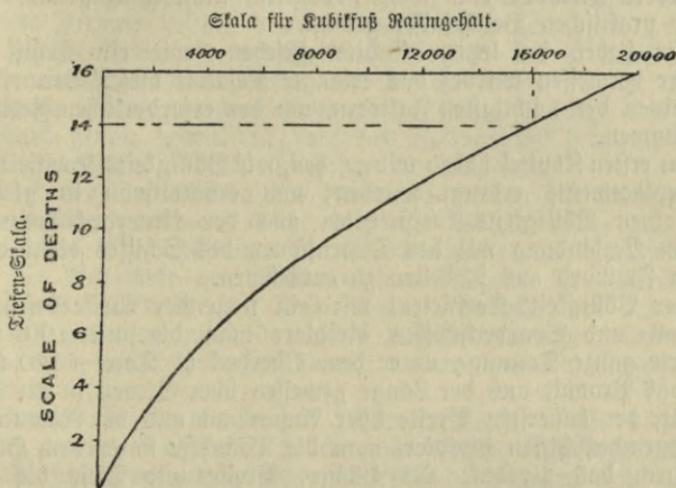


Fig. 136. Kurve des Raumgehalts in Kubikfuß.

Ein Einblick in die Vorschriften des Board of Trade zeigt uns, daß darauf hingearbeitet wird, den Schiffen einen solchen Freibord zu geben, der sie befähigt, das Gewicht der Ladung und ihr eigenes Gewicht mit hinreichender Sicherheit zu tragen.

Wir wollen nun annehmen, daß wir ein Glatt-Deck-Schiff hätten mit der Klasse 100 A 1, dem wir einen solchen Freibord zu geben wünschen, daß es eine Reserve-Schwimmfähigkeit von 20% hätte. Um solches genau ausführen zu können, würde es notwendig sein, eine Kurve des kubischen Fassungsvermögens zu konstruieren; dieselbe würde mit einer Displacementskurve gleichartig sein, angenommen, daß sie das ganze Volumen bis zum Deck zeigt und anstatt der oberen Tons-Skala eine Kubikfuß-Skala hat.

Fig. 136 stellt eine solche Kurve für ein Schiff von 16 Fuß Seitenhöhe dar. Sie zeigt daher die ganze Schwimmfähigkeit des Schiffes bis zum Deck. Wir wollen annehmen, der ganze Auftrieb (Schwimmfähigkeit, buoyancy) sei 20 000 Kubikfuß. Es müßten also 20 % = 4000 Kubikfuß Reserve-Auftrieb oberhalb der Wasserlinie bleiben.

Für das geladene Displacement verbleiben also 16 000 Kubikfuß und wir sehen aus der Skala, daß der Tiefgang bei diesem Displacement 14 Fuß ist und der Freibord also 2 Fuß.

Es ist indessen klar, daß diese Berechnung viel Arbeit verursachen würde, da man dem Board of Trade oder der Registerbehörde genaue Risse und Pläne des Schiffes einsenden müßte, um den Freibord feststellen zu können; um dieses zu verhindern, schlägt man eine andere Methode ein, welche, obgleich nicht ganz genau, doch für alle praktischen Bedürfnisse genügt.

Wir haben im letzten Kapitel gesehen, wie ein Schiff für Tonnage vermessen wurde; das erlangte Resultat dieser Vermessung bildet einen der wichtigsten Faktoren, um den erforderlichen Freibord zu bestimmen.

Im ersten Kapitel haben wir gesehen, wie Bülligkeits-Koeffizienten des Displacements erlangt wurden; nun erhält man in gleicher Weise einen Bülligkeits-Koeffizienten aus der Unterdeck-Tonnage; dieser in Verbindung mit den Dimensionen des Schiffes dient dazu, um den Freibord aus Tabellen zu entnehmen.

Der Bülligkeits-Koeffizient wird in folgender Weise bestimmt: Bei Voll- und Spardeckschiffen dividire man die mit 100 multiplizierte ganze Tonnage unter dem Oberdeck (1 Ton = 100 Rbf.) durch das Produkt aus der Länge gemessen über Steven in der Tief-ladelinie, der äußersten Breite über Außenhaut und der Rauntiefe.* Bei Sturmdeckschiffen dividirt man die Tonnage unter dem Hauptdeck durch das Produkt aus Länge, Breite und Tiefe bis zum Hauptdeck. Bei Schiffen mit Doppelböden bringt man noch eine Korrektur bei der Berechnung des Koeffizienten an. Man muß im Auge behalten, daß der erlangte Koeffizient für ein Schiff mit gewöhnlichen Bodenwrangen berechnet ist.

Es sei beispielsweise die Tonnage unter dem Oberdeck eines bestimmten Schiffes = 784.

$$784 \cdot 100 = 78400 \text{ Rbf.} \quad \text{Die Länge ist 100 Fuß.}$$

$$\text{Extreme Breite 16 Fuß.}$$

$$\text{Rauntiefe ist 7 Fuß.}$$

$$100 \cdot 16 \cdot 7 = 11200.$$

$$\frac{78400}{11200} = 0,7 \text{ für den Bülligkeits-Koeffizienten.}$$

* Die Rauntiefe, welche man bei der Bestimmung des Bülligkeits-Koeffizienten gebraucht, rechnet bis zur Oberfläche der Wegerung in eisernen und stählernen Segelschiffen und zur Oberante der Bodenwrangen bei Dampfern.

Dieser Koeffizient wird in Verbindung mit der Seitenhöhe gebraucht, um den Freibord des Schiffes aus den Tabellen zu entnehmen.

Je größer nun die Tiefe des Schiffes ist, desto größer ist der Freibord. Die Tiefe, nach welcher der aus den Tabellen entnommene Freibord gerechnet wird, ist die gemalte Tiefe (Seitenhöhe), welche bekanntlich an der Seite des Schiffes auf der halben Länge von der Oberkante des Kiels bis zur Oberkante der Oberdeckbalken gemessen wird. Ist ein hölzernes Deck von größerer Dicke gelegt, so wird der Überschuß zur gemalten Tiefe hinzugerechnet und der Freibord von dieser so vergrößerten Tiefe an gerechnet. Wie wir schon angedeutet haben, spielt die Baustärke bei Bestimmung des Freibords eine wichtige Rolle und das stärkere Schiff erhält, wenn es passende Formen besitzt, den verhältnismäßig geringsten Freibord. Das stärkste Schiff ist das Volldeckschiff (100 A 1 in Lloyds) oder irgend ein Schiff von gleicher Stärke (die Klasse hat im Grunde genommen nichts mit dem Freibord zu thun, so lange das Schiff nur stark genug gebaut ist); auf das Volldeckschiff folgt an Stärke das Spardeckschiff und schließlich das Sturmdeckschiff.

Bei der Bestimmung des Freibords werden alle solche Schiffe „Spardecker“ genannt, welche diejenige Stärke oder auch etwas mehr haben, die von Lloyds für Spardeckschiffe verlangt wird, aber nicht die Baustärke von Volldeckschiffen besitzen. Die gewöhnliche Höhe eines Spardecks ist 7 Fuß. Da nun der Freibord vom Spardeck aus gemessen wird, so wird derselbe vermehrt, wenn das Zwischendeck höher und vermindert, wenn dasselbe niedriger als 7 Fuß ist.

Ebenso ist es mit einem „Sturmdeckschiff“; alle diejenigen Schiffe, welche Baustärken haben, die Lloyds Anforderungen für Sturmdeckschiffe entsprechen oder stärker sind, dagegen nicht die für Spardecker vorgeschriebenen Baustärken besitzen, werden als Sturmdeckschiffe behandelt. Der Freibord richtet sich also nach der Stärke. Wenn die Stärke des Aufbaus über dem Hauptdeck noch geringer ist, wie für Sturmdeckschiffe erforderlich ist, so wird der Freibord noch mehr vergrößert. Daher kann das Sturmdeck einfach als ein Aufbau auf dem Hauptdeck angesehen werden, und da der Freibord vom Hauptdeck aus gemessen wird, so ist keine Beschränkung nötig in bezug auf die Höhe des Sturmdecks über dem Hauptdeck. Der Freibord von Sturmdeckschiffen, welche 100 A 1 Klasse haben, ist ca. $\frac{1}{12}$ der Seitenhöhe weniger, als der Freibord sein würde, wenn das Schiff als Voll- und Blattdeckschiff gebaut wäre.

Die Aufbauten auf dem Sturmdeck kommen nicht in betracht; dasselbe ist mit einer einzigen Ausnahme bei Spardeckschiffen der Fall. Da die Längsspannungen der Schiffe in der Mittschiffsgegend am größten sind, so folgt, daß ein wirksamer Aufbau über

der Mittellänge die Stärke bedeutend vermehrt. Daher wird ein solcher Aufbau auch bei Erteilung des Freibords beim Volldeckschiff im vollsten Maße berücksichtigt. Ein ähnlicher Brückenaufbau über Kessel- und Maschinenraum beim Spardeckschiff, welcher sich wenigstens über $\frac{2}{3}$ der Schiffslänge erstreckt, findet gleichfalls Berücksichtigung bei der Freibord-Bestimmung, wenn auch nicht in solchem Maßstabe, wie beim Volldeckschiff. So wird z. B. für einen solchen Aufbau auf einem Spardeckschiff von 20 Fuß Seitenhöhe bis zum Hauptdeck eine Reduktion des Freibords von 3 Zoll gewährt.

Zum besseren Verständnis wollen wir den Freibord bei einem Schiffe jedes Typs miteinander vergleichen. Jedes der drei Schiffe soll Klasse 100 A 1 (Lloyd's) haben und 300 Fuß lang sein. Der Völligkeits-Koeffizient sei 0,7. Die Tiefe bis zum Haupt-, Spar- oder Sturmdeck sei in jedem Falle 25 Fuß und sowohl das Spardeck wie das Sturmdeck sei 7 Fuß über dem Hauptdeck.

Das Volldeckschiff würde einen Freibord von 5 Fuß 0 $\frac{1}{2}$ Zoll	} für Sommer-	
Das Spardeckschiff " " " " 6 " 2 "		reisen haben.
Das Sturmdeckschiff " " " " 8 " 7 $\frac{1}{4}$ "		

Aber auch nachdem man den Völligkeits-Koeffizienten kennt, kommen noch weitere Bestimmungen zur Anwendung, bevor man den Freibord bestimmen kann und mit diesen Bestimmungen wollen wir uns nunmehr beschäftigen.

Voraus schicken wollen wir noch, daß nur erstklassige Schiffe von Stärke gleich 100 A 1 in betracht kommen werden. Schiffe, deren Stärke weniger beträgt, erhalten vermehrten Freibord.

1. Bei Spardeckschiffen, welche eiserne Spardecks und bei Sturmdeckschiffen, welche eiserne Hauptdecks haben, soll der Freibord gemessen werden, als wenn solche Decks Holzbelag hätten. Auch bei Schiffen, wo $\frac{7}{10}$ oder mehr des Hauptdecks durch feste, geschlossene Aufbauten bedeckt sind, sollte der Freibord, welchen man aus den Tabellen nimmt, gemessen werden, als ob das Deck von Holz wäre. Ist kein so großer Teil des Decks von Aufbauten bedeckt, so richtet sich der Freibord nach der Länge des von Aufbauten eingenommenen Deckraums. Hat ein Schiff beispielsweise Aufbauten, welche $\frac{1}{10}$ des Decks ausmachen, so wird der Freibord um $\frac{1}{10}$ von 3 $\frac{1}{2}$ " (der Dicke des Holzdecks) = 2 " reduziert.

2. Bei Blattdeckschiffen und solchen, welche Aufbauten haben, die weniger als $\frac{4}{10}$ des Decks einnehmen (d. h. alle müssen zum Typ des Volldeckschiffes gehören) und deren obere Decks aus Eisen ohne Holzbelag bestehen, zieht man die gewöhnliche Dicke eines Holzdecks von der Seitenhöhe ab und nimmt nun den Freibord aus derjenigen Spalte in den Tabellen, welche mit der so verminderten Seitenhöhe korrespondiert. So würde z. B. ein Schiff dieses Typs von 19' 10" Seitenhöhe mit Eisendeck ohne Holzbelag angesehen

werden, als wenn es eine Seitenhöhe von 19' 6" hätte. Nimmt man den Bälligkeits-Koeffizienten zu 0,7, so würde der Freibord bei 19' 10" Seitenhöhe = 3' 7 $\frac{1}{2}$ " sein; dagegen bei der Seitenhöhe von 19' 6", mit der man jetzt eingeht, nur 3' 6 $\frac{1}{2}$ ". Betragen die Aufbauten mehr als $\frac{4}{10}$ und weniger als $\frac{7}{10}$ der Länge, so macht man die Korrektion für das Holzdeck, wie wir am Ende des vorigen Absatzes auseinandergesetzt haben.

3. Korrektion für Länge. Die Freibord-Tabellen zeigen, daß außer dem Koeffizienten, welcher für jede Tiefe gegeben wird, auch noch eine bestimmte Länge vorgeschrieben ist. Ein Schiff hat z. B. einen Koeffizienten von 0,7 bei einer Tiefe von 16 Fuß; hierfür ist eine Länge von 192 Fuß bestimmt. Ist nun aber die Länge unseres Schiffes nicht 192, sondern 212 Fuß, so tritt für den Überschuß von 20 Fuß eine Korrektion ein. Wird die Normal-Länge überschritten, so muß der Freibord vermehrt werden, ist die Länge weniger, wird er verringert. Je größer die Länge im Verhältnis zur Tiefe ist, desto größer muß der Freibord sein. Die Korrektion schwankt zwischen 0,7 bis 1,7 Zoll für eine Längenänderung von 10 Fuß. In unserem Falle ist die Korrektion für 10 Fuß = 1 Zoll, also für 20 Fuß = 2 Zoll, welche dem aus den Tabellen gefundenen Freibord hinzugefügt werden müssen. Wäre das Schiff 10 Fuß kürzer als 192 Fuß gewesen, so wäre der Freibord einen Zoll verringert worden. Man wird den Grund hierfür leicht einsehen, wenn man bedenkt, daß dasjenige Schiff, welches die größte Tiefe im Verhältnis zur Länge hat, am besten der Längen-Durchbiegung widerstehen kann und daher mehr geeignet ist, eine große Schwergutladung zu tragen. Haben jedoch Dampfer mit hoher Backlange Poops oder erhöhte Quarterdecks, verbunden mit Brückenhäusern, welche sich über $\frac{1}{10}$ der Schiffslänge oder mehr ausdehnen, so ist die Korrektion für Länge nur die Hälfte derjenigen, welche in den Tabellen angegeben ist; hätte unser Schiff diese Bedingungen erfüllt, so würde der Freibord nur um 1 Zoll vermehrt worden sein, weil durch die sich über eine solche Länge erstreckenden Aufbauten die Tiefe quasi vermehrt und daher das Verhältnis der Tiefe zur Länge verbessert worden ist.

Die Längen-Korrektion bei Spardeckschiffen schwankt von etwa 0,9 bis 1,5 Zoll per 10 Fuß und für Sturmdeckschiffe von etwa 0,5 bis 0,8 Zoll.

4. Sprung. Die Tabellen des Board of trade geben einen mittleren Sprung für alle Schiffstypen an. Unter mittlerem Sprung versteht man die Summe des Sprungs auf beiden Enden, durch 2 dividiert (siehe Fig. 18).

Jede Vermehrung des mittleren Sprungs bedeutet eine Vermehrung des Reserve-Auftriebs (der Reserve-Schwimmfähigkeit) und zwar dort, wo es am größten nötig ist, nämlich an den Enden des

Schiffes; hierdurch erhalten dieselben vermehrtes Auftauchungs-
vermögen im Seegang und größeren Freibord. Dieser Überschuß
an Auftrieb wird vom Board of trade gewürdigt und den Schiffen
dafür eine entsprechende Verminderung des Freibords gewährt.

Für alle Glatdeckschiffe findet man den mittleren Sprung,
indem man die Länge durch 10 dividirt und zum Quotienten
10 addirt. So hat beispielsweise ein 300 Fuß langes Schiff einen
mittleren Sprung von $\frac{300}{10} + 10 = 40$ Zoll.

Volldeckschiffe mit größerem Sprung, als dem vorgesehenen
mittleren, erhalten eine Reduktion des Freibords und zwar in der
Weise, daß man den Unterschied des wirklichen und des in den
Tabellen vorgesehenen Sprunges durch 4 dividirt. So erhält z. B.
ein Schiff von 300 Fuß Länge mit einem mittleren Sprung von
46 Zoll eine Freibord-Reduktion von $\frac{46 - 40}{4} = \frac{6}{4} = 1\frac{1}{2}$ Zoll.
Spar- und Sturndeckschiffe erhalten keine Vergütung für Überschuß
an Sprung; ist jedoch der wirkliche mittlere Sprung geringer als
er sein sollte, so tritt eine Vergrößerung des Freibords ein, indem
man ebenfalls den Unterschied durch 4 dividirt und den Freibord
um den Quotienten vergrößert.

Die erste Reihe in der nachstehenden Tabelle ist für Schiffe,
welche nur kurze Poops und Backs haben oder, falls ein Brücken-
haus vorhanden, solches mit ganz oder teilweise offenen Seitengängen
versehen ist. Bei diesen Schiffen kommt es nicht so sehr auf den
Sprung an den Schiffsenden an, denn dort ist durch die Aufbauten
genügend Auftrieb vorhanden, sondern auf die übrige Länge, wo
keine wesentlichen Aufbauten sind. Daher mißt man in diesem Falle
den Sprung auf $\frac{1}{8}$ der Schiffslänge vom Vorder- und Hintersteven.
Ein Viertel des Unterschiedes zwischen dem Sprung und dem jetzigen
Mittel ist etwa der Betrag der Vermehrung oder Verminderung
des Freibords, je nachdem die Verhältnisse liegen.

Länge, über welche der Sprung gemessen wird.

	100	150	200	250	300	350	400
	Mittlerer Sprung in Zoll über der spezifizierten Länge.						
Nr. 1.	14	18	22	26	30	34	38
Nr. 2.	14½	18½	23	27	31	35½	40

Die 2. Reihe in der Tabelle ist für Schiffe, welche nur kurze Backs haben und in solchem Falle mißt man den Sprung von Punkten welche ein Achtel Länge vom Vorsteven und beim Hintersteven liegen; eine Korrektion für Mehr-Sprung wird wie oben gerechnet.

Anmerkung: Bei Glatdeck-Schiffen und solchen mit kurzen Backs und Poops wird eine Reduktion nur für den halben Mehr-Sprung gerechnet.

5. Balkenrundung (Balkenbucht) (round of beam). Diese Rundung ist festgesetzt für Mittschiffsbalken zu $\frac{1}{4}$ Zoll für jeden Fuß Balkenlänge. Je größer die Balkenbucht, desto größer ist die Reserve-Schwimmfähigkeit und eine Vergütung in Freibord ist dafür erlaubt. Wenn die Balkenrundung bei Glatdeck-Schiffen größer oder geringer ist, wie nach Vorschrift, so teilt man den Unterschied in Zoll durch 2 und verringert oder vermehrt den Freibord demgemäß.

Beispiel: Die Breite eines Schiffes sei 40 Fuß und die gemessene Balkenrundung 12 Zoll. Dieses ist 2 Zoll mehr wie verlangt wird, daher kann der Freibord um $\frac{2}{2} = 1$ Zoll verringert werden. Ist das Oberdeck teilweise von Aufbauten bedeckt, so hängt der Betrag der Vergütung für Balkenbucht von der Größe des nicht bedeckten Raumes ab. Diese Regel für Balkenbucht gilt nur für Volldeckschiffe.

6. Korrekturen für Deckaufbauten. Man versteht darunter alle ganz oder teilweise geschlossenen Aufbauten auf dem oberen Deck eines Volldeckschiffes, z. B. Brückenhäuser, Poop, Back, erhöhtes Quarterdeck, teilweises Sturmdeck u. und ebenfalls starke Brückenhäuser bei Spardeckschiffen, welche die Kessel- und Maschinen-Öffnungen bedecken, falls diese Aufbauten sich über wenigstens $\frac{2}{5}$ der Schiffslänge erstrecken. Da nun derartige Aufbauten, je nach ihrer Größe, die Reserve-Schwimmfähigkeit des Schiffes bedeutend vergrößern, und ebenso die Baustärke dadurch sehr vermehrt wird, ferner Decköffnungen besser geschützt sind, so wird bei Erteilung des Freibords gehörig Rücksicht hierauf genommen. Man geht dabei von einem vollständigen Sturmdeck als Grundlage aus.

Wie wir schon erwähnt haben, rechnet man bei der Bestimmung des Freibords für ein Sturmdeckschiff den Volligkeits-Koeffizienten und die Seitenhöhe nur bis zum Hauptdeck und nicht bis zum Sturmdeck; ebenso wird der Freibord vom Hauptdeck herab gemessen. Hierdurch wird das Sturmdeck sozusagen ein vollständiger Aufbau, welcher sich von vorn nach hinten erstreckt und das Hauptdeck bedeckt. Alle andern Aufbauten, welche das Schiff teilweise bedecken, bewirken Abzüge für Freibord im Verhältnis ihrer Größe zum vollständigen Sturmdeck, für welches ein bestimmter Abzug festgesetzt ist. Der Leser wird leicht einsehen, daß ein vollständiger Aufbau, also ein Sturmdeck, besser ist als ein teilweiser Aufbau, wenn man Länge für Länge vergleicht; so hat z. B. ein Aufbau, welcher drei Viertel der Länge des Schiffes bedeckt, nicht denselben

Wert, wie drei Viertel eines ganzen Sturmdecks, denn es ist klar, daß dort, wo der Aufbau aufhört und das sogenannte Welldeck beginnt, der Längsverband des Schiffes unterbrochen wird; ebenso können im schlechten Wetter große Wassermengen dort überkommen und es liegt auf der Hand, daß die Schotte durch Sturzseen einer gewissen Gefahr ausgesetzt sind. Deshalb erhält man für Aufbauten, welche drei Viertel der Schiffslänge bedecken, nicht dieselbe Freibord-Ermäßigung, wie für drei Viertel des Sturmdecks, sondern einen geringeren Bruchteil. Wir werden versuchen, dieses näher zu erläutern.

Nehmen wir z. B. ein Schiff von 204 Fuß Länge mit einem sich über die ganze Länge des Schiffes erstreckenden Sturmdeck; wir wollen nun sehen, welcher Abzug für die verschiedenen anderen Arten von Aufbauten gewährt wird im Vergleich mit dem vollen Sturmdeck. Denkich wird dann der Leser imstande sein, den resp. Wert der Aufbauten zu verstehen.

Es sei die Seitenhöhe eines Schiffes 17 Fuß und der Völligkeits-Koeffizient 0,7.

Hätte das Schiff ein glattes Deck und den Typ eines Volldeckschiffes, so würde der Freibord 2 Fuß $10\frac{1}{2}$ Zoll sein.

Hätte das Schiff dagegen ein Sturmdeck, so wäre der Freibord 1 Fuß 4 Zoll.

Also wird für das vollständige Sturmdeck eine Reduktion von 2 Fuß $10\frac{1}{2}$ Zoll — 1 Fuß 4 Zoll = $18\frac{1}{2}$ Zoll gewährt.

Anmerkung: Für ein erhöhtes Quarterdeck, 4 Fuß hoch und mit einem Brückenhause verbunden, welches die Maschinen- und Kesselöffnungen deckt und ein starkes Vorder-schott hat, wird ein Abzug gestattet, als wenn es ein Teil des wirklichen Brückenhause und von gleicher Höhe wäre. Der Abzug wird verringert, wenn sich das Quarterdeck über Maschinen- und Kesselöffnungen erstreckt oder wenn die Höhe weniger als 4 Fuß ist.

Die Abzüge für Aufbauten sind wie folgt:

1. Ist die Gesamtlänge der Poop oder des erhöhten Quarter-decks, verbunden mit einem Brückenhause, welches die Maschinen- und Kesselöffnungen bedeckt und mit einem starken Schott am vorderen Ende versehen ist, und eine hohe Back, zusammen gleich

- a. $\frac{9}{10}$ der Länge des Schiffes, so ist der Abzug $\frac{85}{100}$ dessen, was für ein vollständiges Sturmdeck erlaubt wird; also $\frac{85}{100}$ von $18\frac{1}{2}$ Zoll = $15\frac{3}{4}$ Zoll.
- b. $\frac{8}{10}$ der Länge des Schiffes, so ist der Abzug $\frac{75}{100}$ dessen, was für ein vollständiges Sturmdeck erlaubt wird; also $\frac{75}{100}$ von $18\frac{1}{2}$ Zoll = $13\frac{3}{8}$ Zoll.
- c. $\frac{7}{10}$ der Länge des Schiffes, so ist der Abzug 0,63 dessen, was für ein vollständiges Sturmdeck erlaubt wird; also $\frac{63}{100}$ von $18\frac{1}{2}$ Zoll = $11\frac{3}{4}$ Zoll.
- d. $\frac{6}{10}$ der Länge des Schiffes, so ist der Abzug 0,5 dessen, was für ein vollständiges Sturmdeck erlaubt wird; also $\frac{50}{100}$ von $18\frac{1}{2}$ Zoll = $9\frac{1}{4}$ Zoll.

Da die vorstehenden Abzüge die größten sind, welche gestattet werden, so ist es wesentlich, daß alle Aufbauten besonders stark ge-

macht und die Decköffnungen wirksam geschützt sind, die Mannschaft ihre Unterkunft im Brückenhause habe, oder daß genügende Anordnungen getroffen sind, daß dieselbe vorwärts oder rückwärts nach ihren Quartieren kommen kann; ferner daß sich eine hinreichende Anzahl von Wasserpforten in den Schanzen befindet, um das Deck von Wasser zu befreien. Schiffen dieses Typs, welche keine hohe Back haben, wird ein geringerer Abzug im Freibord gestattet, als was sonst für dieselbe Länge von Aufbauten erlaubt ist. Wenn ferner das Brückenhaus klein ist und die Maschinen- und Kesselöffnungen nur zum Teil bedeckt, so wird der Abzug noch mehr verringert. Für eine halbe Back, welche weniger Höhe wie die Regelung hat, findet kein Abzug statt.

Anmerkung 1. Bei Schiffen vom vorhergehenden oder Welldecktyp wird noch ein besonderer Abzug erlaubt, wenn sich die Aufbauten über $\frac{7}{10}$ der Länge ausdehnen, falls die Schotte der Brückenhäuser besonders verstärkt sind und wenn das Areal der Wasserpforten in der Regelung wenigstens 25% mehr, wie vorgeschrieben, beträgt. Inbessen darf dieser besondere Abzug höchstens 2 Zoll sein.

Anmerkung 2. Es können ferner noch besondere Abzüge für moderne starke Welldeckschiffe erlangt werden, deren Aufbauten wenigstens $\frac{80}{100}$ der Länge bedecken, von denen allein das Brückenhaus mindestens $\frac{4}{10}$ der Länge in Anspruch nimmt, falls alles mit Extra-Verstärkung gebaut ist, wie in Lloyds Vorschriften von 1889 festgesetzt ist. Inbessen darf in keinem Falle der Freibord geringer sein, wie bei Schiffen mit vollständigem Sturmdeck.

2. Bei Schiffen mit hoher Back, kurzer Poop und einem Maschinen und Kessel bedeckenden Brückenhause, welche Aufbauten mit starken Endschotten versehen sind und deren Gesamtlänge beträgt:

- a. $\frac{5}{10}$ der Schiffslänge, ist der Abzug 0,4 dessen, was für ein vollständiges Sturmdeck erlaubt ist; also $\frac{2}{5}$ von $18\frac{1}{2} = 7\frac{1}{2}$ Zoll.
- b. $\frac{4}{10}$ der Schiffslänge, ist der Abzug 0,33 dessen, was für ein vollständiges Sturmdeck erlaubt ist; also $\frac{1}{3}$ von $18\frac{1}{2}$ Zoll = $6\frac{1}{4}$ Zoll.

3. Bei Schiffen, welche nur hohe Back und ein Brückenhaus haben, welche Aufbauten mit starken Endschotten versehen sind und Maschinen und Kessel bedecken und deren Gesamtlänge beträgt:

- a. $\frac{4}{10}$ der Schiffslänge, ist der Abzug 0,3 dessen, was für ein vollständiges Sturmdeck erlaubt ist; also $\frac{3}{10}$ von $18\frac{1}{2} = 5\frac{1}{2}$ Zoll.
- b. $\frac{3}{10}$ der Schiffslänge, ist der Abzug 0,25 dessen, was für ein vollständiges Sturmdeck erlaubt ist; also $\frac{1}{4}$ von $18\frac{1}{2} = 4\frac{5}{8}$ Zoll.

4. Bei Schiffen, welche nur hohe Back und Poop haben, letztere mit starkem Vorderchott und wenn die Länge dieser Aufbauten zusammen beträgt:

- a. $\frac{3}{8}$ der Schiffslänge, ist der Abzug $\frac{1}{10}$ dessen, was für dasselbe Schiff mit glattem Deck der Freibord sein würde; also $\frac{1}{10}$ von $34\frac{1}{2}$ Zoll = $3\frac{1}{2}$ Zoll.

- b. $\frac{2}{8}$ der Schiffslänge,
ist der Abzug $\frac{2}{100}$ dessen, was für dasselbe Schiff mit glattem Deck
der Freibord sein würde; also $\frac{2}{100}$ von $34\frac{1}{2} = 2\frac{3}{4}$ Zoll.

5. Bei Schiffen, welche nur hohe Back haben, würde der Abzug nur die Hälfte des vorigen sein; wäre der Aufbau = $\frac{1}{8}$ der Schiffslänge, so würde der Abzug gleich $\frac{4}{100}$ des Freibords für dasselbe Schiff mit glattem Deck sein = $1\frac{3}{8}$ Zoll.

6. Bei Schiffen, welche nur Poop haben, wird nur die Hälfte von dem unter Nr. 5 erwähnten abgezogen. Wäre also die Länge der Poop $\frac{1}{8}$ der ganzen Schiffslänge, so würde der Abzug $\frac{2}{100}$ vom Freibord des Glattdeckschiffes = $\frac{3}{4}$ Zoll sein.

7. Bei Schiffen mit erhöhtem Quarterdeck, welches nicht unter 4 Fuß hoch, ist der Abzug wie bei 6.

8. Bei allen Schiffen, auf denen die hohe Back hinten nicht durch ein gehöriges Schott geschlossen ist, wird die Länge zum vollen Wert nie für mehr als ein Achtel Schiffslänge gerechnet; dehnt sich die Back weiter nach hinten aus, so kann dieser Überschuß zur Hälfte mit in Anrechnung gebracht werden. Ein Schiff von 200 Fuß Länge hat z. B. eine offene Back von 50 Fuß, hierfür würden zur Anrechnung kommen $25 + 12\frac{1}{2} = 37\frac{1}{2}$ Fuß. Hat die Back ein gehöriges Schott mit einer Verlängerung hinter dem Schott, so wird der Raum vor dem Schott ganz angerechnet und der Raum hinter dem Schott wie im vorhergehenden Beispiel behandelt.

9. Hat die Poop kein vorderes Schott, so kommt nur die halbe Länge zur Anrechnung.

10. Bei Brückenhäusern, welche von Bord zu Bord reichen und vorn geschlossen, dagegen hinten offen sind und wo alle Decköffnungen gehörig geschützt sind, kommt drei Viertel der Länge zur Anrechnung; sind dagegen beide Enden der Seitengänge offen, so wird nur die halbe Länge gerechnet.

Anmerkung: Obgleich man auch im Sommer schlechtes Wetter haben kann, so ist solches doch hauptsächlich im Winter zu erwarten. Deswegen können Schiffe im Sommer auch mehr Ladung nehmen und der Winter-Freibord wird für die Sommerreisen verringert. Man rechnet als Sommerreisen von Europäischen und Mittelmeer-Gäfen die Zeit von April bis September inklusive. In andern Gegenden wird der reduzierte Sommer-Freibord für die dortigen Sommermonate benutzt. Für den Indischen Ozean kommt während der guten Jahreszeit zwischen Suez und Singapore das Doppelte der Vergünstigung in Anrechnung. Schiffe bis 330 Fuß Länge inkl. müssen für Nord-Atlantische Reisen von Anfang Oktober bis Ende März 2 Zoll Freibord mehr haben.

Wir wollen nun das oben Mitgeteilte an einigen Beispielen praktisch erläutern.

Unter den Tabellen A, B, C und D ist der Freibord zu verstehen, wie derselbe vom Board of Trade für die verschiedenen Schiffstypen festgelegt worden ist.

2. Beispiel.

Das Schiff ist gleichartig mit dem vorigen, nur hat es ein erhöhtes Quarterdeck, 4' hoch und 100' lang, verbunden mit einem Brückenhaus 80' lang, mit geschlossenen Enden und eine hinten geschlossene hohe Back von 30' Länge. Das Oberdeck ist von Eisen ohne Holzbelag.

Diese Aufbauten messen zusammen $100 + 80 + 30 = 210$ Fuß.

$$\frac{210}{300} = \frac{7}{10} \text{ Aufbauten.}$$

Sehen wir in den oben angeführten Bemerkungen wegen Aufbauten nach, so finden wir, daß für $\frac{7}{10}$ Aufbauten eine Reduktion im Freibord gleich $\frac{63}{100}$ von derjenigen für ein vollständiges Sturmdeck erlaubt ist.

	Fuß Zoll
Nach Tabelle A beträgt der Freibord für das Blattdeckschiff	4 3
Die Korrektion für Mehrsprung ist	<u>6 1/2</u>
	3 8 1/2
Nach Tabelle C ist der Freibord für 21' Seitenhöhe	<u>2 2</u>
(Bei Sturmdeckschiffen wird Mehrsprung nicht gerechnet.)	
Für vollständiges Sturmdeck wird vergütet	<u><u>1 6 1/2</u></u>

$\frac{63}{100}$ von $1' 6 1/2'' = \text{ca. } 11 1/2'' =$ Vergütung für $\frac{7}{10}$ Aufbauten.

Wir summieren nun alle Abzüge:

1. Abzug für Mehrsprung	6 1/2
2. Abzug für $\frac{7}{10}$ Aufbauten	11 1/2
3. Abzug für die Dicke eines Holzdecks (weniger Dicke der Stringer-Platte), wenn das obere Deck aus Eisen und mit $\frac{7}{10}$ oder mehr Aufbauten bedeckt ist	<u>3 1/2</u>
Abzüge	<u><u>1 9 1/2</u></u>

Nun haben wir noch den Überschuß an Länge in Rechnung zu bringen = 5,76; es wird aber nur die Hälfte genommen, weil das Deck mit über $\frac{6}{10}$ Aufbauten bedeckt ist; es müssen also noch $5,76 : 2 = 2,88 = 2 3/4''$ zum Freibord hinzukommen, daher sind die Abzüge = $1' 9 1/2'' - 2 3/4'' = 1$ Fuß $6 3/4$ Zoll.

Freibord nach Tabelle A ist	4 3
Summe der Abzüge	<u>1 6 3/4</u>
Folglich Winter-Freibord	2 8 1/4
Ab für Sommer	<u>2 1/2</u>

Daher Sommer-Freibord von der Oberkante des Stringers an der Seite des Schiffes auf der Mittellänge 2 5 3/4

3. Beispiel.

Das Schiff hat dieselben Dimensionen wie im ersten Beispiel mit einer Poop von 50 Fuß, einem Brückenhaus von 60 Fuß und einer Bac von 40 Fuß.

Eisernes Oberdeck ohne Holzbelag. Volligkeits-Koeffizient 0,8.

Das Brückenhaus ist vorn durch ein starkes Schott geschlossen, dagegen hinten offen. Es kommen daher drei Viertel der Länge zur Geltung = $\frac{3}{4}$ von 60 = 45 Fuß.

Ganze Aufbauten sind daher $50 + 45 + 40 = \frac{135}{300} = \frac{4}{10}$

Länge.

Der Mittlere Sprung auf $\frac{1}{8}$ Länge von jedem Schiffsende ist 34 Zoll.

	Fuß Zoll
Der Freibord beträgt nach Tabelle A	4 3
Der mittlere Sprung sollte sein 24 Zoll	
34 — 24 = 10 Zoll Mehr-Sprung geben $\frac{10}{4} = 2\frac{1}{2}$ Zoll	
Reduktion	2 $\frac{1}{2}$

Korrektion für Länge (zu addieren)	4 0 $\frac{1}{2}$
	5 $\frac{3}{4}$
	4 6 $\frac{1}{4}$

Nach Tabelle C beträgt der Freibord 2 2

Korrektion für Länge per 10 Fuß = 0,6 Fuß giebt $\frac{48}{10} \cdot 0,6 =$	
2 $\frac{3}{4}$ " zu addieren	2 $\frac{3}{4}$
	2 4 $\frac{3}{4}$

Nachdem die Korrekturen für Sprung und Länge gemacht sind, ist der Freibord nach Tabelle A 4 6 $\frac{1}{4}$
 dagegen nach Tabelle C unter Berücksichtigung der Länge 2 4 $\frac{3}{4}$

Daher ist der Abzug für ein vollständiges Sturmdeck 2 1 $\frac{1}{2}$

Die Reduktion in Freibord für $\frac{4}{10}$ Aufbauten ist $\frac{1}{3}$ dessen, was für ein vollständiges Sturmdeck gilt = $\frac{1}{3}$ von 2' 1 $\frac{1}{2}$ " = 8 $\frac{1}{2}$ Zoll.

Nach Tabelle A ist der Freibord	4 6 $\frac{1}{4}$
Abzug für $\frac{4}{10}$ Aufbauten	8 $\frac{1}{2}$
	3 9 $\frac{3}{4}$
Abzug für Holzdeck $\frac{4}{10}$ von 3 $\frac{1}{2}$ =	1 $\frac{1}{2}$

Winter Freibord	3 8 $\frac{1}{4}$
ab für Sommer	2 $\frac{1}{2}$

Sommer-Freibord von der Oberkante der Stringerplatte an der Schiffsseite auf der Mittel-Länge 3 5 $\frac{3}{4}$

4. Beispiel.

Spardeck-Dampfer von 260 Fuß Länge, 36 Fuß Breite und 24 Fuß Seitenhöhe.

Höhe des Spardecks über dem Hauptdeck 7 Fuß.

Das Spardeck ist von Holz 4 Zoll dick.

Völligkeits-Koeffizient = 0,8.

Seitenhöhe bis zum Hauptdeck = 17 Fuß.

Nach Tabelle B ist der Freibord für 17 Fuß Seitenhöhe = 6 $4\frac{1}{2}$ Fuß Zoll
Dieser gilt für eine Länge von 288 Fuß; es muß also eine Korrektion für weniger Länge angebracht werden, nämlich 1 Zoll auf 10 Fuß, und vom Freibord subtrahiert werden.

$$288 - 260 = 28$$

$$\frac{28}{10} \cdot 1 = 2,8 = \text{ca. } 2\frac{3}{4} \text{ Zoll} \quad 2\frac{3}{4}$$

Winter Freibord von Oberkante des Holzdecks = 6 $1\frac{3}{4}$
Reduktion für ein Holzdeck weniger Dicke der Stringerplatte. = 3 $\frac{1}{2}$

Winter Freibord 5 $10\frac{1}{4}$
Reduktion für Sommer 3

Sommer-Freibord, gemessen von der Oberkante der Stringer-Platte an der Schiffsseite auf der mittleren Länge = 5 $7\frac{1}{4}$

5. Beispiel.

Sturmdeckschiff 230 Fuß lang, 32 Fuß breit und 17 Fuß Seitenhöhe bis zum Hauptdeck.

Höhe vom Hauptdeck bis zum Sturmdeck 7 Fuß.

Völligkeits-Koeffizient 0,8.

Mittlerer Sprung 35 Zoll.

Eisernes Sturmdeck.

Nach Tabelle C ist der Freibord für eine Tiefe von 17 Fuß 1 $5\frac{1}{2}$ Fuß Zoll

Mittlerer Sprung soll sein nach Vorschrift $\frac{230}{10} + 10 = 33$;

da nun unser Schiff einen Mehr-Sprung besitzt, so wird keine Korrektion gemacht. Dieser Freibord ist für ein Schiff von 204 Fuß Länge.

Eine Korrektion von 0,5 Zoll für jede 10 Fuß Mehr-Länge muß angebracht und zum Freibord addiert werden.

$$230 - 204 = 26.$$

$$\frac{26}{10} \cdot 0,5 = 1\frac{1}{4} \text{ Zoll} \quad 1\frac{1}{4}$$

$$1 \quad 6\frac{3}{4}$$

Abzug für Dicke des Holzdecks minus der Dicke der Stringerplatte, wenn das Sturmdeck aus Eisen	3 $\frac{1}{2}$
Winter Freibord	1 3 $\frac{1}{4}$
Abzug für Sommer	2 $\frac{1}{2}$
Sommer Freibord, gemessen von der Oberkante der Stringerplatte an der Schiffsseite auf der Mittel-Länge	<u>1 0$\frac{3}{4}$</u>

6. Beispiel.

Stahl=Segelschiff, 200 Fuß lang, 34 Fuß breit und 19 Fuß Seitenhöhe.

Mittlerer Sprung 40 Zoll.

Holzdeck, 3 $\frac{1}{2}$ Zoll dick.

Völligkeits-Koeffizient 0,7.

Nach Tabelle D ist der Freibord für 19 Fuß Seitenhöhe	Fuß Zoll 3 8
Der mittlere Sprung sollte sein $\frac{200}{10} + 10 = 30$ Zoll.	
40 — 30 = 10 Zoll Mehrsprung.	
$\frac{10}{4} = 2\frac{1}{2}$ Zoll Reduktion im Freibord	<u>2$\frac{1}{2}$</u>
	3 5 $\frac{1}{2}$

Die Länge für ein solches Schiff von 19 Fuß Seitenhöhe sollte 190 Fuß sein. Es muß also eine Korrektion von 1,2 Zoll für jede 10 Fuß Mehrlänge angebracht und zum Freibord addiert werden.

200 — 190 = 10 Fuß Mehrlänge.

$\frac{10}{10} \cdot 1,2 = \text{ca. } 1\frac{1}{4}$ Zoll, muß zum Freibord addiert werden	<u>1$\frac{1}{4}$</u>
Der Freibord von der Oberkante des Holzdecks ist also	3 6 $\frac{3}{4}$
Abzug für die Dicke des Holzdecks minus Dicke der Stringerplatte	<u>3</u>

Sommer=Freibord, gemessen von der Oberkante der Stringerplatte an der Seite des Schiffes auf der Mittellänge

	<u>3 3$\frac{3}{4}$</u>
--	------------------------------------

Anmerkung: Wo in den Kapiteln über Tonnage und Freibord bestimmte Regeln in Frage kommen, muß der Leser im Auge behalten, daß dieselben den Vorschriften des „Board of Trade“ für dessen Besichtigter entnommen sind.

Tafel der natürlichen Sinus und Cotangenten.

Grad	Sinus	Cotangens	Grad	Grad	Sinus	Cotangens	Grad	Grad	Sinus	Cotangens	Grad
0	.0000	Unendlich.	90	10 $\frac{1}{4}$	.1779	5.5300	79 $\frac{3}{4}$	20 $\frac{1}{4}$	.3502	2.6746	69 $\frac{1}{4}$
$\frac{1}{4}$	.0043	229.1817	89 $\frac{3}{4}$	10 $\frac{1}{2}$	.1822	5.3955	79 $\frac{1}{2}$	20 $\frac{1}{2}$	.3542	2.6394	69 $\frac{1}{2}$
$\frac{1}{2}$	.0087	114.5887	89 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{3}{4}$	.1865	5.2671	79 $\frac{1}{4}$	21	.3583	2.6050	69
$\frac{3}{4}$	.0130	76.3900	89 $\frac{1}{4}$	11	.1908	5.1445	79	21 $\frac{1}{4}$	.3624	2.5714	68 $\frac{3}{4}$
1	.0174	57.2899	89	11 $\frac{1}{4}$	.1950	5.0273	78 $\frac{3}{4}$	21 $\frac{1}{4}$	.3665	2.5386	68 $\frac{1}{2}$
1 $\frac{1}{4}$	.0218	45.8293	88 $\frac{3}{4}$	11 $\frac{1}{2}$	.1993	4.9151	78 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$	.3705	2.5065	68 $\frac{1}{4}$
1 $\frac{1}{2}$	.0261	38.1884	88 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{3}{4}$	.2036	4.8076	78 $\frac{1}{4}$	22	.3746	2.4750	68
1 $\frac{3}{4}$	.0305	32.7302	88 $\frac{1}{4}$	12	.2079	4.7046	78	22 $\frac{1}{4}$	.3786	2.4443	67 $\frac{3}{4}$
2	.0349	28.6362	88	12 $\frac{1}{4}$	.2121	4.6057	77 $\frac{3}{4}$	22 $\frac{1}{4}$	.3826	2.4142	67 $\frac{1}{2}$
2 $\frac{1}{4}$	.0392	25.4517	87 $\frac{3}{4}$	12 $\frac{1}{2}$	.2164	4.5107	77 $\frac{1}{2}$	22 $\frac{1}{2}$	.3867	2.3847	67 $\frac{1}{4}$
2 $\frac{1}{2}$	.0436	22.9037	87 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{3}{4}$	.2206	4.4193	77 $\frac{1}{4}$	23	.3907	2.3558	67
2 $\frac{3}{4}$	.0479	20.8188	87 $\frac{1}{4}$	13	.2249	4.3314	77	23 $\frac{1}{4}$	.3947	2.3275	66 $\frac{3}{4}$
3	.0523	19.0811	87	13 $\frac{1}{4}$	.2292	4.2468	76 $\frac{3}{4}$	23 $\frac{1}{4}$	.3987	2.2998	66 $\frac{1}{2}$
3 $\frac{1}{4}$	.0566	17.6105	86 $\frac{3}{4}$	13 $\frac{1}{2}$	.2334	4.1653	76 $\frac{1}{2}$	23 $\frac{1}{2}$	.4027	2.2726	66 $\frac{1}{4}$
3 $\frac{1}{2}$	.0610	16.3498	86 $\frac{1}{2}$	13 $\frac{3}{4}$	.2376	4.0866	76 $\frac{1}{4}$	24	.4067	2.2460	66
3 $\frac{3}{4}$	.0654	15.2570	86 $\frac{1}{4}$	14	.2419	4.0107	76	24 $\frac{1}{4}$	.4107	2.2199	65 $\frac{3}{4}$
4	.0697	14.3006	86	14 $\frac{1}{4}$	.2461	3.9375	75 $\frac{3}{4}$	24 $\frac{1}{4}$	.4146	2.1943	65 $\frac{1}{2}$
4 $\frac{1}{4}$	.0741	13.4566	85 $\frac{3}{4}$	14 $\frac{1}{2}$	.2503	3.8667	75 $\frac{1}{2}$	24 $\frac{1}{2}$	.4186	2.1691	65 $\frac{1}{4}$
4 $\frac{1}{2}$	.0784	12.7062	85 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{3}{4}$	.2546	3.7982	75 $\frac{1}{4}$	25	.4226	2.1445	65
4 $\frac{3}{4}$	.0828	12.0346	85 $\frac{1}{4}$	15	.2588	3.7320	75	25 $\frac{1}{4}$	.4265	2.1203	64 $\frac{3}{4}$
5	.0871	11.4300	85	15 $\frac{1}{4}$	.2630	3.6679	74 $\frac{3}{4}$	25 $\frac{1}{4}$	.4305	2.0965	64 $\frac{1}{2}$
5 $\frac{1}{4}$	.0915	10.8829	84 $\frac{3}{4}$	15 $\frac{1}{2}$	.2672	3.6058	74 $\frac{1}{2}$	25 $\frac{1}{2}$	.4344	2.0732	64 $\frac{1}{4}$
5 $\frac{1}{2}$	.0958	10.3854	84 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{3}{4}$	.2714	3.5457	74 $\frac{1}{4}$	26	.4383	2.0503	64
5 $\frac{3}{4}$	.1001	9.9310	84 $\frac{1}{4}$	16	.2756	3.4874	74	26 $\frac{1}{4}$	.4422	2.0277	63 $\frac{3}{4}$
6	.1045	9.5143	84	16 $\frac{1}{4}$	.2798	3.4308	73 $\frac{3}{4}$	26 $\frac{1}{4}$	.4461	2.0056	63 $\frac{1}{2}$
6 $\frac{1}{4}$	.1088	9.1309	83 $\frac{3}{4}$	16 $\frac{1}{2}$	.2840	3.3759	73 $\frac{1}{2}$	26 $\frac{1}{2}$	.4500	1.9839	63 $\frac{1}{4}$
6 $\frac{1}{2}$	.1132	8.7768	83 $\frac{1}{2}$	16 $\frac{3}{4}$	.2881	3.3226	73 $\frac{1}{4}$	27	.4539	1.9626	63
6 $\frac{3}{4}$	.1175	8.4489	83 $\frac{1}{4}$	17	.2923	3.2708	73	27 $\frac{1}{4}$	.4578	1.9416	62 $\frac{3}{4}$
7	.1218	8.1443	83	17 $\frac{1}{4}$	.2965	3.2205	72 $\frac{3}{4}$	27 $\frac{1}{4}$	.4617	1.9209	62 $\frac{1}{2}$
7 $\frac{1}{4}$	.1261	7.8606	82 $\frac{3}{4}$	17 $\frac{1}{2}$	.3007	3.1715	72 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$	.4656	1.9006	62 $\frac{1}{4}$
7 $\frac{1}{2}$	.1305	7.5957	82 $\frac{1}{2}$	17 $\frac{3}{4}$	.3048	3.1239	72 $\frac{1}{4}$	28	.4694	1.8807	62
7 $\frac{3}{4}$	.1348	7.3478	82 $\frac{1}{4}$	18	.3090	3.0776	72	28 $\frac{1}{4}$	.4733	1.8610	61 $\frac{3}{4}$
8	.1391	7.1153	82	18 $\frac{1}{4}$	.3131	3.0325	71 $\frac{3}{4}$	28 $\frac{1}{4}$	.4771	1.8417	61 $\frac{1}{2}$
8 $\frac{1}{4}$	.1434	6.8968	81 $\frac{3}{4}$	18 $\frac{1}{2}$	.3173	2.9886	71 $\frac{1}{2}$	28 $\frac{1}{2}$	.4809	1.8227	61 $\frac{1}{4}$
8 $\frac{1}{2}$	.1478	6.6911	81 $\frac{1}{2}$	18 $\frac{3}{4}$	.3214	2.9459	71 $\frac{1}{4}$	29	.4848	1.8040	61
8 $\frac{3}{4}$	.1521	6.4971	81 $\frac{1}{4}$	19	.3255	2.9042	71	29 $\frac{1}{4}$	.4886	1.7856	60 $\frac{3}{4}$
9	.1564	6.3137	81	19 $\frac{1}{4}$	.3296	2.8635	70 $\frac{3}{4}$	29 $\frac{1}{4}$	.4924	1.7674	60 $\frac{1}{2}$
9 $\frac{1}{4}$	.1607	6.1402	80 $\frac{3}{4}$	19 $\frac{1}{2}$	.3338	2.8239	70 $\frac{1}{2}$	29 $\frac{1}{2}$	.4962	1.7496	60 $\frac{1}{4}$
9 $\frac{1}{2}$	.1650	5.9757	80 $\frac{1}{2}$	19 $\frac{3}{4}$	.3379	2.7852	70 $\frac{1}{4}$	30	.5000	1.7320	60
9 $\frac{3}{4}$	.1693	5.8196	80 $\frac{1}{4}$	20	.3420	2.7474	70	30 $\frac{1}{4}$	.5037	1.7147	59 $\frac{3}{4}$
10	.1736	5.6712	80	20 $\frac{1}{4}$	.3461	2.7106	69 $\frac{3}{4}$	30 $\frac{1}{4}$	.5075	1.6976	59 $\frac{1}{2}$

Grad	Cotangens	Sinus	Grad	Grad	Cotangens	Sinus	Grad	Grad	Cotangens	Sinus	Grad
------	-----------	-------	------	------	-----------	-------	------	------	-----------	-------	------

Tafel der natürlichen Sinus und Cotangenten.

Grad	Sinus	Cotangens	Grad	Grad	Sinus	Cotangens	Grad	Grad	Sinus	Cotangens	Grad
30 $\frac{3}{4}$	.5112	1.6808	59 $\frac{1}{4}$	41	.6560	1.1503	49	51 $\frac{1}{4}$	.7798	.8025	38 $\frac{3}{4}$
31	.5150	1.6642	59	41 $\frac{1}{4}$	.6593	1.1402	48 $\frac{3}{4}$	51 $\frac{1}{2}$	.7826	.7954	38 $\frac{1}{2}$
31 $\frac{1}{4}$	.5187	1.6479	58 $\frac{3}{4}$	41 $\frac{1}{2}$	.6626	1.1302	48 $\frac{1}{2}$	51 $\frac{3}{4}$	.7853	.7883	38 $\frac{1}{4}$
31 $\frac{1}{2}$	.5224	1.6318	58 $\frac{1}{2}$	41 $\frac{3}{4}$	.6658	1.1204	48 $\frac{1}{4}$	52	.7880	.7812	38
31 $\frac{3}{4}$	.5262	1.6159	58 $\frac{1}{4}$	42	.6691	1.1106	48	52 $\frac{1}{4}$	.7906	.7742	37 $\frac{3}{4}$
32	.5299	1.6003	58	42 $\frac{1}{4}$	.6723	1.1091	47 $\frac{3}{4}$	52 $\frac{1}{2}$	.7933	.7673	37 $\frac{1}{2}$
32 $\frac{1}{4}$	.5336	1.5849	57 $\frac{3}{4}$	42 $\frac{1}{2}$	.6755	1.0913	47 $\frac{1}{2}$	52 $\frac{3}{4}$	.7960	.7604	37 $\frac{1}{4}$
32 $\frac{1}{2}$	.5373	1.5696	57 $\frac{1}{2}$	42 $\frac{3}{4}$	.6788	1.0817	47 $\frac{1}{4}$	53	.7986	.7535	37
32 $\frac{3}{4}$	.5409	1.5546	57 $\frac{1}{4}$	43	.6819	1.0723	47	53 $\frac{1}{4}$	.8012	.7467	36 $\frac{3}{4}$
33	.5446	1.5398	57	43 $\frac{1}{4}$	.6851	1.0630	46 $\frac{3}{4}$	53 $\frac{1}{2}$	.8038	.7399	36 $\frac{1}{2}$
33 $\frac{1}{4}$	.5482	1.5252	56 $\frac{3}{4}$	43 $\frac{1}{2}$	.6883	1.0537	46 $\frac{1}{2}$	53 $\frac{3}{4}$	.8064	.7332	36 $\frac{1}{4}$
33 $\frac{1}{2}$	.5519	1.5108	56 $\frac{1}{2}$	43 $\frac{3}{4}$	.6915	1.0446	46 $\frac{1}{4}$	54	.8090	.7265	36
33 $\frac{3}{4}$	.5555	1.4966	56 $\frac{1}{4}$	44	.6946	1.0355	46	54 $\frac{1}{4}$	.8115	.7198	35 $\frac{3}{4}$
34	.5591	1.4825	56	44 $\frac{1}{4}$	.6977	1.0265	45 $\frac{3}{4}$	54 $\frac{1}{2}$	.8141	.7132	35 $\frac{1}{2}$
34 $\frac{1}{4}$	.5628	1.4686	55 $\frac{3}{4}$	44 $\frac{1}{2}$	.7009	1.0176	45 $\frac{1}{2}$	54 $\frac{3}{4}$	.8166	.7067	35 $\frac{1}{4}$
34 $\frac{1}{2}$	.5664	1.4550	55 $\frac{1}{2}$	44 $\frac{3}{4}$	.7040	1.0087	45 $\frac{1}{4}$	55	.8191	.7002	35
34 $\frac{3}{4}$	.5699	1.4414	55 $\frac{1}{4}$	45	.7071	1.0000	45	55 $\frac{1}{4}$	.8216	.6937	34 $\frac{3}{4}$
35	.5735	1.4281	55	45 $\frac{1}{4}$	.7101	.9913	44 $\frac{3}{4}$	55 $\frac{1}{2}$	.8241	.6872	34 $\frac{1}{2}$
35 $\frac{1}{4}$	.5771	1.4149	54 $\frac{3}{4}$	45 $\frac{1}{2}$	.7132	.9826	44 $\frac{1}{2}$	55 $\frac{3}{4}$	.8265	.6808	34 $\frac{1}{4}$
35 $\frac{1}{2}$	.5807	1.4019	54 $\frac{1}{2}$	45 $\frac{3}{4}$	.7163	.9741	44 $\frac{1}{4}$	56	.8290	.6745	34
35 $\frac{3}{4}$	.5842	1.3819	54 $\frac{1}{4}$	46	.7193	.9656	44	56 $\frac{1}{4}$	.8314	.6681	33 $\frac{3}{4}$
36	.5877	1.3763	54	46 $\frac{1}{4}$	.7223	.9572	43 $\frac{3}{4}$	56 $\frac{1}{2}$	.8338	.6618	33 $\frac{1}{2}$
36 $\frac{1}{4}$	.5913	1.3638	53 $\frac{3}{4}$	46 $\frac{1}{2}$	.7253	.9489	43 $\frac{1}{2}$	56 $\frac{3}{4}$	.8362	.6556	33 $\frac{1}{4}$
36 $\frac{1}{2}$	.5948	1.3514	53 $\frac{1}{2}$	46 $\frac{3}{4}$	.7283	.9407	43 $\frac{1}{4}$	57	.8386	.6494	33
36 $\frac{3}{4}$	.5983	1.3391	53 $\frac{1}{4}$	47	.7313	.9325	43	57 $\frac{1}{4}$	.8410	.6432	32 $\frac{3}{4}$
37	.6018	1.3270	53	47 $\frac{1}{4}$	.7343	.9243	42 $\frac{3}{4}$	57 $\frac{1}{2}$	.8433	.6370	32 $\frac{1}{2}$
37 $\frac{1}{4}$	.6052	1.3150	52 $\frac{3}{4}$	47 $\frac{1}{2}$	.7372	.9163	42 $\frac{1}{2}$	57 $\frac{3}{4}$	.8457	.6309	32 $\frac{1}{4}$
37 $\frac{1}{2}$	.6087	1.3032	52 $\frac{1}{2}$	47 $\frac{3}{4}$	.7402	.9083	42 $\frac{1}{4}$	58	.8480	.6248	32
37 $\frac{3}{4}$	.6122	1.2915	52 $\frac{1}{4}$	48	.7431	.9004	42	58 $\frac{1}{4}$	.8503	.6188	31 $\frac{3}{4}$
38	.6156	1.2799	52	48 $\frac{1}{4}$	.7460	.8925	41 $\frac{3}{4}$	58 $\frac{1}{2}$	.8526	.6128	31 $\frac{1}{2}$
38 $\frac{1}{4}$	.6190	1.2684	51 $\frac{3}{4}$	48 $\frac{1}{2}$	.7489	.8847	41 $\frac{1}{2}$	58 $\frac{3}{4}$	.8549	.6068	31 $\frac{1}{4}$
38 $\frac{1}{2}$	.6225	1.2571	51 $\frac{1}{2}$	48 $\frac{3}{4}$	.7518	.8769	41 $\frac{1}{4}$	59	.8571	.6008	31
38 $\frac{3}{4}$	.6259	1.2459	51 $\frac{1}{4}$	49	.7547	.8692	41	59 $\frac{1}{4}$	.8594	.5949	30 $\frac{3}{4}$
39	.6293	1.2348	51	49 $\frac{1}{4}$	.7575	.8616	40 $\frac{3}{4}$	59 $\frac{1}{2}$	.8616	.5890	30 $\frac{1}{2}$
39 $\frac{1}{4}$	.6327	1.2239	50 $\frac{3}{4}$	49 $\frac{1}{2}$	.7604	.8540	40 $\frac{1}{2}$	59 $\frac{3}{4}$	.8638	.5831	30 $\frac{1}{4}$
39 $\frac{1}{2}$	.6360	1.2130	50 $\frac{1}{2}$	49 $\frac{3}{4}$	.7632	.8465	40 $\frac{1}{4}$	60	.8660	.5773	30
39 $\frac{3}{4}$	.6394	1.2023	50 $\frac{1}{4}$	50	.7660	.8391	40	60 $\frac{1}{4}$	.8681	.5715	29 $\frac{3}{4}$
40	.6427	1.1917	50	50 $\frac{1}{4}$	.7688	.8316	39 $\frac{3}{4}$	60 $\frac{1}{2}$	.8703	.5657	29 $\frac{1}{2}$
40 $\frac{1}{4}$	.6461	1.1812	49 $\frac{3}{4}$	50 $\frac{1}{2}$	.7716	.8243	39 $\frac{1}{2}$	60 $\frac{3}{4}$	.8724	.5600	29 $\frac{1}{4}$
40 $\frac{1}{2}$	.6494	1.1708	49 $\frac{1}{2}$	50 $\frac{3}{4}$	.7743	.8170	39 $\frac{1}{4}$	61	.8746	.5543	29
40 $\frac{3}{4}$	.6527	1.1605	49 $\frac{1}{4}$	51	.7771	.8097	39	61 $\frac{1}{4}$	.8767	.5486	28 $\frac{3}{4}$

Grad	Cotangens	Sinus	Grad	Grad	Cotangens	Sinus	Grad	Grad	Cotangens	Sinus	Grad
30 $\frac{3}{4}$	1.6808	.5112	59 $\frac{1}{4}$	41	1.1503	.6560	49	51 $\frac{1}{4}$	.7798	.8025	38 $\frac{3}{4}$
31	1.6642	.5150	59	41 $\frac{1}{4}$	1.1402	.6593	48 $\frac{3}{4}$	51 $\frac{1}{2}$	.7826	.7954	38 $\frac{1}{2}$
31 $\frac{1}{4}$	1.6479	.5187	58 $\frac{3}{4}$	41 $\frac{1}{2}$	1.1302	.6626	48 $\frac{1}{2}$	51 $\frac{3}{4}$	.7853	.7883	38 $\frac{1}{4}$
31 $\frac{1}{2}$	1.6318	.5224	58 $\frac{1}{2}$	41 $\frac{3}{4}$	1.1204	.6658	48 $\frac{1}{4}$	52	.7880	.7812	38
31 $\frac{3}{4}$	1.6159	.5262	58 $\frac{1}{4}$	42	1.1106	.6691	48	52 $\frac{1}{4}$	.7906	.7742	37 $\frac{3}{4}$
32	1.6003	.5299	58	42 $\frac{1}{4}$	1.1091	.6723	47 $\frac{3}{4}$	52 $\frac{1}{2}$	.7933	.7673	37 $\frac{1}{2}$
32 $\frac{1}{4}$	1.5849	.5336	57 $\frac{3}{4}$	42 $\frac{1}{2}$	1.0913	.6755	47 $\frac{1}{2}$	52 $\frac{3}{4}$	.7960	.7604	37 $\frac{1}{4}$
32 $\frac{1}{2}$	1.5696	.5373	57 $\frac{1}{2}$	42 $\frac{3}{4}$	1.0817	.6788	47 $\frac{1}{4}$	53	.7986	.7535	37
32 $\frac{3}{4}$	1.5546	.5409	57 $\frac{1}{4}$	43	1.0723	.6819	47	53 $\frac{1}{4}$	.8012	.7467	36 $\frac{3}{4}$
33	1.5398	.5446	57	43 $\frac{1}{4}$	1.0630	.6851	46 $\frac{3}{4}$	53 $\frac{1}{2}$	.8038	.7399	36 $\frac{1}{2}$
33 $\frac{1}{4}$	1.5252	.5482	56 $\frac{3}{4}$	43 $\frac{1}{2}$	1.0537	.6883	46 $\frac{1}{2}$	53 $\frac{3}{4}$	.8064	.7332	36 $\frac{1}{4}$
33 $\frac{1}{2}$	1.5108	.5519	56 $\frac{1}{2}$	43 $\frac{3}{4}$	1.0446	.6915	46 $\frac{1}{4}$	54	.8090	.7265	36
33 $\frac{3}{4}$	1.4966	.5555	56 $\frac{1}{4}$	44	1.0355	.6946	46	54 $\frac{1}{4}$	.8115	.7198	35 $\frac{3}{4}$
34	1.4825	.5591	56	44 $\frac{1}{4}$	1.0265	.6977	45 $\frac{3}{4}$	54 $\frac{1}{2}$	.8141	.7132	35 $\frac{1}{2}$
34 $\frac{1}{4}$	1.4686	.5628	55 $\frac{3}{4}$	44 $\frac{1}{2}$	1.0176	.7009	45 $\frac{1}{2}$	54 $\frac{3}{4}$	.8166	.7067	35 $\frac{1}{4}$
34 $\frac{1}{2}$	1.4550	.5664	55 $\frac{1}{2}$	44 $\frac{3}{4}$	1.0087	.7040	45 $\frac{1}{4}$	55	.8191	.7002	35
34 $\frac{3}{4}$	1.4414	.5699	55 $\frac{1}{4}$	45	1.0000	.7071	45	55 $\frac{1}{4}$	.8216	.6937	34 $\frac{3}{4}$
35	1.4281	.5735	55	45 $\frac{1}{4}$	.9913	.7101	44 $\frac{3}{4}$	55 $\frac{1}{2}$	.8241	.6872	34 $\frac{1}{2}$
35 $\frac{1}{4}$	1.4149	.5771	54 $\frac{3}{4}$	45 $\frac{1}{2}$	.9826	.7132	44 $\frac{1}{2}$	55 $\frac{3}{4}$	.8265	.6808	34 $\frac{1}{4}$
35 $\frac{1}{2}$	1.4019	.5807	54 $\frac{1}{2}$	45 $\frac{3}{4}$	.9741	.7163	44 $\frac{1}{4}$	56	.8290	.6745	34
35 $\frac{3}{4}$	1.3819	.5842	54 $\frac{1}{4}$	46	.9656	.7193	44	56 $\frac{1}{4}$	.8314	.6681	33 $\frac{3}{4}$
36	1.3763	.5877	54	46 $\frac{1}{4}$	.9572	.7223	43 $\frac{3}{4}$	56 $\frac{1}{2}$	.8338	.6618	33 $\frac{1}{2}$
36 $\frac{1}{4}$	1.3638	.5913	53 $\frac{3}{4}$	46 $\frac{1}{2}$	.9489	.7253	43 $\frac{1}{2}$	56 $\frac{3}{4}$	.8362	.6556	33 $\frac{1}{4}$
36 $\frac{1}{2}$	1.3514	.5948	53 $\frac{1}{2}$	46 $\frac{3}{4}$	.9407	.7283	43 $\frac{1}{4}$	57	.8386	.6494	33
36 $\frac{3}{4}$	1.3391	.5983	53 $\frac{1}{4}$	47	.9325	.7313	43	57 $\frac{1}{4}$	.8410	.6432	32 $\frac{3}{4}$
37	1.3270	.6018	53	47 $\frac{1}{4}$	.9243	.7343	42 $\frac{3}{4}$	57 $\frac{1}{2}$	.8433	.6370	32 $\frac{1}{2}$
37 $\frac{1}{4}$	1.3150	.6052	52 $\frac{3}{4}$	47 $\frac{1}{2}$	.9163	.7372	42 $\frac{1}{2}$	57 $\frac{3}{4}$	.8457	.6309	32 $\frac{1}{4}$
37 $\frac{1}{2}$	1.3032	.6087	52 $\frac{1}{2}$	47 $\frac{3}{4}$	.9083	.7402	42 $\frac{1}{4}$	58	.8480	.6248	32
37 $\frac{3}{4}$	1.2915	.6122	52 $\frac{1}{4}$	48	.9004	.7431	42	58 $\frac{1}{4}$	.8503	.6188	31 $\frac{3}{4}$
38	1.2799	.6156	52	48 $\frac{1}{4}$	.8925	.7460	41 $\frac{3}{4}$	58 $\frac{1}{2}$	.8526	.6128	31 $\frac{1}{2}$
38 $\frac{1}{4}$	1.2684	.6190	51 $\frac{3}{4}$	48 $\frac{1}{2}$	.8847	.7489	41 $\frac{1}{2}$	58 $\frac{3}{4}$	.8549	.6068	31 $\frac{1}{4}$
38 $\frac{1}{2}$	1.2571	.6225	51 $\frac{1}{2}$	48 $\frac{3}{4}$	.8769	.7518	41 $\frac{1}{4}$	59	.8571	.6008	31
38 $\frac{3}{4}$	1.2459	.6259	51 $\frac{1}{4}$	49	.8692	.7547	41	59 $\frac{1}{4}$	.8594	.5949	30 $\frac{3}{4}$
39	1.2348	.6293	51	49 $\frac{1}{4}$	.8616	.7575	40 $\frac{3}{4}$	59 $\frac{1}{2}$	.8616	.5890	30 $\frac{1}{2}$
39 $\frac{1}{4}$	1.2239	.6327	50 $\frac{3}{4}$	49 $\frac{1}{2}$	.8540	.7604	40 $\frac{1}{2}$	59 $\frac{3}{4}$	.8638	.5831	30 $\frac{1}{4}$
39 $\frac{1}{2}$	1.2130	.6360	50 $\frac{1}{2}$	49 $\frac{3}{4}$	.8465	.7632	40 $\frac{1}{4}$	60	.8660	.5773	30
39 $\frac{3}{4}$	1.2023	.6394	50 $\frac{1}{4}$	50	.8391	.7660	40	60 $\frac{1}{4}$	.8681	.5715	29 $\frac{3}{4}$
40	1.1917	.6427	50	50 $\frac{1}{4}$	.8316	.7688	39 $\frac{3}{4}$	60 $\frac{1}{2}$	.8703	.5657	29 $\frac{1}{2}$
40 $\frac{1}{4}$	1.1812	.6461	49 $\frac{3}{4}$	50 $\frac{1}{2}$	.8243	.7716	39 $\frac{1}{2}$	60 $\frac{3}{4}$	.8724	.5600	29 $\frac{1}{4}$
40 $\frac{1}{2}$	1.1708	.6494	49 $\frac{1}{2}$	50 $\frac{3}{4}$	.8170						

Tafel der natürlichen Sinus und Cotangenten.

Grad	Sinus	Cotangens	Grad	Grad	Sinus	Cotangens	Grad	Grad	Sinus	Cotangens	Grad
61 $\frac{1}{4}$	.8788	.5429	28 $\frac{1}{4}$	71 $\frac{1}{4}$	.9469	.3394	18 $\frac{3}{4}$	81	.9876	.1583	9
61	.8808	.5373	28 $\frac{1}{2}$	71 $\frac{1}{2}$	.9483	.3345	18 $\frac{1}{2}$	81 $\frac{1}{4}$	.9883	.1539	8 $\frac{3}{4}$
62	.8829	.5317	28	71 $\frac{3}{4}$	.9496	.3297	18 $\frac{1}{4}$	81 $\frac{1}{2}$	.9890	.1494	8 $\frac{1}{2}$
62 $\frac{1}{4}$	.8849	.5261	27 $\frac{3}{4}$	72	.9510	.3249	18	81 $\frac{3}{4}$	.9896	.1449	8 $\frac{1}{4}$
62 $\frac{1}{2}$	.8870	.5205	27 $\frac{1}{2}$	72 $\frac{1}{4}$	.9523	.3201	17 $\frac{3}{4}$	82	.9902	.1405	8
62 $\frac{3}{4}$	.8890	.5150	27 $\frac{1}{4}$	72 $\frac{1}{2}$	.9537	.3152	17 $\frac{1}{2}$	82 $\frac{1}{4}$	.9908	.1360	7 $\frac{3}{4}$
63	.8910	.5095	27	72 $\frac{3}{4}$	.9550	.3105	17 $\frac{1}{4}$	82 $\frac{1}{2}$	.9914	.1316	7 $\frac{1}{2}$
63 $\frac{1}{4}$	.8929	.5040	26 $\frac{3}{4}$	73	.9563	.3057	17	82 $\frac{3}{4}$	.9920	.1272	7 $\frac{1}{4}$
63 $\frac{1}{2}$	.8949	.4985	26 $\frac{1}{2}$	73 $\frac{1}{4}$	.9575	.3009	16 $\frac{3}{4}$	83	.9925	.1227	7
63 $\frac{3}{4}$	.8968	.4931	26 $\frac{1}{4}$	73 $\frac{1}{2}$	.9588	.2962	16 $\frac{1}{2}$	83 $\frac{1}{4}$	.9930	.1183	6 $\frac{3}{4}$
64	.8987	.4877	26	73 $\frac{3}{4}$	.9600	.2914	16 $\frac{1}{4}$	83 $\frac{1}{2}$	.9935	.1139	6 $\frac{1}{2}$
64 $\frac{1}{4}$	.9006	.4823	25 $\frac{3}{4}$	74	.9612	.2867	16	83 $\frac{3}{4}$	.9940	.1095	6 $\frac{1}{4}$
64 $\frac{1}{2}$	.9025	.4769	25 $\frac{1}{2}$	74 $\frac{1}{4}$	.9624	.2820	15 $\frac{3}{4}$	84	.9945	.1051	6
64 $\frac{3}{4}$	.9044	.4716	25 $\frac{1}{4}$	74 $\frac{1}{2}$	.9636	.2773	15 $\frac{1}{2}$	84 $\frac{1}{4}$	.9949	.1006	5 $\frac{3}{4}$
65	.9063	.4663	25	74 $\frac{3}{4}$	.9647	.2726	15 $\frac{1}{4}$	84 $\frac{1}{2}$	.9953	.0962	5 $\frac{1}{2}$
65 $\frac{1}{4}$	.9081	.4610	24 $\frac{3}{4}$	75	.9659	.2679	15	84 $\frac{3}{4}$	.9958	.0918	5 $\frac{1}{4}$
65 $\frac{1}{2}$	.9099	.4557	24 $\frac{1}{2}$	75 $\frac{1}{4}$	.9670	.2632	14 $\frac{3}{4}$	85	.9961	.0874	5
65 $\frac{3}{4}$	.9117	.4504	24 $\frac{1}{4}$	75 $\frac{1}{2}$	.9681	.2586	14 $\frac{1}{2}$	85 $\frac{1}{4}$	.9965	.0830	4 $\frac{3}{4}$
66	.9135	.4452	24	75 $\frac{3}{4}$	.9692	.2539	14 $\frac{1}{4}$	85 $\frac{1}{2}$	.9969	.0787	4 $\frac{1}{2}$
66 $\frac{1}{4}$	.9153	.4400	23 $\frac{3}{4}$	76	.9702	.2493	14	85 $\frac{3}{4}$	.9972	.0743	4 $\frac{1}{4}$
66 $\frac{1}{2}$	.9170	.4348	23 $\frac{1}{2}$	76 $\frac{1}{4}$	.9713	.2446	13 $\frac{3}{4}$	86	.9975	.0699	4
66 $\frac{3}{4}$	.9187	.4296	23 $\frac{1}{4}$	76 $\frac{1}{2}$	.9723	.2400	13 $\frac{1}{2}$	86 $\frac{1}{4}$	.9978	.0655	3 $\frac{3}{4}$
67	.9205	.4244	23	76 $\frac{3}{4}$	.9733	.2354	13 $\frac{1}{4}$	86 $\frac{1}{2}$	.9981	.0611	3 $\frac{1}{2}$
67 $\frac{1}{4}$	.9222	.4193	22 $\frac{3}{4}$	77	.9743	.2308	13	86 $\frac{3}{4}$	.9983	.0567	3 $\frac{1}{4}$
67 $\frac{1}{2}$	.9238	.4142	22 $\frac{1}{2}$	77 $\frac{1}{4}$	.9753	.2262	12 $\frac{3}{4}$	87	.9986	.0524	3
67 $\frac{3}{4}$	.9255	.4091	22 $\frac{1}{4}$	77 $\frac{1}{2}$	.9762	.2216	12 $\frac{1}{2}$	87 $\frac{1}{4}$	.9988	.0480	2 $\frac{3}{4}$
68	.9271	.4040	22	77 $\frac{3}{4}$	.9772	.2171	12 $\frac{1}{4}$	87 $\frac{1}{2}$	.9990	.0436	2 $\frac{1}{2}$
68 $\frac{1}{4}$	.9288	.3989	21 $\frac{3}{4}$	78	.9781	.2125	12	87 $\frac{3}{4}$	.9992	.0392	2 $\frac{1}{4}$
68 $\frac{1}{2}$	.9304	.3939	21 $\frac{1}{2}$	78 $\frac{1}{4}$	.9790	.2080	11 $\frac{3}{4}$	88	.9993	.0349	2
68 $\frac{3}{4}$	.9320	.3888	21 $\frac{1}{4}$	78 $\frac{1}{2}$	.9799	.2034	11 $\frac{1}{2}$	88 $\frac{1}{4}$	.9995	.0305	1 $\frac{3}{4}$
69	.9335	.3838	21	78 $\frac{3}{4}$	.9807	.1989	11 $\frac{1}{4}$	88 $\frac{1}{2}$	.9996	.0261	1 $\frac{1}{2}$
69 $\frac{1}{4}$	.9351	.3788	20 $\frac{3}{4}$	79	.9816	.1943	11	88 $\frac{3}{4}$	.9997	.0218	1 $\frac{1}{4}$
69 $\frac{1}{2}$	.9366	.3738	20 $\frac{1}{2}$	79 $\frac{1}{4}$	.9824	.1898	10 $\frac{3}{4}$	89	.9998	.0174	1
69 $\frac{3}{4}$	.9381	.3689	20 $\frac{1}{4}$	79 $\frac{1}{2}$	.9832	.1853	10 $\frac{1}{2}$	89 $\frac{1}{4}$	.9999	.0130	$\frac{3}{4}$
70	.9396	.3639	20	79 $\frac{3}{4}$	.9840	.1808	10 $\frac{1}{4}$	89 $\frac{1}{2}$	.9999	.0087	$\frac{1}{2}$
70 $\frac{1}{4}$	.9411	.3590	19 $\frac{3}{4}$	80	.9848	.1763	10	89 $\frac{3}{4}$	.9999	.0043	$\frac{1}{4}$
70 $\frac{1}{2}$	.9426	.3541	19 $\frac{1}{2}$	80 $\frac{1}{4}$	.9855	.1718	9 $\frac{3}{4}$	90	1.0000	.0000	0
70 $\frac{3}{4}$	.9440	.3492	19 $\frac{1}{4}$	80 $\frac{1}{2}$	.9862	.1673	9 $\frac{1}{2}$				
71	.9455	.3443	19	80 $\frac{3}{4}$	.9869	.1628	9 $\frac{1}{4}$				

Anmerkung: Indem man von rückwärts in die Tafeln geht, werden die Sinus zu Cosinus und die Cotangenten werden zu Tangenten.

Zehntes Kapitel. (Erster Abschnitt.)

Berechnungen.

Inhalt: Nützliche Tabellen und Regeln — Gewichtsberechnung stählerner Platten — Eiserne Stützen — Inhalt eines Wassertanks — Tons im Bunker — Displacement eines rechteckigen Leichters und „Tons pr. Zoll“-Eintauchung — Die drei Simpson'schen Regeln mit graphischen Erläuterungen — Berechnung des Areaks eines Decks oder einer Schwimmebene — „Tons pr. Zoll“-Eintauchung der Schwimmebene eines Schiffes — Displacement eines Schiffes — Schwerpunkt einer Schwimmebene in Beziehung auf Längs- und Querrichtung — Schwerpunkt des Auftriebs in vertikaler und Längsrichtung — Trägheitsmoment — Quermetacentrum über Displacementsschwerpunkt — Systemsschwerpunkt — Längenmetacentrum über Displacementsschwerpunkt — Trimänderung — Flächeninhalt des Querschnitts und körperlicher Inhalt, sowie Schwerpunkt von Ein- und Ausstauchungskeilen — Segelsystemsschwerpunkt.

Nützliche Tabellen, Regeln und einleitende Berechnungen.

Nützliche Tabellen.

- 1 Kubikfuß hält $6\frac{1}{4}$ Gallons.
 1 „ frisches Wasser wiegt 1000 Unzen oder $62\frac{1}{2}$ Pfd. engl.
 1 „ Salzwasser wiegt 1025 Unzen oder 64 Pfd. engl.

In einigen Lokalitäten, wo das Wasser etwas brack, ist dessen Gewicht pr. Kubikfuß zwischen 1000 bis 1025 Unzen und andersorts dagegen, z. B. im roten Meer, findet man ein spezifisches Gewicht von über 1,025.

- 36 Kubikfuß frisches Wasser wiegen 1 Ton.
 35 „ Salzwasser wiegen 1 Ton.
 40—50 Kubikfuß Kohlen wiegen 1 Ton.
 1 Kubikfuß Stahl wiegt 490 Pfd. engl.
 1 „ Schmiedeeisen wiegt 480 Pfd. engl.
 1 „ Gußeisen wiegt 454 Pfd. engl.

Daher sind Stahlplatten und Barren etwa 2 % schwerer als eiserne Platten.

Gewöhnlich wird die Dicke von Stahlplatten in zwanzigstel Zoll und diejenige eiserner Platten in sechzehntel Zoll angegeben.

Ein Quadratfuß einer Stahlplatte von 1 Zoll Dicke wiegt 40 Pfd. engl. plus 2 %.

Daher wiegt ein Quadratfuß einer Stahlplatte von $\frac{1}{30}$ Zoll Dicke 2 Pfd. plus 2 %.

Ein Quadratfuß einzölliger Eisenplatte wiegt 40 Pfd. Daher wiegt ein Quadratfuß $\frac{1}{16}$ zölliger Eisenplatte $2\frac{1}{2}$ Pfd. engl.

Verschiedene Hölzer:

1 Kubikfuß	Ulmenholz (elm)	wiegt 34	Ψbd. engl.
1 "	Föhrenholz (red pine)	" 36	" "
1 "	Bechtannenhholz (pitch pine)	" 41	" "
1 "	Gelbtannenhholz (yellow pine)	" 28	" "
1 "	Greenheartholz	" 62 ¹ / ₂	" "
1 "	Pockholz (Lignum vitae)	" 83	" "
1 "	engl. Eichenholz	" 52	" "
1 "	Rigaer Eichenholz	" 43	" "
1 "	Danziger Eichenholz	" 47	" "
1 "	indisches Teakholz	" 55	" "
1 "	afrikanisches Teakholz	" 61	" "

112 Ψbd. = 1 cwt (hundred weight).

2240 Ψbd. = 1 Ton.

20 cwts. = 1 Ton.

12 Zoll = 1 Fuß } Längenmaß.

3 Fuß = 1 Yard }

144 Quadratzoll = 1 Quadratfuß } Flächenmaß.

9 Quadratfuß = 1 Quadratyard (Elle) }

1728 Kubikzoll = 1 Kubikfuß } Raummaß.

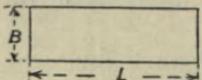
27 Kubikfuß = 1 Kubikyard }

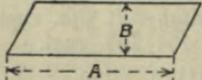
Erklärung:

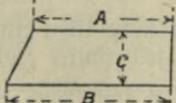
Eine Fläche (area) wird durch Quadratyards, Quadratfuß und Quadratzoll gemessen. Körperlicher Inhalt (volume) wird durch Kubikyards, Kubikfuß und Kubikzoll gemessen. Gewicht (weight) wird durch Tons, cwts, Ψfund (lbs.) z. ausgedrückt. Kreismaß 1 Grad = 0,01745 (d. h. wenn der Halbmesser = 1 gesetzt wird).

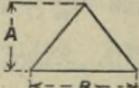
Nützliche Regeln.

Die Fläche folgender Figuren zu finden:

I.  $L \cdot B = \text{Areal. (Rechteck).}$

II.  Flächeninhalt eines Parallelogramms (Grundlinie \cdot Höhe).

III.  Trapez; $\frac{A + B}{2} \cdot \text{Höhe} = \text{Fläche.}$

IV.  Dreieck; Grundlinie \cdot Höhe durch 2; $\frac{A \cdot B}{2} = \text{Fläche.}$

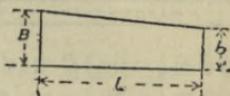
V.



Kreis; Inhalt = $D^2 \cdot 0,7854$
oder $r^2 \cdot 3,1416 = r^2 \pi.$

- VI. Kreis; Umfang = $D \cdot 3,1416$ oder $D \cdot 3\frac{1}{7}$.
 VII. Um den Inhalt eines Prismas oder Cylinders zu finden, multipliziert man die aus I—V gefundene Grundfläche mit der Höhe; z. B.: Man wünscht den Inhalt des Körpers in nebenstehender Figur, deren Breite stets

dieselbe ist, so hat man $\frac{B+b}{2} \cdot \text{Länge}$
 = Inhalt einer Grundfläche; dieses mit der Breite multipliziert giebt
 $\frac{B+b}{2} \cdot \text{Länge} \cdot \text{Breite} = \text{Kubikinhalt}$.



- VIII. Um den Inhalt einer Kugel, von der der Durchmesser D bekannt ist, zu finden.

$$D^3 \cdot 0,5236 = \text{Körperlicher Inhalt.}$$

Nützliche Regeln und einleitende Berechnungen.

I. Beispiel.

Das Gewicht einer Stahlplatte zu finden, wie in nebenstehender Skizze, $\frac{9}{20}$ dick, aus der ein rundes Loch von 2 Fuß Durchmesser ausgestanzt ist.

$$\frac{5+3}{2} \cdot 6 = 24 \text{ Quadratfuß Flächen-}$$

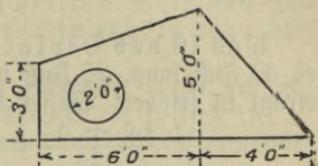
inhalt der Platte auf 6 Fuß Länge.

$$\frac{4 \cdot 5}{2} = 10 \text{ Quadratfuß Flächeninhalt der}$$

Platte auf 4 Fuß Länge.

Fläche des ausgestanzten Loches =

$2^2 \cdot 0,7854 = 3,1416$ Quadratfuß. Daher Fläche der Platte $(24 + 10) - 3,1416 = 30,85$ Quadratfuß. 1 Quadratfuß $\frac{9}{20}$ hat aber 18 Pfd. Gewicht, daher Gewicht der Platte $30,85 \cdot 18 = 555,3 + 2\% = 555,3 + 11 = 566,3$ Pfd.



2. Beispiel.

Das Gewicht einer massiven eisernen Stütze von 20 Fuß Länge und 3 Zoll Durchmesser zu finden.

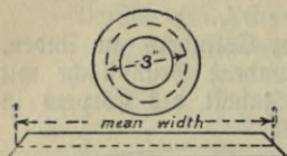
$$3 \text{ Zoll} = 0,25 \text{ Fuß.}$$

$$0,25^3 \cdot 0,7854 \cdot 20 \cdot 480 = 471,24 \text{ Pfd. Gewicht.}$$

3. Beispiel.

Das Gewicht einer hohlen eisernen Stütze zu finden, welche einen äußeren Durchmesser von 4 Zoll, im Lichten von 2 Zoll und eine Länge von 10 Fuß hat.

Die mittlere Weite der Platte, woraus diese Stütze gemacht ist, würde $3 \text{ Zoll} \cdot 3,1416 = 9,42$ Zoll sein.



Weite Dicke Länge in Zoll

$$9,42 \cdot 1 \cdot (12 \cdot 10) = 1130,4 \text{ Kubitzoll.}$$

$$\frac{1130,4}{1728} \cdot 480 = 314 \text{ Pfd. Gewicht.}$$

4. Beispiel.

Die Anzahl Gallons und Tons frischen Wassers zu finden, welche in einem Tank enthalten sind — Länge desselben 12 Fuß, Breite 6 Fuß, Tiefe 7,3 Fuß.

$$12 \cdot 6 \cdot 7,3 = 525,6 \text{ Kubituß Inhalt.}$$

$$525,6 \cdot 6,25 \text{ (Gallons in 1 Kbf.)} = 3285 \text{ Gallons.}$$

$$\frac{525,6}{36} = 14,6 \text{ Tons Wasser.}$$

5. Beispiel.

Wie viel Tons Kohlen wird ein Bunker enthalten, welcher 30 Fuß lang, 10 Fuß breit und 13 Fuß tief ist? Man rechnet 45 Kbf. Kohlen auf eine Tonne.

$$\frac{30 \cdot 10 \cdot 13}{45} = 86,6 \text{ Tons.}$$

6. Beispiel.

Was ist das Displacement eines rechteckigen Leichters, der 60 Fuß lang, 20 Fuß breit und 6 Fuß tief ist? Der Tiefgang beträgt in frischem Wasser hinten 4 Fuß, vorn 3 Fuß 6 Zoll.

$$\frac{4,0 + 3,5}{2} = 3,75 \text{ Fuß Mittl. Tiefgang.}$$

$$\frac{60 \cdot 20 \cdot 3,75}{36} = 125 \text{ Tons Displacement.}$$

7. Beispiel.

Derselbe Leichter geht unbeladen einen Fuß vorn und hinten. Wie viel Tons Ladung waren an Bord?

$$\frac{60 \cdot 20 \cdot 1}{36} = 33,33 \text{ Tons Displacement unbeladen.}$$

Er hat daher Ladung an Bord

$$125 - 33\frac{1}{3} = 91\frac{2}{3} \text{ Tons Gewicht.}$$

8. Beispiel.

Wie viel Tons sind erforderlich, um den Tiefgang des obigen Leichters um $2\frac{1}{2}$ Zoll zu vermehren?

$$\frac{60 \cdot 20}{420} = 2,85 \text{ Tons pro Zoll.}$$

Es sind also $2,85 \cdot 2\frac{1}{2} = 7,125$ Tons nötig, um den Tiefgang $2\frac{1}{2}$ Zoll zu vermehren.

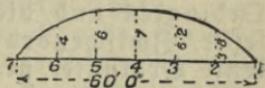
9. Beispiel.

Was würde die Vermehrung des Tiefgangs sein, wenn 12 Tons an Bord genommen würden?

$$\frac{12}{2,85} = 4,21 \text{ Zoll vermehrter Tiefgang.}$$

10. Beispiel.

Den Flächeninhalt der nebenstehenden Figur zu berechnen, welche der Hälfte eines Schiffsdecks oder einer halben Schwimmebene ähnlich ist? Man berechnet den Inhalt mittelst der sogen. Simpson'schen Regeln.



Simpson's erste Regel. „Man teilt die Grundlinie in eine grade Anzahl gleicher Abschnitte ein“, z. B. 6; alsdann ist jeder Teil 10 Fuß lang, „durch die so gefundenen Punkte werden Ordinaten nach der Kurve gezogen, welche selbstredend eine ungrade Anzahl ergeben“; in unserm Falle sind, die Anfangs- und End-Ordinaten mitgerechnet, 7 vorhanden. „Alsdann wird die Länge jeder graden Ordinate mit 4 multipliziert und jede der ungraden mit 2, ausgeschlossen sind die Anfangs- und Endordinaten, welche nur mit 1 multipliziert werden. Multipliziert man die Summe dieser Produkte mit dem dritten Teil des gemeinsamen Abstandes der Ordinaten, so erhält man den gewünschten Flächeninhalt.“

Die Berechnung wird gewöhnlich in folgender Weise gemacht (wir nehmen hier an, daß die 7. Ordinate = 1 Fuß ist).

Nr. der Ordinate	Länge der Ordinate	Simpsons Multiplikator	Produkte oder Funktionen
1	0,0	1	0,0
2	3,8	4	15,2
3	6,2	2	12,4
4	7,0	4	28,0
5	6,0	2	12,0
6	4,0	4	16,0
7	1,0	1	1,0

Summa der Produkte 84,6

Der 3. Teil des gemeinsamen Intervalls = $\frac{10}{3} = 3,33$

84,6 · 3,33

2538

2538

2538

Folglich ist die Fläche = 281,718 Quadratfuß.

Simpson's zweite Regel. „Man teilt die Grundlinie in gleiche Längen, so daß ihre Anzahl ein Vielfaches von 3 ist“, in unserm Falle 6 Längen (siehe Figur). „Durch die Teilpunkte zieht man Ordinaten nach der Kurve; es müssen also so viel Ordinaten sein, daß bei der Teilung durch 3 ein Rest von 1 bleibt“. Wir haben 7 Ordinaten; $\frac{7}{3} = 2$; Rest = 1. „Man nennt man die 4. (und wenn mehr wie 7 Ordinaten da sind) die 7., die 10. u. Ordinate teilende Ordinaten und die andern, ausgenommen die erste und letzte, Zwischenordinaten. Man addiert die erste und letzte Ordinate, nimmt die teilenden Ordinaten zweimal und die Zwischenordinaten dreimal. Die Summe wird mit $\frac{3}{8}$ des gemeinsamen Intervalls multipliziert und das Produkt wird nahezu gleich dem Flächeninhalt der Figur sein“.

Man führt die Berechnung gewöhnlich in folgender Weise aus:

Nr. der Ordinate	Ordinate	Simpsons Multiplikator	Funktionen oder Produkte
1	0,0	1	0,0
2	3,8	3	11,4
3	6,2	3	18,6
4	7,0	2	14,0
5	6,0	3	18,0
6	4,0	3	12,0
7	1,0	1	1,0
			75,0

$$\frac{3}{8} \text{ des gemeinsamen Intervalls} = \frac{3}{8} \text{ von } 10 = 3,75$$

375

525

225

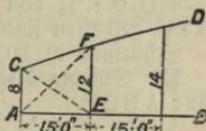
$$\text{Fläche} = 281,25 \text{ Quadratf.}$$

Wie man sieht, weicht das Resultat nur wenig von dem nach der ersten Regel gefundenen ab; die erste Regel ist indessen vorzuziehen, wenn die Anzahl der Ordinaten das Anwenden derselben erlaubt.

Simpson's 3. Regel benutzt man, um den Flächeninhalt eines Teils einer Figur zu finden, wie solche nebenstehend angedeutet ist.

Gesucht wird der Flächeninhalt von CAEF (die 14 Fuß Ordinate sei GH.)

AE sei 15 Fuß; man mache EG auch \equiv 15 Fuß und ziehe GH bis zur Kurve.



Regel: Man nehme die nächste Ordinate (AC) 5 mal und die mittlere Ordinate (EF) 8 mal. Von der Summe dieser beiden Produkte wird die größere End-Ordinate (GH) subtrahiert und der Rest mit $\frac{1}{12}$ des gemeinsamen Intervalls multipliziert. Das Produkt ist die gesuchte Fläche.“

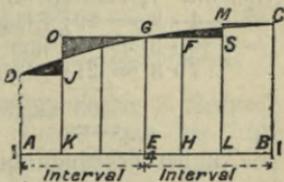
Die Berechnung stellt sich wie folgt:

$$\begin{array}{r}
 8 \cdot 5 = 40 \\
 12 \cdot 8 = 96 \\
 \hline
 \text{Summe} = 136 \\
 \div 14 \\
 \hline
 \text{Rest} = 122 \\
 \frac{1}{12} \text{ des gemeinsamen Intervalls} = \frac{15}{12} = 1,25 \\
 \hline
 610 \\
 244 \\
 \hline
 122
 \end{array}$$

Flächeninhalt von CAEF = 152,50 Quadratfuß.

Durch die folgenden graphischen Darstellungen wird die Begründung und Anwendung der Simpson'schen Formeln denklarer verständlich werden.

Erste Regel. Wir haben hier eine Figur, welche einen Teil vom Deck eines Schiffes darstellen könnte; AB ist die Mittellinie in der Längsrichtung, während DC die Seitenkurve darstellt. Um nun den Flächeninhalt nach Simpson's erster Formel zu finden, teilen wir AB bei E in 2 gleiche Teile und ziehen die Ordinate EG. Bei dieser Regel werden die Endordinaten immer mit 1 multipliziert und die zweite Ordinate (grade Ordinate) mit 4. Dann multiplizieren wir die Summe der Produkte mit $\frac{1}{3}$ des gemeinsamen Intervalls, also $\frac{1}{3}$ von AE oder EB.“



Führen wir diese Operationen nach einander aus, so erhalten wir:

$$\begin{array}{l}
 AD \cdot \frac{1}{3} \text{ von } AE = \text{Fläche von } ADJK. \\
 EG \cdot \frac{1}{3} \text{ von } AE = \text{ " " } GEHF.
 \end{array}$$

Nun muß aber nach der Formel die zweite Ordinate EG mit 4 multipliziert werden.

4 (EG · $\frac{1}{3}$ von AE oder EB) = Fläche der 4 Rechtecke, welche in OKLS enthalten sind.

Schließlich ist BC · $\frac{1}{3}$ von EB = Fläche von LBCM.

Die Summe dieser drei Teile giebt aber den Flächeninhalt der ganzen Figur ABCD.

Man wird bemerken, daß bei dieser Berechnung ein Teil der Fläche über dem Rechteck AKJD verloren geht; dagegen gewinnt man aber wieder ein Stück in dem Rechteck MLBC am andern Ende der Figur. In gleicher Weise wird ein Teil der Fläche über den beiden Rechtecken GELS verloren, wogegen ein Stück innerhalb der beiden Rechtecke OKEG gewonnen wird. Die Flächen der verlorenen und gewonnenen Stücke gleichen sich so ziemlich aus.

Während nun das Resultat der Wahrheit ziemlich nahe kommt, ist es doch nicht genau richtig. Indessen genügt diese Berechnung für alle praktischen Schiffsberechnungen vollkommen, da der Fehler so gering ist, daß man denselben ruhig vernachlässigen kann.

Wird eine Figur in eine beträchtliche gerade Anzahl gleicher Räume abgeteilt, so wird die Regel in gleicher Weise angewandt. Für die ersten beiden Flächen sind die Multiplikatoren 1, 4, 1 und ebenso für die beiden zweiten Flächen 1, 4, 1, und so weiter.

$$\text{daher } \left\{ \begin{array}{cccccccc} 1 & 4 & 1 & & & & & & \\ & & & 1 & 4 & 1 & & & \\ & & & & & 1 & 4 & 1 & \\ & & & & & & 1 & 4 & 1 \\ \hline & 1 & 4 & 2 & 4 & 2 & 4 & 2 & 4 & 1 \end{array} \right.$$

Es sei z. B. AB = 18 Fuß, AD = 4 Fuß, EG = 6 Fuß, BC = 7 Fuß. Das gemeinsame Intervall zwischen den Ordinaten ist $\frac{18}{2} = 9$ Fuß und $\frac{1}{3}$ desselben also 3 Fuß.

4 · 3 = 12; Fläche von A D J K.

4 (6 · 3) = 72; sind die 4 Rechtecke, welche in O K L S stecken.

7 · 3 = 21; Fläche von L B C M.

105 Quadratfuß = ganze Figur.

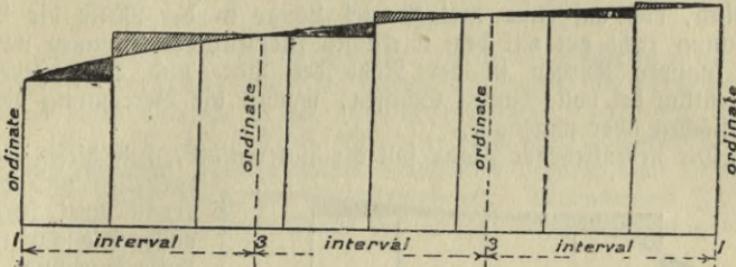
In der gebräuchlichen Form stellt sich die Rechnung wie folgt:

Nr. der Ord.	Ord.	S. M.	Prod.
1	4	1	4
2	6	4	24
3	7	1	7

$\frac{1}{3}$ des gemeinsamen Intervalls = $\frac{35}{3}$

105 Quadratfuß, also Fläche wie oben.

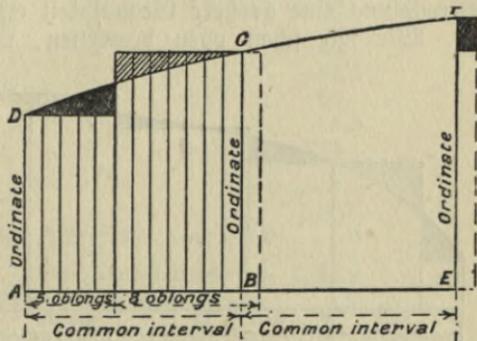
Simpsons zweite Regel. Durch die erläuternden Bemerkungen, welche wir bei der ersten Regel gegeben haben, wird der Leser instande sein, den graphischen Darstellungen zu folgen, welche wir für Simpsons zweite Regel geben.



Simpsons Multiplikatoren sind 1, 3, 3 und 1, wodurch man 8 Rechtecke und 3 Intervalle erhält. Ein Rechteck ist so lang wie die erste Ordinate, 3 so lang wie die zweite, 3 so lang wie die dritte und eins so lang wie die vierte Ordinate. Die Weite eines jeden Rechtecks ist $\frac{3}{8}$ des ganzen Intervalls.

Simpsons dritte Regel. CDAB ist der Teil der Figur, von dem der Inhalt durch diese Regel bestimmt werden soll.

Simpsons Multiplikatoren sind 5, 8 und 1 und zwar wird das letztere Produkt abgezogen. Wir haben daher $5 + 8 - 1 = 12$ Rechtecke; 5 von ihnen haben die Länge der Ordinate AD; 8 haben die Länge der Ordinate BC, worin eins mehr enthalten ist als nötig, um die Fläche ADCB zu decken. Die 5 Rechtecke

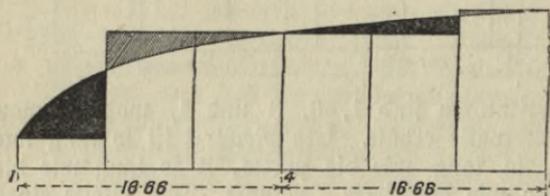


vernachlässigen den oberen schwarzen Keil, während die 8 Rechtecke den Keil außerhalb der Kurve gewinnen. Indem man die letzte Ordinate EF abzieht, wird das überschüssige Rechteck rechts von BC wieder aufgehoben, während der Längenüberschuß der Ordinate EF über BC eine Fläche erzeugt, welche durch das schwarze Rechteck bezeichnet wird. Dieses deckt, unter Hinzunahme des bei den ersten 5 Rechtecken verlorenen Keils, ungefähr den Überschuß, welchen man bei den nächsten 7 Rechtecken erlangt. Die Weite eines Rechtecks ist $\frac{1}{12}$ des ganzen Intervalls.

Aus dem Studium der Diagramme geht zur Genüge hervor, daß, je näher bei Anwendung der Simpson'schen Regeln die Ordinaten

bei einander liegen, oder mit anderm Worte, in je mehr Intervalle eine Fläche eingeteilt wird, desto größere Genauigkeit bei der Berechnung erzielt wird. Sezen wir den Fall, das Deck eines Schiffes von 200 Fuß Länge sei in 12 Intervalle geteilt, so ist klar ersichtlich, daß auf etwa drei Viertel Länge in der Mitte die Berechnung recht gut mit dem wirklichen Flächeninhalt stimmen wird; die knappen Kurven in der Nähe des Vor- und Hinterstevens, namentlich bei vollgebauten Schiffen, machen die Berechnung dieser Endflächen aber ungenau.

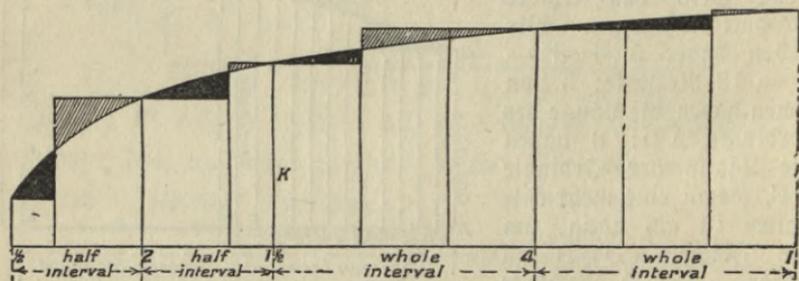
Die nebenstehende Figur soll die hinteren $33\frac{1}{3}$ Fuß dieses Decks



darstellen und deckt genau zwei Intervalle. Die schwarzen Keile bezeichnen die Flächen innerhalb der Decklinien, welche verloren werden, dagegen die gestrichel-

ten diejenigen Flächen, welche man bei der Berechnung gewinnt. Wie man sieht, kann auf solche Weise von großer Genauigkeit keine Rede sein; doch läßt sich durch eine geringe Abänderung in der Berechnung eine größere Genauigkeit erzielen.

Wie wir schon oben bemerkten, wird die Genauigkeit um so



größer, je näher die Ordinaten zusammenfallen. Bei Anwendung der ersten Regel teilt man nun das letzte Intervall in zwei Unterabteilungen und mißt eine Ordinate im Teilungspunkte. Die Multiplikatoren werden nun die Hälfte der ursprünglichen, nämlich $\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$. Sonst wird die Rechnung ganz in der gewöhnlichen Weise ausgeführt.

Die Multiplikatoren werden nun:

$\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{2}$	4	1	Siehe die nebenstehenden Diagramme.
$\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{2}$	4	1	

Durch diese Methode der Untereinteilung wird das Mißverhältnis zwischen Überschuß und Verlust an Fläche ausgeglichen, und der Fehler kann durch weitere Einteilung noch mehr verringert werden.

11. Beispiel.

Eine Fläche zu berechnen durch Einführung von geteilten Intervallen. Die halben Ordinaten für die Schwimmebene eines Schiffes in der Tiefadelinie seien 2, 8*, 12, 14, 16, 17; 16,6, 15, 11, 7*, 0 und zwar sind die Ordinaten 8 und 7 Sub=Ordinaten. (Unter halben Ordinaten versteht man Ordinaten für die halbe Weite der Schwimmebene). Gemeinsames Intervall ist 18 Fuß. Es soll die Fläche der ganzen Schwimmebene gefunden werden.

Nr. der Ordinate.	$\frac{1}{2}$ Ordinate.	Simpson's Multiplikatoren.	Produkte.
1	2	$\frac{1}{2}$	1
$1\frac{1}{2}$	8*	2	16
2	12	$1\frac{1}{2}$	18
3	14	4	56
4	16	2	32
5	17	4	68
6	16,6	2	33,2
7	15	4	60
8	11	$1\frac{1}{2}$	16,5
$8\frac{1}{2}$	7*	2	14
9	0	$\frac{1}{2}$	0

314,7

$$\frac{1}{3} \text{ des gemeinsamen Intervalls} = \frac{18}{3} = 6$$

$$\text{Halbe Schwimmebene} = 1888,2$$

$$\text{Multiplikator für beide Seiten} = 2$$

Areal der ganzen Schwimmebene 3776,4 Quadratfuß.

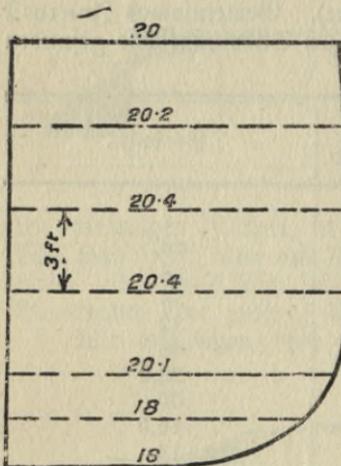
12. Beispiel.

Es sollen die „Tons pr. Zoll“=Eintauchung für das obige Schiff beim beladenen Tiefgang gefunden werden.

$$\frac{3776,4}{420} = 8,99 \text{ „Tons pr. Zoll“=Eintauchung.}$$

Bermitteltst der Simpson'schen Formeln kann das Areal irgend einer Schwimmebene, eines Decks oder eines Querschnittes von einem Schiffe leicht gefunden werden, einerlei in wie viel Intervalle die Fläche eingeteilt wird.

In der nebenstehenden Figur ist die Fläche in 11 Intervalle eingeteilt und es kann also weder die erste noch die zweite Regel für die ganze Länge angewendet werden; indessen kann man die Fläche durch Anwendung der dritten Regel bestimmen. Benutzt man die erste Regel, kann man die Fläche bis zur 11. Ordinate bestimmen und durch Anwendung der dritten Regel findet man die Fläche zwischen der 11. und 12. Ordinate. Die Summe beider Resultate giebt die ganze Fläche.



13. Beispiel.

Dieses Beispiel zeigt eine weitere Anwendung von Simpsons Regel, um das Fassungsvermögen eines Querbunkers zu bestimmen. Der Bunker ist 20 Fuß lang und sein Querschnitt in der ganzen Länge derselbe. Die Querschnittsordinaten sieht man in der nebenstehenden Skizze. Es soll die Quantität Kohlen bestimmt werden, welche der Bunker fassen wird, bei einem Durchschnittsgewicht von 45 Kubikfuß pr. Ton. Das untere Intervall ist zweiteilig.

Nr. der Ordinate	Ordinate	Simpsons Multiplikator	Produkte
1	20	1	20,
2	20,2	4	80,8
3	20,4	2	40,8
4	20,4	4	81,6
5	20,1	1½	30,15
5½	18,0	2	36,00
6	16,0	½	8

$$\frac{1}{3} \text{ des gemeinsamen Intervalls } \frac{1}{3} \text{ von } 3 = 1$$

$$\text{Multiplikator für beide Seiten } \frac{297,35}{2}$$

$$\text{Fläche für beide Seiten } \frac{594,70}{20} \text{ Quadratfuß.}$$

$$\text{Länge des Bunkers } 20 \text{ Fuß.}$$

$$\frac{11894,0}{45} \text{ Kubikfuß.}$$

$$\text{Folglich Fassungsvermögen } \frac{11894}{45} = 264,31 \text{ Tons Kohlen.}$$

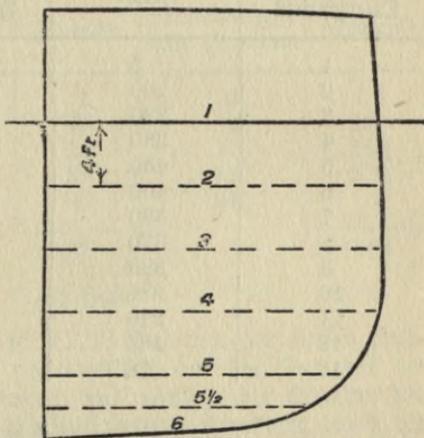
Nachdem wir nun gezeigt haben, wie man die Simpson'schen Regeln zur Berechnung des Flächeninhalts von Decks, Wasserlinien und Schiffs-Querschnitten verwenden kann, wollen wir zeigen, wie das Deplacement eines Schiffes für eine bestimmte Wasserlinie in ähnlicher Weise gefunden wird.

14. Beispiel.

Das Deplacement eines Schiffes zu berechnen, erste Methode. Dasselbe habe einen Tiefgang von 20 Fuß, von der Oberkante des Kiels an gerechnet. Man teilt diese Tiefe in eine Anzahl gleicher Intervalle, für die Anwendung der ersten oder zweiten Simpson'schen Formel passend. Beispielsweise 5 Intervalle, jedes von 4 Fuß und das unterste in zwei Unterabteilungen. Man berechnet nun die Fläche jeder Wasserlinie, wie wir früher gezeigt haben.

Es sei die Fläche von:

Nr. 1	=	20 000	Quadratfuß.
" 2	=	19 500	"
" 3	=	18 000	"
" 4	=	14 000	"
" 5	=	8 000	"
" 5½	=	4 000	"
" 6	=	1 000	"



Die Flächen werden mit Simpsons Faktoren und die Summe der Produkte wird mit $\frac{1}{3}$ des gemeinsamen Intervalls multipliziert (bei Anwendung der ersten Regel); man erhält alsdann das Deplacement in Kubikfuß. In gleicher Weise kann man die zweite Regel anwenden, wenn die Intervalle passend gewählt sind.

Nr. der Fläche	Fläche	Simpsons Faktoren	Produkte
1	20 000	1	20 000
2	19 500	4	78 000
3	18 000	2	36 000
4	14 000	4	56 000
5	8 000	1½	12 000
5½	4 000	2	8 000
6	1 000	½	500
			210 500

$$\frac{1}{3} \text{ des gemeinsamen Intervalls} = \frac{4}{3}$$

$$35) \begin{array}{r} 210\,500 \\ \cdot \frac{4}{3} \\ \hline 280\,666 \end{array} \text{ Kubikfuß.}$$

$$\text{Deplacement} = \underline{\underline{8\,019 \text{ Tons.}}}$$

15. Beispiel.

2. Methode, das Displacement eines Schiffes zu berechnen. Man teilt alsdann die Länge des Schiffes in eine passende Anzahl gleicher Intervalle. Die Flächen der erhaltenen Querschnitte werden auf die gewöhnliche Weise berechnet und diese Flächen alsdann ebenfalls als Ordinaten aufgefaßt und mit Simpsons Faktoren multipliziert, ganz wie im vorigen Beispiel.

Es sei ein Schiff von 200 Fuß Länge in 12 Intervalle geteilt und die Flächen jedes Querschnitts wie folgt gefunden: 5, 200, 280, 350, 400, 400, 390, 370, 330, 280, 240, 180, 18.

Das gemeinsame Intervall zwischen den Flächen ist $\frac{200}{12} = 16,66$ Fuß.

Nr. des Querschnitts	Fläche	Simpsons Faktoren	Produkte
1	5	1	5
2	200	3	600
3	280	3	840
4	350	2	700
5	400	3	1200
6	400	3	1200
7	390	2	780
8	370	3	1110
9	330	3	990
10	280	2	560
11	240	3	720
12	180	3	540
13	18	1	18

9263

$\frac{1}{3}$ von 16,66 = 6.24

35) 57801,12 Kubikfuß.

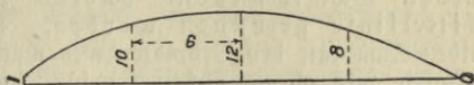
Displacement = 1651,46 Tons.

16. Beispiel.

Es soll der Schwerpunkt einer Schwimmebene oder eines Querschnitts vom Displacement eines Schiffes gefunden werden. Im zweiten Kapitel haben wir gesehen, wie man den Schwerpunkt einer Anzahl von Gewichten findet, welche an einer Stange befestigt, von einem gegebenen Punkte einen bestimmten Abstand haben. Dieser Grundsatz paßt auch für alle anderen Schwerpunkts-Berechnungen.

Es soll die nebenstehende Figur das halbe Deck eines Schiffes darstellen, von dem man die Fläche wissen will. Die Länge der Ordinaten sehen wir aus dem Diagramm und ebenso die Intervalle.

Wären 1, 10, 12, 8 und 0 Gewichte auf Deck, so würde man den Schwerpunkt derselben finden, indem man jedes mit der Entfernung oder dem Hebelarm von einem Ende des Decks multipliziert und die Summe der auf solche Weise erhaltenen Momente durch die Summe der Gewichte



dividiert. Obgleich nun die Ordinaten keine Gewichte sind, so dienen sie doch demselben Zweck, indem sie angeben, wo die Flächen am größten und kleinsten sind. — Aber ebenso, wie wir die Simpson'schen Regeln anwenden, um für die Fläche eine größere Genauigkeit zu erhalten, als wenn wir nur das Mittel aller Ordinaten nehmen würden, brauchen wir auch dieselben Regeln, um den Schwerpunkt des Decks zu finden. Die Berechnung geht in folgender Weise vor sich:

Nr. des Ordinaten	$\frac{1}{2}$ Ordinaten	Simpsons Faktoren	Produkte	Entfernungen resp. Hebelarm	Momente
1	1	1	1	0	0
2	10	4	40	6	240
3	12	2	24	12	288
4	8	4	32	18	576
5	0	1	0	24	0
			97		1104

$$\frac{1104}{97} = 11,38 \text{ Fuß.}$$

Der Schwerpunkt des Decks ist 11,38 Fuß von der linken Endordinate. In der Praxis ist es gebräuchlich, nur die Nummer der Intervalle als Hebelarme zu benutzen und nachher die Summe der Momente mit dem Intervall zu multiplizieren. Hierdurch wird die Multiplikation etwas vereinfacht und die Rechnung würde sich folgendermaßen gestalten.

Nr. der Ord.	$\frac{1}{2}$ Ord.	Simpsons Faktoren	Produkte	Hebelarme	Momente
1	1	1	1	0	0
2	10	4	40	1	40
3	12	2	24	2	48
4	8	4	32	3	96
5	0	1	0	4	0
			97		184

$\frac{184 \cdot 6}{97} = 11,38 \text{ Fuß,}$ um welche Entfernung der Schwerpunkt von der ersten Ordinate entfernt ist.

17. Beispiel.

Es soll der Lotrechte Abstand des Schwerpunktes einer halben Schwimmebene querab von der Längsschiffs-Mittellinie gefunden werden. Regel: Man nehme die halben Quadrate der Ordinaten und multipliziere sie mit Simpsons Faktoren, als ob sie Ordinaten für eine neue Kurve seien. Die Fläche dieser angenommenen Kurve ist das Moment der Figur in Beziehung auf die Längsschiffs-Mittellinie. Dividiert man dieses Moment durch die wirkliche Fläche der halben Schwimmebene, so erhält man den Lotrechten Abstand ihres Schwerpunktes von der Längsschiffs-Mittellinie der Schwimmebene.

Das folgende Beispiel wird die Sache deutlicher machen; das gemeinsame Intervall zwischen den Ordinaten sei 18 Fuß.

Nr. der Ordinaten	Ordinaten	Simpsons Faktoren	Produkte	Quadrate der Ordinaten	Simpsons Faktoren	Produkte der Quadrate der Ordinaten
1	2	1	2	4	1	4
2	5	4	20	25	4	100
3	8	2	16	64	2	128
4	4	4	16	16	4	64
5	0	1	0	0	1	0

54

296

$$\frac{1}{3} \text{ des gem. Intervalls} = \frac{18}{3} = \frac{6}{324}$$

$$\frac{1}{3} \text{ des gem. Intervalls} = \frac{148}{6}$$

Moment 888

$$\frac{888}{324} = 2,74 \text{ Fuß} = \text{lotrechter Abstand des Schwerpunktes von der Längsschiffs-Mittellinie.}$$

18. Beispiel.

Den Mittelpunkt des Auftriebs d. h. den Displacementschwerpunkt zu finden. Wir wollen zuerst annehmen, daß verlangt würde, die Höhe des Schwerpunktes über dem Kiel zu finden.

Der Tiefgang (gemessen von der Oberkante des Kiels) wird in eine Anzahl von gleichen Abschnitten eingeteilt, wie bei der Berechnung des Displacements. Die Fläche jeder dieser Schwimmemebenen wird vermittelt einer Simpson'schen Formel berechnet. Diese Flächen werden dann wieder mit Simpsons Faktoren multipliziert. Bis soweit gleicht die Berechnung derjenigen des Displacements und man kann dieselbe hier benutzen, wie es auch in der Praxis gethan wird. Wird der Abstand des Displacementschwerpunktes von der Oberkante des Kiels gewünscht, so werden die Flächenprodukte mit ihren resp. Abständen von der Oberkante des Kiels multipliziert.

Die Summe dieser Momente, dividirt durch die Summe der Flächenprodukte, ergibt die Höhe des Deplacementschwerpunktes über der Oberkante des Kiels. Man verfährt in dieser Berechnung ebenso wie in dem vorigen Beispiel, um den Schwerpunkt einer Schwimmebene zu finden, nur daß die Flächen der horizontalen Schwimmebenen den Platz der Ordinaten der Schwimmebene einnehmen.

Als Beispiel wollen wir annehmen, es solle der Deplacementschwerpunkt oberhalb des Kiels von dem Schiffe gefunden werden, dessen Deplacement wir im vierzehnten Beispiel berechnet haben.

Nr. der horizontalen Fläche	Fläche	Simpsons Faktoren	Produkte	Hebelarme	Momente
1	20 000	1	20 000	5	100 000
2	19 500	4	78 000	4	312 000
3	18 000	2	36 000	3	108 000
4	14 000	4	56 000	2	112 000
5	8 000	1½	12 000	1	12 000
5½	4 000	2	8 000	½	4 000
6	1 000	½	500	0	0
			210 500		648 000
			Gemeinames Intervall		4
			210 500)		2 592 000

Mithin Deplacementschwerpunkt oberhalb des Kiels 12,3 Fuß.

19. Beispiel.

Um den Deplacementschwerpunkt in der Längsrichtung zu finden, gebraucht man dieselbe Methode, jedoch mit vertikalen Flächen. Zur Übung wollen wir den Deplacementschwerpunkt des Schiffes im 15. Beispiel berechnen.

Nr. der vertikalen Fläche	Fläche	Simpsons Faktoren	Produkte	Hebelarme	Momente
1	5	1	5	0	0
2	200	3	600	1	600
3	280	3	840	2	1680
4	350	2	700	3	2100
5	400	3	1200	4	4800
6	400	3	1200	5	6000
7	390	2	780	6	4680
8	370	3	1110	7	7770
9	330	3	990	8	7920
10	280	2	560	9	5040
11	240	3	720	10	7200
12	180	3	540	11	5940
13	18	1	18	12	216
			9263		53 946
					• 16,66
			9263)		898 740,36

Deplacementschwerpunkt von Fläche 1 = 97,02 Fuß.

Natürlicherweise kann das Resultat nur ein angenähertes sein, da unsere Flächeneinheiten nicht unendlich klein sind. Je kleiner die Flächeneinheiten und je größer infolge dessen ihre Anzahl, desto größere Genauigkeit wird man erhalten. Es ist ersichtlich, daß eine solche Methode nicht wohl für eine so ungemein große Fläche, wie die Schwimmebene eines Schiffes ist, angewandt werden kann.

Regel für Berechnung der Schwimmebene eines Schiffes. Man teilt die Längs-Achse in eine Anzahl gleicher Intervalle, zur Anwendung einer von Simpson's Formeln passend. Alsdann werden die halben Ordinaten bei den Teilungspunkten gemessen und jede von ihnen zur dritten Potenz erhoben. Man nimmt dann den 3. Teil dieser Potenzen, sieht sie als Ordinaten einer zu berechnenden Fläche an und multipliziert sie mit Simpson's Faktoren. Die Summe der so gefundenen Produkte ist das Trägheitsmoment für die halbe Schwimmebene. Das Trägheitsmoment der vorigen Figur würde sich nach dieser Methode folgendermaßen berechnen lassen:

$\frac{1}{2}$ Ordinaten	3. Potenzen	Simpson's Faktoren	Produkte
4,5	91,125	1	91,125
4,5	91,125	4	364,500
4,5	91,125	1	91,125
$\frac{1}{3}$ der 3. Potenzen $\cdot 3$			546,750

$$\frac{1}{3} \text{ des gemeinsamen Intervalls} = \frac{1}{3} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{546,750}{3} = 182,25$$

$$182,25 \cdot 2 = 364,5 = \text{Trägheitsmoment der halben Schwimmebene}$$

$$364,5 = \text{Ganzes Trägheitsmoment.}$$

Wie man sieht, weicht das frühere Resultat von diesem letzten genauen Resultat etwas ab.

In einem früheren Kapitel haben wir schon gezeigt, daß das Trägheitsmoment einer rechteckigen Schwimmebene ist:

$$\frac{\text{Länge der Wasserlinie} \cdot \text{Breite}^3}{12}$$

dieses auf unsere Figur angewendet, giebt

$$\frac{6 \cdot 9^3}{12} = 364,5$$

also dasselbe Resultat, wie oben.

Berechnung des Trägheitsmoments für die Schwimmebene eines wirklichen Schiffes. Das Schiff hat seinen beladenen Tiefgang und die halben Ordinaten sind 0, 2,5, 6, 9, 11, 12, 10, 7, 5, 2 und 0,5.

Das gemeinsame Intervall zwischen den Ordinaten ist 9 Fuß.

Nr. der Ordinaten	$\frac{1}{2}$ Ordinaten	3. Potenzen der halben Ordinaten	Simpson's Faktoren	Momente
1	0,0	0,0	1	0,0
2	2,5	15,62	4	62,48
3	6,0	216,00	2	432,00
4	9,0	729,00	4	2916,00
5	11,0	1331,00	2	2662,00
6	12,0	1728,00	4	6912,00
7	10,0	1000,00	2	2000,00
8	7,0	343,00	4	1372,00
9	5,0	125,00	2	250,00
10	2,0	8,00	4	32,00
11	0,5	0,12	1	0,12

$\frac{1}{3}$ der 3. Potenzen 3) 16638,60

5546,2

$\frac{1}{3}$ des gemeinsamen Intervalls = $\frac{9}{3}$ = 3

Trägheitsmoment der halben Ebene = 16638,6
Multiplikator für beide Hälften = 2

Ganzes Trägheitsmoment = 33277,2

21. Beispiel.

Die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt zu finden.

$$\frac{\text{Trägheitsmoment der Schwimmebene}}{\text{Kubisches Deplacement}} = \text{Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt.}$$

Als Beispiel nehmen wir an, das Trägheitsmoment des vorigen Exempels sei für ein Schiff von 300 Tons Deplacement bei der Tiefadelinie. Dann würde die Höhe des Metacentrums über dem Deplacementschwerpunkt sein:

$$\frac{33277}{300 \cdot 35} = \frac{33277}{10500} = 3,16 \text{ Fuß.}$$

22. Beispiel.

Die Lage des System Schwerpunktes in Bezug auf das Metacentrum durch Versuche zu finden.

Diesen Gegenstand haben wir behandelt und ein Beispiel im 6. Kapitel (1. Abschnitt) gegeben.

Es sei W = Gewicht, welches quer über Deck bewegt wird,
 d = Entfernung, um welche man das Gewicht bewegt,
 D = Displacement in Tons,

$$\frac{W \cdot d}{D} = GG^1 \text{ (Verschiebung des System Schwerpunktes querschiffs),}$$

$$G G^1 \cdot \text{Kotangens des Neigungswinkels} = G M \text{ (metacentrische Höhe),}$$

$$\text{Kotangens des Winkels} = \frac{\text{Länge des Fadenlotes in Zoll}}{\text{Mittlere Abweichung des Fadenlotes in Zoll,}}$$

$$\frac{W \cdot d}{D} \cdot \frac{\text{Länge des Fadenlotes in Zoll}}{\text{Mittl. Abweichung des Fadenlotes in Zoll}} = G M.$$

23. Beispiel.

Den System Schwerpunkt eines Schiffes zu finden, indem man die Entfernung des Gewichtsschwerpunktes von der Unterkante des Kiels berechnet. Man multipliziere jedes Gewicht im Schiffe mit seiner Entfernung von der Unterkante des Kiels. Die Summe aller dieser Produkte oder Momente wird durch die Summe aller Gewichte (also durch das Gewicht des ganzen Schiffes) dividiert und der Quotient ist die Höhe des System Schwerpunktes über der Unterkante des Kiels.

24. Beispiel.

Die Höhe des Längen-Metacentrums über dem Displacementsschwerpunkt zu finden. Man berechnet das Trägheitsmoment der Schwimmebene in Bezug auf eine Quer-Achse, welche durch den Schwerpunkt der betreffenden Schwimmebene geht. Hat man dieses Trägheitsmoment gefunden, so dividiert man es durch das kubische Displacement und das Resultat ist die Höhe des Längen-Metacentrums über dem Displacementsschwerpunkt.

Das Trägheitsmoment ist wieder gleich der Summe der Produkte jeder Flächeneinheit der Schwimmebene, multipliziert mit dem Quadrat der bezüglichen Entfernung von der Quer-Achse. Wäre die Schwimmebene rechteckig, so würde man das Trägheitsmoment

in genau derselben Weise finden, wie bei den ersten zwei Berechnungen im 20. Beispiel, nur daß die Länge hier zur Breite und die Breite zur Länge wird; das Trägheitsmoment wäre also

$$\frac{\text{Breite} \cdot \text{Länge}^3}{12} = \frac{9 \cdot 6^3}{12} = 162.$$

Da jedoch die Gestalt der Schwimmebene eine andere ist, so erfährt die Regel eine Einschränkung.

Man wendet nun die folgende Methode an:

1. Man muß das Trägheitsmoment der Schwimmebene in bezug auf das eine Ende derselben bestimmen. Regel: Die Längs-Achse wird in eine Anzahl gleicher Intervalle, passend für die Anwendung einer von Simpsons Formeln, eingeteilt. Durch die Teilpunkte zieht man Ordinaten nach der Kurve. Dann multipliziert man jede halbe Ordinate mit dem zugehörigen Faktor. Darauf wird jedes dieser Produkte mit dem Quadrat der Anzahl der ganzen Intervalle, um welche es vom Ende der Schwimmebene entfernt ist, multipliziert. Die Summe dieser Momente, multipliziert mit $\frac{1}{8}$ oder $\frac{3}{8}$ der 3. Potenz des ganzen Intervalls (je nachdem, welche Formel angewandt ist), giebt das Trägheitsmoment der halben Schwimmebene in bezug auf die erste Ordinate. Durch Multiplikation mit 2 erhält man dann das Trägheitsmoment für die ganze Schwimmebene.

Da wir jedoch das Trägheitsmoment für den Schwerpunkt der Schwimmebene haben wollen, so wird noch eine Korrektion notwendig.

2. Das Trägheitsmoment der Schwimmebene in Bezug auf eine Quer-Achse, welche durch den Schwerpunkt der Schwimmebene geht, zu finden. Regel: Man multipliziert die Fläche der Schwimmebene mit dem Quadrat ihrer Entfernung von der ersten Ordinate. Subtrahiert man dieses Produkt von dem Trägheitsmoment in bezug auf die erste Ordinate, so erhält man das Trägheitsmoment in bezug auf die Achse, welche durch den Schwerpunkt der Schwimmebene geht.

Wenden wir diese Regel auf die Figur am Anfang des 20. Beispiels an, so werden wir sehen, daß sie dasselbe Resultat ergibt, wie

$$\frac{\text{Länge}^3 \cdot \text{Breite}}{12}.$$

Nr. der Ordina- naten.	$\frac{1}{3}$ Ordinate	Simpson's Faktoren	Produkte	Quadrate der Intervalle	Momente
1	4,5	1	4,5	0	0
2	4,5	4	18,5	1	18
3	4,5	1	4,5	4	18
Gemeinames Intervall zur 3. Potenz				$= \frac{3^3}{3} = 9$	36
				3	9
					324
				Für beide Hälften	2
				Moment inbezug auf die erste Ordinate =	648
Fläche der Schwimmebene · (Entfernung des Schwerpunktes von der ersten Ordinate) ² = (9 · 6) · 3 ² =				486	
Trägheitsmoment in bezug auf die Querachse durch den Schwerpunkt der Schwimmebene =				162	

Wie wir schon gesagt, giebt das Trägheitsmoment, dividirt durch das kubische Deplacement in Fuß die Höhe des Längenmetacentrums über dem Deplacementschwerpunkt.

Berechnung der Höhe des Längenmetacentrums über dem Deplacementsschwerpunkt. Nehmen wir an, die halben Ordinaten der Schwimmebene eines Schiffes seien 0, 4, 7, 9, 10, 8, 5, 2, 0. Das gemeinsame Intervall sei 12 Fuß und das Deplacement 150 Tons.

Nr. der Ordina- naten.	$\frac{1}{2}$ Ordinate	Simpson's Faktoren	Produkte	Hebelarm	Produkte der Momente	Hebelarm	Produkte für Trägheitsmoment
1	0	1	0	0	0	0	0
2	4	4	16	1	16	1	16
3	7	2	14	2	28	2	56
4	9	4	36	3	108	3	324
5	10	2	20	4	80	4	320
6	8	4	32	5	160	5	800
7	5	2	10	6	60	6	360
8	2	4	8	7	56	7	392
9	0	1	0	8	0	8	0

$\frac{1}{3}$ des Längen-Intervalls $\frac{12}{3} =$	186	508	2268
	4	. 12	(Gem. Intervall) ³ = 576
	544	136) 6096	3
	2		1306368
Beide Hälften	44,82 =		. 2 beide Hälften
Fläche der Schwimmebene 1088	Entfernung des Schwerpunktes der Schwimmebene von der ersten Ordinate.		2612796 = Trägheits- moment inbezug auf die erste Ordinate.

Das Moment, den Trim einen Zoll zu ändern, ist:

$$\frac{150 \cdot 82,35}{96 \cdot 12} \text{ G.M. (unter Voraussetzung, daß der Systemschwerpunkt einen Fuß unterhalb des Displacementschwerpunktes gefunden wurde)} = \frac{4117,5}{38,4} = 10,72.$$

$$\text{Die Trimänderung ist daher} = \frac{240}{10,72} = 22,38 \text{ Zoll.}$$

Wir nehmen nun weiter an, das Schiff hätte vor der Entlöschung des Gewichts bei einem Tiefgang von 6 Fuß auf ebenem Kiel gelegen. Durch die Entlöschung der 8 Tons aus dem Vorraum hat das Schiff seinen Trim vorne sowohl wie auch hinten um 11,19 Zoll geändert.

Tiefgang vorn	Tiefgang hinten
6' 0"	6' 0"
÷ 11,19"	+ 11,19"
5' 0,81"	6' 11,19"

Der mittlere Tiefgang hat um 3,08"	
abgenommen ÷	3,08" — 3,08"
Tiefgang nach Entlöschung der 8 Tons =	4' 9,73" 6' 8,11"

26. Beispiel.

Trimänderung infolge von Beschädigung der Borpiek durch Kollision. Als ein weiteres Beispiel der Trimänderung wollen wir annehmen, unser Schiff habe ein vorderes wasserdichtes Schott, 15 Fuß vom Steven entfernt. (Die Länge vom Vorsteven nach dem Hintersteven ist 96 Fuß.) Der Tiefgang sei wie früher 6 Fuß auf ebenem Kiel. Infolge einer Kollision ist diese Borpiek beschädigt und das Wasser hat freien Zutritt. Eine sehr wichtige Frage in einem solchen Falle ist: „Was wird die Trimänderung sein, nachdem das Schiff wieder seine Ruhelage eingenommen hat?“

Es ist ganz klar, daß infolge des Auftriebsverlustes der Borpiek der mittlere Tiefgang zugenommen haben muß. Nachdem das Wasser freien Zutritt in die Borpiek erhalten hat, endigt die Schwimmebene des Schiffes an der Hinterkante des Kollisionsschottes, da der Teil vor dem Schott weder Auftrieb noch Trägheitsmoment gewährt.

Der Verlust an Auftrieb in der Borpiek muß wieder eingebracht werden durch vergrößerten Tiefgang, indem das Schiff sozusagen eine Anleihe bei dem Reserve-Auftrieb an der Hinterkante des Kollisionsschottes macht.

Wir müssen den Betrag des verlorenen Auftriebs ausfindig machen. Dieser ist natürlich gleich dem körperlichen Inhalt der Borpiek unterhalb der 6 Fuß Ladelinie. Obgleich ein beträchtlicher Raum oberhalb der 6 Fuß Linie in der Borpiek sein mag, so hat derselbe doch nicht als Auftrieb, sondern nur als Reserve-Auftrieb gebient. Nun aber die Piek beschädigt ist, so ist dieser Raum auch

kein Reserve-Auftrieb mehr, sodaß nur der Auftrieb unterhalb der 6 Fuß Linie in Betracht kommt. Dieser räumliche Inhalt läßt sich leicht durch eine der Simpson'schen Formeln berechnen und wollen wir denselben zu 6 Tons oder 210 Kubikfuß annehmen. Alsdann muß der Schwerpunkt der Schwimmebene zwischen Hintersteven und Kollisionschott gefunden werden und ebenfalls der Deplacementschwerpunkt der Borpiek. Hierauf addieren wir die Entfernung des Schwerpunktes der Schwimmebene vom Kollisionschott, sage 38 Fuß, und die Entfernung des Deplacementschwerpunktes der Borpiek vom Schott, sage 5 Fuß. Diese 43 Fuß entsprechen dem Hebelarm, welchen wir zur Bestimmung des Trimänderungs-Moments benutzen.

Das Moment der Trimänderung ist $6 \cdot 43 = 258$ Fuß-Tons.

Die Länge der Schwimmebene ist nun $96 - 15 = 81$ Fuß.

Die Schwimmebene wird ebenfalls geringer geworden sein und wollen wir dieselbe zu 1030 Quadratfuß annehmen.

Durch die Verringerung der Schwimmebene wird die Höhe des Längen-Metacentrums ebenfalls verringert und soll dieselbe jetzt 74 Fuß sein.

Das Moment, den Trim einen Zoll zu ändern, ist

$$\frac{150 \cdot 74}{81 \cdot 12} = \frac{3700}{324} = 11,42.$$

Ganze Trimänderung also $\frac{258}{11,42} = 22,6$ Zoll oder 11,3 Zoll an jedem Ende der wirklichen Schwimmebene.

Die „Tons pr. Zoll“ sind $\frac{1030}{420} = 2,45$.

Zunahme des mittleren Tiefgangs = $\frac{6}{2,45} = 2,45$ Zoll.

Der neue Tiefgang wird sein:

	hinten	vorn	
Vor der Kollision =	6' 0"	6' 0"	
	<u>2,45</u>	<u>2,45</u>	
	6' 2,45"	6' 2,45"	
	<u>- 11,3</u>	<u>+ 11,3</u>	
	5' 3,15"	7' 1,75"	

Nun ist aber der vordere Tiefgang von 7' 1,75" am Kollisionschott und wir wollen den Tiefgang 15' weiter nach vorn am Vorsteven wissen.

Die Länge vom Schwerpunkt der Schwimmebene bis zum Steven ist $38 + 15 = 53$ Fuß.

$$\frac{11,3 \cdot 53}{38} = 15,7''.$$

$$\begin{array}{r} 6' 2,45'' \\ \underline{1' 3,7''} \end{array}$$

Der Tiefgang am Vorsteven ist also 7' 6,15''.

27. Beispiel.

Die Fläche einer keilförmigen Figur zu finden, wie z. B. A B C in der nebenstehenden Zeichnung. Man kann annehmen, daß dieselbe einen Ein- oder Austauschkeil eines schlingernden Schiffes darstellt, B C ist eine einfache Curve. Der Winkel bei A sei 40° . Man teile nun denselben in eine solche Anzahl gleicher Intervalle, daß man auf die Anzahl der Radien eine von Simpsons Regeln anwenden kann.

Regel: Man mißt die Länge eines jeden Radius und nimmt die halben Quadrate derselben. Diese halben Quadrate werden als Ordinaten einer Curve angesehen und mit Simpsons Faktoren multipliziert. Wendet man die erste Simpson'sche Formel

an, so muß die Summe der halben Quadrate mit $\frac{1}{3}$ des gemeinsamen Winkel-Intervalls multipliziert werden; man muß dieses als Kreis-Maß auffassen.

Anmerkung: Kreis-Maß für 1 Grad ist 0,01745.

Die Berechnung stellt sich wie folgt:

Nr. des Radius	Radien	Quadrate der Radien	Simpsons Faktoren	Produkte
1	20,0	400,0	1	400,0
2	20,5	420,2	4	1680,8
3	21,0	441,0	2	882,0
4	21,5	462,2	4	1848,8
5	22,0	484,0	1	484,0

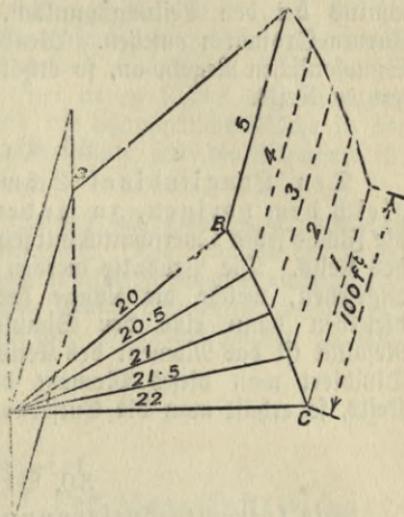
Division durch 2 wegen halber Quadrate 2) 5295,6

$\frac{1}{3}$ des Kreismaßes für $10^\circ = \frac{0,1745}{3} = \underline{0,0581}$

Fläche = 153,8

28. Beispiel.

Den körperlichen Inhalt eines Ein- oder Austauschkeils zu finden. Nehmen wir an, die Figur im 20°



vorigen Beispiel sei ein Teil eines Eintauchungskeils von 100' Länge. Teilt man nun die Länge dieses Keils in eine passende Anzahl gleicher Intervalle und berechnet die Fläche jedes Querschnitts bei den Teilungspunkten, so kann man diese Flächen als Kurven=Ordnaten ansehen. Wendet man auf diese wieder eine der Simpson'schen Regeln an, so erhält man den körperlichen Inhalt des ganzen Keils.

29. Beispiel.

Den Longitudinal=Schwerpunkt eines Keils, etwa gleich dem vorigen, zu finden. — Regel: Man multipliziert die Fläche jedes Querschnitts mit seiner Entfernung von einem Ende (x) des Keils. Die Produkte werden als Ordinateen einer neuen Kurve angesehen, welche die Länge des Keils (100 Fuß) hat, und auf dieselben dann eine der Simpson'schen Regeln angewandt; das Resultat ist das Moment des Keils in bezug auf das eine Ende (x). Dividirt man dieses Moment durch den körperlichen Inhalt des Keils, so erhält man die Entfernung des Schwerpunktes von x .

30. Beispiel.

Die lotrechte Entfernung des Schwerpunktes des oben erwähnten Keils (siehe Figur im 27. Beispiel) in bezug auf die Längsebene ZAS, welche lotrecht zum Radius AC ist, zu finden. — Regel: Man teilt den Keil in eine Anzahl von Längsebenen, welche von der Kante Aa in gleichwinkligen Intervallen auslaufen. Dann suche man das Trägheitsmoment jeder dieser Ebenen (5 in Anzahl, siehe Figur) in bezug auf Aa, wie im 20. Beispiel ausgeführt ist. Hierauf multipliziert man jedes dieser Momente mit dem Kosinus des Winkels (siehe die Tabelle für Sinus, Kosinus etc.), welchen ihre Ebenen mit der Ebene AC bilden und wende auf die Resultate die Faktoren der ersten Simpson'schen Regel an. Die Summe dieser Produkte wird mit $\frac{1}{3}$ des gemeinsamen Intervalls (man gebrauche Kreismaß) multipliziert. Das Resultat ist das Moment des Keils in bezug auf die Ebene ZAS. Dieses Moment, dividirt durch den körperlichen Inhalt des Keils, giebt die Entfernung des Schwerpunktes des Keils von der Längsebene ZAS.

Wenn man den Keil=Schwerpunkt berechnen will, findet man den körperlichen Inhalt des Keils gewöhnlich in folgender Weise (31. Beispiel).

31. Beispiel.

Den körperlichen Inhalt eines Ein- oder Aus-tauchungskeils zu finden. Der Keil ist in 5 Längsebenen,

welche von A a auslaufen, eingeteilt. Diese Ebenen werden, wie im vorigen Beispiel, in der Längsrichtung in eine Anzahl gleicher Intervalle, für Simpsons Faktoren passend, eingeteilt. Man mißt die Ordinaten und berechnet die halben Quadrate. Diese halben Quadrate werden als Ordinaten einer neuen Kurve angesehen, mit Simpsons Faktoren multipliziert und die hypothetische Fläche in der gewöhnlichen Weise berechnet. Die Resultate sind die Momente für jede der Längsebenen.

Diese Momente werden nun wieder als Ordinaten angesehen und mit Simpsons Faktoren multipliziert. Die Summe der so erhaltenen Produkte wird mit $\frac{1}{3}$ des Winkel-Intervalls multipliziert und ergibt alsdann den körperlichen Inhalt des Keils, welcher mit dem Resultat aus Beispiel 28, wo wir mit Querschnitten zu thun hatten, übereinstimmen muß.

32. Beispiel.

Rechnung, um die Lage des Segelsystemschwerpunktes in bezug auf den Schwerpunkt des seitlichen Widerstandes zu finden. Als Beispiel wollen wir den dreimastigen Schoner, Kapitel 6, Abschnitt 7, nehmen. Die Segel werden gezählt, wie auf der Skizze gezeigt. Das Verfahren ist in demselben Abschnitt vollständig erläutert.

Nr. des Segels	Fläche in Quadratfuß	Entfernung der Schwerpunkte der Segel vom Schwer- punkt des seitlichen Widerstandes		Momente		Höhe des Segelschwer- punktes über dem Schwerpunkt des seit- lichen Widerstandes	Vertikal- Momente
		Vorn Fuß	Hinten Fuß	Vorn	Hinten		
1	480	45		21 600		25	12 000
2	560	35		19 600		24	13 440
3	580	30		17 400		22	12 760
4	1000	12		12 000		28	28 000
5	300	15		4 500		50	15 000
6	1100		8		8 800	28	30 800
7	350		4		1 400	51	17 850
8	1500		30		45 000	26	39 000
9	340		25		8 500	50	17 000
Summe	6210			Summe 75 100	63 700	Summe 185 850	

Da die Momente vor dem Schwerpunkt des seitlichen Widerstandes überwiegen, so ist es klar, daß der Segelsystemschwerpunkt an der vorderen Seite vom Schwerpunkt des seitlichen Widerstandes liegt, und die Entfernung ist:

$$\frac{75\,100 - 63\,700}{6210} = 1,83 \text{ Fuß.}$$

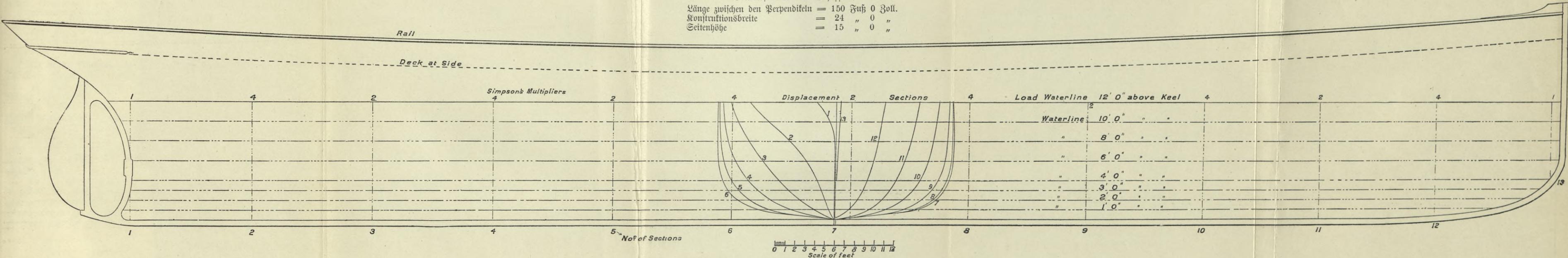
Die Höhe des Segelsystemschwerpunktes über dem Schwerpunkt des seitlichen Widerstandes ist:

$$\frac{185\,850}{6\,210} = 29,92 \text{ Fuß.}$$

Fig. 137.

Profil und Querschnitte (Longitudinalplan und Spantenriß)
zur Berechnung des Displacements etc.

Dimensionen des Schiffes:
 Länge zwischen den Perpendikeln = 150 Fuß 0 Zoll.
 Konstruktionsbreite = 24 " 0 "
 Seitenhöhe = 15 " 0 "



Deck at Side = Decklinie an der Seite. Displacement = Deplacement. Load Waterline 12' 0" above Keel = Lade-Wasserlinie 12 Fuß 0 Zoll über Kiel.
 Rail = Regelung. Sections = Querschnitte. Simpson's Multipliers = Simpson's Faktoren. Waterline = Wasserlinie.

Die Entfernung der Querschnitte (Gemeinsames Intervall) beträgt 12 Fuß.

Zehntes Kapitel. (Zweiter Abschnitt.)

Eine Reihe von Schiffsberechnungen nach wirklichen
Rissen ausgearbeitet.

Inhalt: Displacement — Längen-Displacementschwerpunkt — Senkrechter Displacementschwerpunkt — Höhe des Quer-Metacentrums über dem Displacementschwerpunkt nach zwei verschiedenen Methoden berechnet — „Tons pr. Zoll“-Eintauchung — Eingetauchte Oberfläche und Displacement der Außenhaut — Längen-Metacentrum über Displacementschwerpunkt — Resultate von Kurvenberechnungen — Stabilitätsberechnung.

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels haben wir eine Reihe von Tabellen, Regeln und ausgearbeiteten Beispielen gegeben, mit denen man zu thun hat, wenn man wirkliche Schiffsberechnungen nach Rissen ausarbeitet.

In diesem Abschnitt wollen wir eine Reihe von wirklichen Schiffsberechnungen durcharbeiten und alle Dimensionen z. den Rissen Fig. 137 und 141 entnehmen.

Obgleich damit eine größere Arbeit verbunden ist, so ist dieselbe in Wirklichkeit doch nicht schwieriger, als die einleitenden Rechnungen, welche wir im ersten Abschnitt dieses Kapitels ausgeführt haben.

Da die Berechnungen von kurzen Erklärungen begleitet sind, so geben wir uns der Hoffnung hin, daß auch Leser, welche nur geringere mathematische Kenntnisse besitzen, imstande sein werden, die Berechnungen zu verstehen. Dieselben sind in solcher Reihenfolge geordnet, wie sie gewöhnlich in der Praxis ausgearbeitet werden.

Displacement und Schwerpunkt bei Auftriebs-Berechnungen.

(Siehe Zeichnung Fig. 137.)

1. Methode der Anordnung.

Ort des Quadranten	Displacement												Längen-Schwerpunkt des Auftriebs			Die horizontalen Weiten der schwarzen Balken sind die halbierten Ordinaten der Querschnitte, von denen die unteren zwei Intervalle doppelt bereit sind. Dieselben werden mit den Simpson'schen Faktoren in der oberen Reihe multipliziert und die Produkte unter die schwarzen Balken gesetzt. Die Summe dieser Produkte gibt die Funktionen der vertikalen Flächen. Diese Funktionen werden mit Simpson's Faktoren multipliziert und die Summe der erhaltenden Produkte wird wieder mit der Zahl 0,152 multipliziert; man erhält diese Zahl wie unten angegeben. Das Resultat ist das Displacement in Tons, welches mit dem schon überbrannten fast genau übereinstimmt. (Der Unterüberschied kommt von dem 1/2 Simpson's Faktor.) Man erhält auf diese Weise eine wertvolle Kontrolle der Rechnung. Die man sichtlich den Längen-Schwerpunkt des Auftriebs erhält, wird klar, wenn man das Beispiel 19 im 1. Abschnitt dieses Kapitels nachsieht.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	Schwimmlinien (Wasserlinien)												Größe des Bildes	Größenverhältnis	Möbelle		Möment																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	1'	2'	3'	4'	6'	8'	10'	12'	14'	16'	18'	20'																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	12,06	12,12	12,18	12,24	12,30	12,36	12,42	12,48	12,54	12,60	12,66	12,72	12,78	12,84	12,90	12,96	13,02	13,08	13,14	13,20	13,26	13,32	13,38	13,44	13,50	13,56	13,62	13,68	13,74	13,80	13,86	13,92	13,98	14,04	14,10	14,16	14,22	14,28	14,34	14,40	14,46	14,52	14,58	14,64	14,70	14,76	14,82	14,88	14,94	15,00	15,06	15,12	15,18	15,24	15,30	15,36	15,42	15,48	15,54	15,60	15,66	15,72	15,78	15,84	15,90	15,96	16,02	16,08	16,14	16,20	16,26	16,32	16,38	16,44	16,50	16,56	16,62	16,68	16,74	16,80	16,86	16,92	16,98	17,04	17,10	17,16	17,22	17,28	17,34	17,40	17,46	17,52	17,58	17,64	17,70	17,76	17,82	17,88	17,94	18,00	18,06	18,12	18,18	18,24	18,30	18,36	18,42	18,48	18,54	18,60	18,66	18,72	18,78	18,84	18,90	18,96	19,02	19,08	19,14	19,20	19,26	19,32	19,38	19,44	19,50	19,56	19,62	19,68	19,74	19,80	19,86	19,92	19,98	20,04	20,10	20,16	20,22	20,28	20,34	20,40	20,46	20,52	20,58	20,64	20,70	20,76	20,82	20,88	20,94	21,00	21,06	21,12	21,18	21,24	21,30	21,36	21,42	21,48	21,54	21,60	21,66	21,72	21,78	21,84	21,90	21,96	22,02	22,08	22,14	22,20	22,26	22,32	22,38	22,44	22,50	22,56	22,62	22,68	22,74	22,80	22,86	22,92	22,98	23,04	23,10	23,16	23,22	23,28	23,34	23,40	23,46	23,52	23,58	23,64	23,70	23,76	23,82	23,88	23,94	24,00	24,06	24,12	24,18	24,24	24,30	24,36	24,42	24,48	24,54	24,60	24,66	24,72	24,78	24,84	24,90	24,96	25,02	25,08	25,14	25,20	25,26	25,32	25,38	25,44	25,50	25,56	25,62	25,68	25,74	25,80	25,86	25,92	25,98	26,04	26,10	26,16	26,22	26,28	26,34	26,40	26,46	26,52	26,58	26,64	26,70	26,76	26,82	26,88	26,94	27,00	27,06	27,12	27,18	27,24	27,30	27,36	27,42	27,48	27,54	27,60	27,66	27,72	27,78	27,84	27,90	27,96	28,02	28,08	28,14	28,20	28,26	28,32	28,38	28,44	28,50	28,56	28,62	28,68	28,74	28,80	28,86	28,92	28,98	29,04	29,10	29,16	29,22	29,28	29,34	29,40	29,46	29,52	29,58	29,64	29,70	29,76	29,82	29,88	29,94	30,00	30,06	30,12	30,18	30,24	30,30	30,36	30,42	30,48	30,54	30,60	30,66	30,72	30,78	30,84	30,90	30,96	31,02	31,08	31,14	31,20	31,26	31,32	31,38	31,44	31,50	31,56	31,62	31,68	31,74	31,80	31,86	31,92	31,98	32,04	32,10	32,16	32,22	32,28	32,34	32,40	32,46	32,52	32,58	32,64	32,70	32,76	32,82	32,88	32,94	33,00	33,06	33,12	33,18	33,24	33,30	33,36	33,42	33,48	33,54	33,60	33,66	33,72	33,78	33,84	33,90	33,96	34,02	34,08	34,14	34,20	34,26	34,32	34,38	34,44	34,50	34,56	34,62	34,68	34,74	34,80	34,86	34,92	34,98	35,04	35,10	35,16	35,22	35,28	35,34	35,40	35,46	35,52	35,58	35,64	35,70	35,76	35,82	35,88	35,94	36,00	36,06	36,12	36,18	36,24	36,30	36,36	36,42	36,48	36,54	36,60	36,66	36,72	36,78	36,84	36,90	36,96	37,02	37,08	37,14	37,20	37,26	37,32	37,38	37,44	37,50	37,56	37,62	37,68	37,74	37,80	37,86	37,92	37,98	38,04	38,10	38,16	38,22	38,28	38,34	38,40	38,46	38,52	38,58	38,64	38,70	38,76	38,82	38,88	38,94	39,00	39,06	39,12	39,18	39,24	39,30	39,36	39,42	39,48	39,54	39,60	39,66	39,72	39,78	39,84	39,90	39,96	40,02	40,08	40,14	40,20	40,26	40,32	40,38	40,44	40,50	40,56	40,62	40,68	40,74	40,80	40,86	40,92	40,98	41,04	41,10	41,16	41,22	41,28	41,34	41,40	41,46	41,52	41,58	41,64	41,70	41,76	41,82	41,88	41,94	42,00	42,06	42,12	42,18	42,24	42,30	42,36	42,42	42,48	42,54	42,60	42,66	42,72	42,78	42,84	42,90	42,96	43,02	43,08	43,14	43,20	43,26	43,32	43,38	43,44	43,50	43,56	43,62	43,68	43,74	43,80	43,86	43,92	43,98	44,04	44,10	44,16	44,22	44,28	44,34	44,40	44,46	44,52	44,58	44,64	44,70	44,76	44,82	44,88	44,94	45,00	45,06	45,12	45,18	45,24	45,30	45,36	45,42	45,48	45,54	45,60	45,66	45,72	45,78	45,84	45,90	45,96	46,02	46,08	46,14	46,20	46,26	46,32	46,38	46,44	46,50	46,56	46,62	46,68	46,74	46,80	46,86	46,92	46,98	47,04	47,10	47,16	47,22	47,28	47,34	47,40	47,46	47,52	47,58	47,64	47,70	47,76	47,82	47,88	47,94	48,00	48,06	48,12	48,18	48,24	48,30	48,36	48,42	48,48	48,54	48,60	48,66	48,72	48,78	48,84	48,90	48,96	49,02	49,08	49,14	49,20	49,26	49,32	49,38	49,44	49,50	49,56	49,62	49,68	49,74	49,80	49,86	49,92	49,98	50,04	50,10	50,16	50,22	50,28	50,34	50,40	50,46	50,52	50,58	50,64	50,70	50,76	50,82	50,88	50,94	51,00	51,06	51,12	51,18	51,24	51,30	51,36	51,42	51,48	51,54	51,60	51,66	51,72	51,78	51,84	51,90	51,96	52,02	52,08	52,14	52,20	52,26	52,32	52,38	52,44	52,50	52,56	52,62	52,68	52,74	52,80	52,86	52,92	52,98	53,04	53,10	53,16	53,22	53,28	53,34	53,40	53,46	53,52	53,58	53,64	53,70	53,76	53,82	53,88	53,94	54,00	54,06	54,12	54,18	54,24	54,30	54,36	54,42	54,48	54,54	54,60	54,66	54,72	54,78	54,84	54,90	54,96	55,02	55,08	55,14	55,20	55,26	55,32	55,38	55,44	55,50	55,56	55,62	55,68	55,74	55,80	55,86	55,92	55,98	56,04	56,10	56,16	56,22	56,28	56,34	56,40	56,46	56,52	56,58	56,64	56,70	56,76	56,82	56,88	56,94	57,00	57,06	57,12	57,18	57,24	57,30	57,36	57,42	57,48	57,54	57,60	57,66	57,72	57,78	57,84	57,90	57,96	58,02	58,08	58,14	58,20	58,26	58,32	58,38	58,44	58,50	58,56	58,62	58,68	58,74	58,80	58,86	58,92	58,98	59,04	59,10	59,16	59,22	59,28	59,34	59,40	59,46	59,52	59,58	59,64	59,70	59,76	59,82	59,88	59,94	60,00	60,06	60,12	60,18	60,24	60,30	60,36	60,42	60,48	60,54	60,60	60,66	60,72	60,78	60,84	60,90	60,96	61,02	61,08	61,14	61,20	61,26	61,32	61,38	61,44	61,50	61,56	61,62	61,68	61,74	61,80	61,86	61,92	61,98	62,04	62,10	62,16	62,22	62,28	62,34	62,40	62,46	62,52	62,58	62,64	62,70	62,76	62,82	62,88	62,94	63,00	63,06	63,12	63,18	63,24	63,30	63,36	63,42	63,48	63,54	63,60	63,66	63,72	63,78	63,84	63,90	63,96	64,02	64,08	64,14	64,20	64,26	64,32	64,38	64,44	64,50	64,56	64,62	64,68	64,74	64,80	64,86	64,92	64,98	65,04	65,10	65,16	65,22	65,28	65,34	65,40	65,46	65,52	65,58	65,64	65,70	65,76	65,82	65,88	65,94	66,00	66,06	66,12	66,18	66,24	66,30	66,36	66,42	66,48	66,54	66,60	66,66	66,72	66,78	66,84	66,90	66,96	67,02	67,08	67,14	67,20	67,26	67,32	67,38	67,44	67,50	67,56	67,62	67,68	67,74	67,80	67,86	67,92	67,98	68,04	68,10	68,16	68,22	68,28	68,34	68,40	68,46	68,52	68,58	68,64	68,70	68,76	68,82	68,88	68,94	69,00	69,06	69,12	69,18	69,24	69,30	69,36	69,42	69,48	69,54	69,60	69,66	69,72	69,78	69,84	69,90	69,96	70,02	70,08	70,14	70,20	70,26	70,32	70,38	70,44	70,50	70,56	70,62	70,68	70,74	70,80	70,86	70,92	70,98	71,04	71,10	71,16	71,22	71,28	71,34	71,40	71,46	71,52	71,58	71,64	71,70	71,76	71,82	71,88	71,94	72,00	72,06	72,12	72,18	72,24	72,30	72,36	72,42	72,48	72,54	72,60	72,66	72,72	72,78	72,84	72,90	72,96	73,02	73,08	73,14	73,20	73,26	73,32	73,38	73,44	73,50	73,56	73,62	73,68	73,74	73,80	73,86	73,92	73,98	74,04	74,10	74,16	74,22	74,28	74,34	74,40	74,46	74,52	74,58	74,64	74,70	74,76	74,82	74,88	74,94	75,00	75,06	75,12	75,18	75,24	75,30	75,36	75,42	75,48	75,54	75,60	75,66	75,72	75,78	75,84	75,90	75,96	76,02	76,08	76,14	76,20	76,26	76,32	76,38	76,44	76,50	76,56	76,62	76,68	76,74	76,80	76,86	76,92	76,98	77,04	77,10	77,16	77,22	77,28	77,34	77,40	77,46	77,52	77,58	77,64	77,70	77,76	77,82	77,88	77,94	78,00	78,06	78,12	78,18	78,24	78,30	78,36	78,42	78,48	78,54	78,60	78,66	78,72	78,78	78,84	78,90	78,96	79,02	79,08	79,14	79,20	79,26	79,32	79,38	79,44	79,50	79,56	79,62	79,68	79,74	79,80	79,86	79,92	79,98	80,04	80,10	80,16	80,22	80,28	80,34	80,40	80,46	80,52	80,58	80,64	80,70	80,76	80,82	80,88	80,94	81,00	81,06	81,12	81,18	81,24	81,30	81,36	81,42	81,48	81,54	81,60	81,66	81,72	81,78	81,84	81,90	81,96	82,02

Eingetauchte Oberfläche und Displacement der Außenhaut.

Bis 4 Fuß Wasserlinie.				Bis 8 Fuß Wasserlinie.				Bis 12 Fuß Wasserlinie.			
Nr. des Querschnittes	Halbe Umfänge	Simpson's Faktoren	Produkte	Nr. des Querschnittes	Halbe Umfänge	Simpson's Faktoren	Produkte	Nr. des Querschnittes	Halbe Umfänge	Simpson's Faktoren	Produkte
1	4,1	1	4,1	1	8,0	1	8,0	1	12,5	1	12,5
2	4,5	4	18,0	2	9,4	4	37,6	2	15,1	4	60,4
3	7,2	2	14,4	3	12,3	2	24,6	3	16,7	2	33,4
4	10,1	4	40,4	4	14,7	4	58,8	4	18,8	4	75,2
5	11,8	2	23,6	5	16,1	2	32,2	5	20,1	2	40,2
6	12,9	4	51,6	6	17,0	4	68,0	6	21,0	4	84,0
7	13,2	2	26,4	7	17,3	2	34,6	7	21,3	2	42,6
8	12,9	4	51,6	8	17,0	4	68,0	8	21,0	4	84,0
9	11,9	2	23,8	9	16,1	2	32,2	9	20,1	2	40,2
10	10,0	4	40,0	10	14,3	4	57,2	10	18,4	4	73,6
11	7,9	2	15,8	11	12,2	2	24,4	11	16,2	2	32,4
12	5,2	4	20,8	12	9,4	4	37,6	12	13,5	4	54,0
13	0,0	1	0,0	13	4,0	1	4,0	13	8,0	1	8,0
			330,5				487,2				640,5
$\frac{1}{2}$ des Längenz- Intervalls =			• 4				• 4				• 4
			1322,0				1948,8				2562,0
Beide Seiten			• 2				• 2				• 2
Ganze Fläche der ein- getauchten Oberfläche			2644,0 Quadratfuß.	Fläche =			3897,6 Quadratfuß.	Fläche =			5124 Quadratfuß.

Die Durchschnittsdicke der Beplattung bis zur Ladelinie sei $\frac{3}{20}$ Zoll.

Da die Plattengänge abwechselnd an- und abliegend sind, $\left| \right|$ so ist die mittlere Dike von den Spanten bis zur äußeren Oberfläche der Platten =

$$\frac{8+4}{20} = \frac{12}{20} \text{ Zoll.} \quad \frac{12}{20} \times \frac{1}{12} = \frac{1}{20} \text{ Fuß.}$$

$$\frac{2644}{1} \cdot \frac{1}{20} = \frac{2644}{20} \text{ Kubikfuß Displacement.}$$

$$\frac{2644}{20} : 35 = \underline{3,7} \text{ Tons Displacement in der 4 Fuß Wasserlinie.}$$

$$\frac{3897}{20} : 35 = \underline{5,5} \text{ " " " " 8 " "}$$

$$\frac{5124}{20} : 35 = \underline{7,3} \text{ " " " " 12 " "}$$

Bemerkungen über die Berechnung der eingetauchten Oberfläche. Die halben Umfänge der Spanten von der Oberkante des Kiels bis zur bestimmten Wasserlinie, für welche die Flächen berechnet werden sollen, werden bei jedem Querschnitt gemessen. Man sieht dieselben als Ordinaten einer neuen Kurve an und bestimmt die Flächen durch Anwendung einer von Simpson's Formeln in der gewöhnlichen Weise. Hierzu kann man dann noch die Areale des Kiels, des Vor- und Hinterstevens und des Schraubenrahmens hinzuzaddieren.

Berechnung des Displacements der Außenhaut. — Die Fläche der eingetauchten Oberfläche multipliziert mit der mittleren Dike von den Spanten bis zur äußeren Oberfläche der Beplattung, ergibt das Volumen des Displacements.

Berechnung der Höhe des vertikalen Deplacemnts-Schwerpunktes über der Oberkante des Stiels.

1. Methode der Anordnung.

Summe der Funktionen der horizontalen Halb-Flächen (der Deplacemnts-Berechnung entnommen).									
Oberkante des Stiels	1' 0" W.L.	2' 0" W.L.	3' 0" W.L.	4' 0" W.L.	6' 0" W.L.	8' 0" W.L.	10' 0" W.L.	12' 0" W.L.	
3,72	168,22	218,24	248,58	268,54	297,10	316,64	336,42	348,50	= Hebelarm
0	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	3	4	5	6	
0,00	84,11	218,24	372,87	537,08	891,3	1266,56	1682,1	2091,00	= Simpsons Faktoren
	2	$\frac{1}{2}$	2	1	4	1	4	1	
0,00	168,22	109,12	745,74	268,54	3565,2	1266,56	6728,4	2091,00	
		168,22	745,74	745,74	3565,2	3565,20	6728,4	6728,40	
		0,00	109,12	109,12	109,12	537,08	1266,56	1266,56	
			277,34	277,34	1400,74	1400,74	6769,58	6769,58	
Summe der Vielfachen der Funktionen	447,42	277,34	1187,97	1400,74	2961,55	6769,58	4972,37	16855,54	= Momente
				1,17	2,28	2,28	3,38	3,38	
				2	2	2	2	2	
Vertikales Intervall				2,34	4,56	4,56	6,76	6,76	
Höhe des Deplacemnts-Schwerpunktes über Oberkante Stiel									bei 4' Wasserlinie
									bei 8' Wasserlinie
									bei 12' Wasserlinie

Bemerkung zur Berechnung des vertikalen Deplacemnts-Schwerpunktes. Wie schon im 18. Beispiel beschrieben, werden die Flächen der Wasserlinien (oder „Funktionen der horizontalen Halbflächen“) mit Simpsons Faktoren multipliziert und ebenso mit den Hebelarmen (Anzahl der Intervalle). Die Summe der auf solche Weise erlangten Momente, multipliziert mit dem vertikalen Intervall, und dieses Produkt dividiert durch die „Summe der Vielfachen der Funktionen“ giebt die Höhe des Deplacemnts-Schwerpunktes über der Oberkante des Stiels. In der obigen Berechnung ist die Operation des Multiplizierens mit dem vertikalen Intervall am Ende der Rechnung gemacht.

Berechnung der Höhe des Quer-Metacentrums über dem Deplacmentschwerpunkt.

1. Methode der Anordnung.

№	2' 0" Wasserlinie			4' 0" Wasserlinie			8' 0" Wasserlinie			12' 0" Wasserlinie				
	$\frac{1}{2}$ Drb.	Ruben der Drb.	Funktionen der Ruben	$\frac{1}{2}$ Drb.	Ruben der Drb.	Funktionen der Ruben	$\frac{1}{2}$ Drb.	Ruben der Drb.	Funktionen der Ruben	$\frac{1}{2}$ Drb.	Ruben der Drb.	Funktionen der Ruben		
1	,12	0,00	1	,12	0,00	1	,14	,002	1	0,00	2,00	8,00	1	8,00
2	1,08	1,25	4	1,89	6,75	4	4,60	97,330	4	389,32	8,71	660,77	4	2643,08
3	3,65	48,62	2	5,70	185,19	2	8,80	681,470	2	1362,91	10,65	1207,94	2	2415,88
4	6,60	287,49	4	8,80	681,47	4	10,85	1277,280	4	5109,12	11,40	1481,54	4	5926,16
5	8,65	647,21	2	10,51	1160,93	2	11,65	1581,160	2	3162,32	11,75	1622,23	2	3244,46
6	9,90	970,29	4	11,44	1497,19	4	11,98	1719,370	4	6877,48	11,90	1685,15	4	6740,60
7	10,22	1067,46	2	11,51	1524,84	2	12,00	1728,000	2	3456,00	11,98	1719,37	2	3438,74
8	9,90	970,29	4	11,25	1423,82	4	11,85	1664,000	4	6656,00	11,85	1664,00	4	6656,00
9	8,70	658,50	2	10,38	1118,38	2	11,31	1446,730	2	2893,46	11,51	1524,81	2	3049,68
10	6,85	321,41	4	8,48	609,80	4	9,85	955,670	4	3822,68	10,50	1157,62	4	4630,48
11	4,72	105,15	2	6,05	221,44	2	7,60	438,970	2	877,94	8,46	605,49	2	1210,98
12	2,23	11,08	4	3,17	31,85	4	4,24	76,220	4	304,88	4,98	123,50	4	494,00
13	0,10	0,00	1	0,00	0,00	1	,30	,020	1	0,02	,44	,08	1	,03
$\frac{1}{2}$ der Ruben			3)15301,12	3)25425,08			3)34912,16			3)40458,14				
$\frac{1}{3}$ des Längenintervalls			$\frac{19}{3} = 5100,37$	8475,02			11637,38			13486,04				
Trägheitsmoment für halbe Wasserfläche			20401,48	33900,08			46549,52			53944,16				
Faktor für beide Seiten			2	2			2			2				
Deplacment * 2380)			40802,96	6319,95)67800,16			15755,25)93099,04			26453,00)107888,32				
Metacentrum über Deplacments-Schwerpunkt			17,14 Fuß	10,72 Fuß			5,90 Fuß			4,07 Fuß				

Diese Berechnung ist ausführlich beschrieben im 20. und 21. Beispiel, Abschnitt 1 dieses Kapitels.

* Deplacment = Kubfuß.

Displacements-Berechnung.

Zweite Methode der Anordnung.

Nr. der Ordn.	Drehtafel Stiel	1' 0" W. L.	2' 0" W. L.	3' 0" W. L.	4' 0" W. L.	6' 0" W. L.	8' 0" W. L.	10' 0" W. L.	12' 0" W. L.
2	,12	,65	1,08	1,42	1,89	3,00	4,60	6,78	8,71
4	,12	4,45	6,60	7,92	8,80	10,14	10,85	11,26	11,40
6	,12	7,80	9,90	10,87	11,44	11,90	11,98	11,95	11,90
8	,12	7,92	9,90	10,80	11,25	11,71	11,85	11,90	11,85
10	,12	6,05	6,85	7,86	8,48	9,34	9,85	10,23	10,50
12	,00	1,35	2,23	2,80	3,17	3,80	4,24	4,65	4,98
a	,60	28,22	36,56	41,67	45,03	49,89	53,37	56,77	59,34
2a	1,20	56,44	73,12	83,34	90,06	99,78	106,74	113,54	118,68
(1/2)1	,06	,06	,06	,06	,06	,06	,07	,30	1,00
3	,12	2,15	3,65	4,76	5,70	7,40	8,80	9,88	10,65
5	,12	6,70	8,65	9,80	10,51	11,36	11,65	11,76	11,75
7	,12	8,40	10,22	11,05	11,51	11,90	12,00	12,00	11,98
9	,12	7,00	8,70	9,74	10,38	11,02	11,31	11,45	11,51
11	,12	3,36	4,72	5,54	6,05	6,93	7,60	9,10	8,46
(1/2)13	,00	0,00	0,00	0,00	0,00	,10	,15	,18	,22
Simpsons 1/2 Faktor	1,86	84,11	109,12	124,29	134,27	148,55	158,32	168,21	174,25
} 1/4	1	1/4	1	1/4	1/2	2	1/2	2	1/2
	,46	84,11	27,28	124,29	33,56	297,10	79,16	336,42	87,12
			84,11	124,29			297,10	336,42	
			,46	27,28			67,13	79,16	
				111,85			296,98	740,37	
Summe der Vielfachen der Funktionen		111,85		296,98		740,37		1243,07	
Faktor für Displacement		,608		,608		,608		,608	
		89480		237584		592296		994456	
		671100		1781880		4442220		7458420	
Tons	68,00480		180,56384		450,14496		755,78656		

= Summen der Funktionen der horizontalen Halbflächen.

Displacement der Außenhaut ist zu addieren. Siehe Seite 314.

Berechnung der „Tons pr. Zoll“-Eintauchung.

2' 0" W. L.	4' 0" W. L.	8' 0" W. L.	12' 0" W. L.
109,12	134,27	158,32	174,25
$\frac{2 \cdot 2 \cdot 12}{3} = 16$	16	16	16
420)1745,92	420)2148,32	420)2533,12	420)2788
Tons pr. Zoll 4,15	5,11	6,03	6,63

= { Summe der Funktionen der horizontalen Halbflächen.
Flächen der Wasserlinien.

Bemerkungen über Displacements-Berechnung, zweite Methode. Diese Methode bringt etwas weniger Arbeit mit sich, wie die erste. Man wendet durchweg Simpsons halbe Faktoren an. Alle graden Ordinaten kommen in die obere Reihe und die Summe derselben, a, wird mit 2 multipliziert und kommt in die Linie 2a. In die untere Reihe kommen dann die ungraden Ordinaten und die halbe End-Ordinate. Diese werden samt der 2a-Linie zusammen addiert. Die Summen dieser Funktionen werden dann mit den halben Simpson'schen Faktoren multipliziert und das Displacement wie oben gefunden. Wie man sieht, ist der Faktor für das Displacement = 0,608, nämlich $0,152 \cdot 2$ (für $1/2$ horizontale) $\cdot 2$ (für Simpsons $1/2$ vertikale Faktoren) = 0,608.

„Tons pr. Zoll“. Man erhält die Fläche jeder besonderen Schwimmebene, wenn man die Summe der Funktionen der horizontalen Halbflächen mit 2 wegen Simpsons $1/2$ Faktoren, und mit 2, wegen der anderen Hälfte, ferner mit $1/3$ des gemeinsamen Längen-Intervalls multipliziert =

$$\frac{2 \cdot 2 \cdot 12}{3} = 16.$$

Berechnung der Höhe des vertikalen Deplacemensschwerpunktes über der Oberkante des Kiels. Zweite Methode der Anordnung.

Summen der Funktionen der horizontalen Querschnitte (aus der Deplacemens-Berechnung).											
Oberkante des Kiels	1' 0" W. L.	2' 0" W. L.	3' 0" W. L.	4' 0" W. L.	6' 0" W. L.	8' 0" W. L.	10' 0" W. L.	12' 0" W. L.			
1,86	84,11	109,12	124,29	134,27	148,55	158,32	168,21	174,25			
0	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	3	4	5	6	= Hebelarm.		
0,00	42,05	109,12	186,43	268,54	445,65	633,28	841,05	1045,50	= Simplicions Faktoren.		
$\frac{1}{4}$	1	$\frac{1}{4}$	1	$\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{2}$			
00,0	42,05	27,28	186,43	67,13	891,30	316,64	1682,10	522,75			
		42,05	186,43	186,43	891,30	891,30	1682,10	1682,10			
		0,00	1	27,28	134,27	134,27	316,64	316,64			
				69,33	350,17	350,17	1692,38	1692,38			
Summe der Wassersachen der Funktionen	111,85)69,33		296,98)350,17		740,37)1692,38		1243,07)1213,87		= Momente.		
Vertikales Intervall	0,61		1,17		2,28		3,38				
Höhe des Deplacemensschwerpunktes über der Oberkante des Kiels bei 2' Wasserlinie	= 1,22 δß.		2,34 δß.		4,56 δß.		6,76 δß.		12' Wasserlinie.		
	4' Wasserlinie		8' Wasserlinie		12' Wasserlinie						

Siehe Anmerkungen Seite 315.

Berechnung der Deplacements-Schwerpunkte der Länge nach.

2. Methode der Anordnung.

Nr. der Ord.	Hebelarm	Oberflächentafel	1' 0"	2' 0"	3' 0"	4' 0"	6' 0"	8' 0"	10' 0"	12' 0"	Simpson'sche Faktoren
			W. L.	W. L.	W. L.	W. L.	W. L.	W. L.	W. L.	W. L.	
2	1	,12	,65	1,08	1,42	1,89	3,00	4,60	6,78	8,71	
4	3	,36	13,35	19,80	23,76	26,40	30,42	32,55	33,78	34,20	
6	5	,60	39,00	49,50	54,35	57,20	59,50	59,90	59,75	59,50	
8	7	,84	55,44	69,30	75,60	78,75	81,97	82,95	83,30	82,95	
10	9	1,08	54,45	61,65	70,74	76,32	84,06	88,65	92,07	94,50	
12	11	0,00	14,85	24,53	30,80	34,87	41,80	46,64	51,15	54,78	
a		3,00	177,74	225,86	256,67	275,43	300,75	315,29	326,83	334,64	
2a		6,00	355,48	451,72	513,34	550,86	601,50	630,58	653,66	669,28	
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	2	,24	4,30	7,30	9,52	11,40	14,80	17,60	19,76	21,30	
5	4	,48	26,80	34,60	39,20	42,04	45,44	46,60	47,04	47,00	
7	6	,72	50,40	61,32	66,30	69,06	71,40	72,00	72,00	71,88	
9	8	,96	56,00	69,60	77,92	83,04	88,16	90,48	91,60	92,08	
11	10	1,20	33,60	47,20	55,40	60,50	69,30	76,00	91,00	84,60	
13	12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	1,80	2,16	2,64	
		9,60	526,58	671,74	761,68	816,90	891,80	935,06	977,22	988,78	
		$\frac{1}{4}$	1	$\frac{1}{4}$	1	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{2}$	2	$\frac{1}{2}$	
		2,40	526,58	167,93	761,68	204,22	1783,60	467,53	1954,44	494,39	
				526,58	761,68	761,68	1783,60	467,53	1954,44	494,39	
				2,40	167,93	167,93	408,45	467,53	467,53	467,53	
					696,91	696,91	1830,74	1830,74	4490,32	4490,32	
Summe der Vielfachen der Funktionen		111,85	696,91	696,91	296,98	1830,74	740,37	4490,32	1243,07	7406,68	
Längen-Intervall =			6,23	6,23	6,16	6,16	6,06	6,06	5,95	5,95	
Deplacements-Schwerpunkt vom ersten Querschnitt			12	12	12	12	12	12	12	12	
			= 74,76	74,76	73,92	73,92	72,7	72,7	71,40	71,40	
			Fuß	Fuß	Fuß	Fuß	Fuß	Fuß	Fuß	Fuß	

Deplacements-Schwerpunkt der Länge nach. In dieser Berechnung werden die Ordinaten (siehe Deplacements-Berechnung) für die verschiedenen Schwimmemebenen mit ihren zugehörigen Hebelarmen (Intervallen) von der ersten Ordinate aus multipliziert und die so erhaltenen Momente wieder mit Simpsons Faktoren. In obiger Rechnung ist der Deplacements-Schwerpunkt für 4 verschiedene Tiefgänge berechnet und erhält man vier verschiedene Resultate.

Nach der Multiplikation mit Simpsons Faktoren wird die neue Summe durch die Summe der „Vielfachen der Funktionen“ (aus der Deplacements-Berechnung) dividiert. Das Resultat, mit dem gemeinschaftlichen Intervall multipliziert, giebt die Entfernung des longitudinalen Deplacements-Schwerpunktes von dem ersten Querschnitt.

Berechnung der Höhe des Quer-Metacentrums über dem Deplacements-Schwerpunkt.

2. Methode.

	2' 0" W. L.	4' 0" W. L.	8' 0" W. L.	12' 0" W. L.	
Nr. der Drb.	Kuben der halben Drb.	Kuben der halben Drb.	Kuben der halben Drb.	Kuben der halben Drb.	
2	1,25	6,75	97,33	660,77	
4	287,49	681,47	1277,28	1481,54	
6	970,29	1497,19	1719,37	1685,15	
8	970,29	1423,82	1664,00	1664,00	
10	321,41	609,80	955,67	1157,62	
12	11,08	31,85	76,22	123,50	
a	2561,81	4250,88	5789,87	6772,58	
2a	5123,62	8501,76	11579,74	13545,16	
($\frac{1}{2}$) 1	0,00	0,00	0,00	4,00	
3	48,62	185,19	681,47	1207,94	
5	647,21	1160,93	1581,16	1622,23	
7	1067,46	1524,84	1728,00	1719,37	
9	658,50	1118,38	1446,73	1524,84	
11	105,15	221,44	438,97	605,49	
($\frac{1}{2}$) 13	0,00	0,00	0,01	,04	
Funktionen der Kuben	7650,56	12712,54	17456,08	20229,07	
	5,33	5,33	5,33	5,33	= Faktor
	2295168	3813762	5236824	6068721	= für Träg.=
	2295168	3813762	5236824	6068721	Moment
	3825280	6356270	8728040	10114535	
2380*)	40777,4848	67757,8382	93040,9064	107820,9431	= Träg.=
M. C. ü. Dep. } Schwerp. =	17,13'	10,72'	5,90'	4,07'	Moment

* = Kubisches Deplacement.

Nach den früheren Auseinandersetzungen brauchen wir nur noch eine Erklärung für den Faktor 5,33 in dieser Berechnung.

$$\frac{12 \cdot 2 \cdot 2}{3 \cdot 3} = 5,33.$$

Hier bedeutet 12 das Längen-Intervall.

2 ist für die halben Simpson'schen Faktoren.

2 ist für beide Hälften der Schwimmebenen.

3 ist für $\frac{1}{3}$ der Kuben.

3 ist für $\frac{1}{3}$ des Längenintervalls.

Berechnung der Höhe des Längen-Metacentrums über dem Displacementschwerpunkt.

4' 0" Wasserlinie.

Nr. der Dr.	Gäbe	Ordnaten	Galforen	Produkte	Gebelarm	Produkte der Momente	Zielfache für Kräfte	Produkte für Trägheitsmoment
1	0,12			0,12	0	0,00	0	0,00
2	1,89	1	4	7,56	1	7,56	1	7,56
3	5,70	4	2	11,40	2	22,80	2	45,60
4	8,80	2	4	35,20	3	105,60	3	316,80
5	10,51	4	2	21,02	4	84,08	4	336,32
6	11,44	4	2	45,76	5	228,80	5	1144,00
7	11,51	2	2	23,02	6	138,12	6	828,72
8	11,25	4	4	45,00	7	315,00	7	2205,00
9	10,38	2	4	20,76	8	166,08	8	1328,64
10	8,48	4	2	33,92	9	305,28	9	2747,52
11	6,05	2	2	12,10	10	121,00	10	1210,00
12	3,17	4	4	12,68	11	139,48	11	1534,28
13	0,00	1		0,00	12	0,00	12	0,00
		89,30		268,54		1633,80		11704,44
		$\frac{12}{3} = 4$		$\frac{12}{3}$		$\frac{12}{3}$		$\frac{12^3}{3}$
				268,54)19605,60		7022664		
						8193108		
						5852220		
						6741757,44		
						$\frac{2}{2}$		
						13483514,88		
						5329 • 2148,92 =		
						11448897,28		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =		
						2035117,60		
						73 • 73 = 5329		
						5329 • 2148,92 =</		

Berechnung der Höhe des Längen-Metacentrums über dem Displacementschwerpunkt.

8' 0" Wasserlinie.

Nr. der Ord.	Halbe Ordinaten	Quadratflächen	Produkte	Gebelarm	Produkte der Momente	Stärke der Kräfte	Stabilitätsmomente	Produkte für Trägheitsmomente
1	0,14	1	0,14	0	0,00	0	0,00	0,00
2	4,60	4	18,40	1	18,40	1	18,40	18,40
3	8,80	2	17,60	3	35,20	2	70,40	70,40
4	10,85	4	43,40	3	130,20	3	89,60	89,60
5	11,65	2	23,30	4	33,20	4	372,80	372,80
6	11,98	4	47,92	5	239,60	5	1198,00	864,00
7	12,00	2	24,00	6	144,00	6	2322,60	1447,68
8	11,85	4	47,40	7	331,80	7	3191,40	1520,00
9	11,31	2	22,62	8	180,96	8	2052,16	43,20
10	9,85	4	39,40	9	354,60	9	13491,24	576
11	7,60	2	15,20	10	152,00	10	8094744	9443868
12	4,24	4	16,96	11	186,56	11	6745620	7770954,24
13	0,30	1	0,30	12	3,60	12	7770954,24	2
		$\frac{12}{3} = 4$	316,64		1870,12		13491,24	
		$\frac{1266,56}{2} = 633,28$			$\frac{12}{3} = 4$		576	
		2533,12		316,64	316,64		8094744	
					$\frac{70,87 \text{ Fuß.}}{\text{Schwerpunkt der Schwimmenebene von Ordinate 1.}}$		9443868	
							6745620	
							7770954,24	
							15541908,48	
							$\frac{15541908,48}{2} = 7770954,24$	
							12722739,83	
							$2533,12 \cdot (70,87)^2 = 12722739,83$	
							$450,15 \cdot 36 = 15756,36$	
							$2819169,15$	
							$178,93$	

$\frac{1}{3}$ Längen-Intervall zur dritten Potenz = $\frac{12^3}{3}$

{ Trägheitsmoment der Schwimmenebene für die erste Ordinate.

{ Trägheitsmoment der Schwimmenebene für die durch den Schwerpunkt verfahren gehende Achse.

= Längen-Metacentrum über Displacementschwerpunkt.

Berechnung der Höhe des Längen-Metacentrums über dem Displacements-Schwerpunkt.
12' 0" Wasserlinie.

Nr. der Ordinaten	Halb-Ordinaten	Einpfons Faktoren	Produkte	Gebelarm	Produkte für Momente	Faktoren für Trägheitsmomente	Produkte für Trägheitsmomente
1	2,00	1	2,00	0	0,00	0	0,00
2	8,71	4	34,84	1	34,84	1	34,84
3	10,65	2	21,30	2	42,60	2	85,20
4	11,40	4	45,60	3	136,80	3	410,40
5	11,75	2	23,50	4	94,00	4	376,00
6	11,90	4	47,60	5	238,00	5	1190,00
7	11,98	2	23,96	6	143,76	6	862,56
8	11,85	4	47,40	7	331,80	7	2322,60
9	11,51	2	23,02	8	184,16	8	1473,28
10	10,50	4	42,00	9	378,00	9	3402,00
11	8,46	2	16,92	10	169,20	10	1692,00
12	4,98	4	19,92	11	219,12	11	2410,32
13	0,44	1	0,44	12	5,28	12	63,36
					1977,56		14322,56
$\frac{1}{3}$ Längen-Intervall = $\frac{12}{3}$					12		576
Reihe Seiten =					348,50		8593536
Fläche der Schwimmenebene in Quadratfuß					1394,0		10025792
					68,09 Fß.		7161280
					Schwerpunkt der Schwimmenebene von der I. Ord.		8249794,56
							2
							16499589,12
							12925859,70
							2788 · (68,09) ² =
							264533573729,42
							135,09 Fß.

= $\frac{1}{3}$ des Längs-Intv. in die 3. Potenz
= $\frac{12^3}{3}$

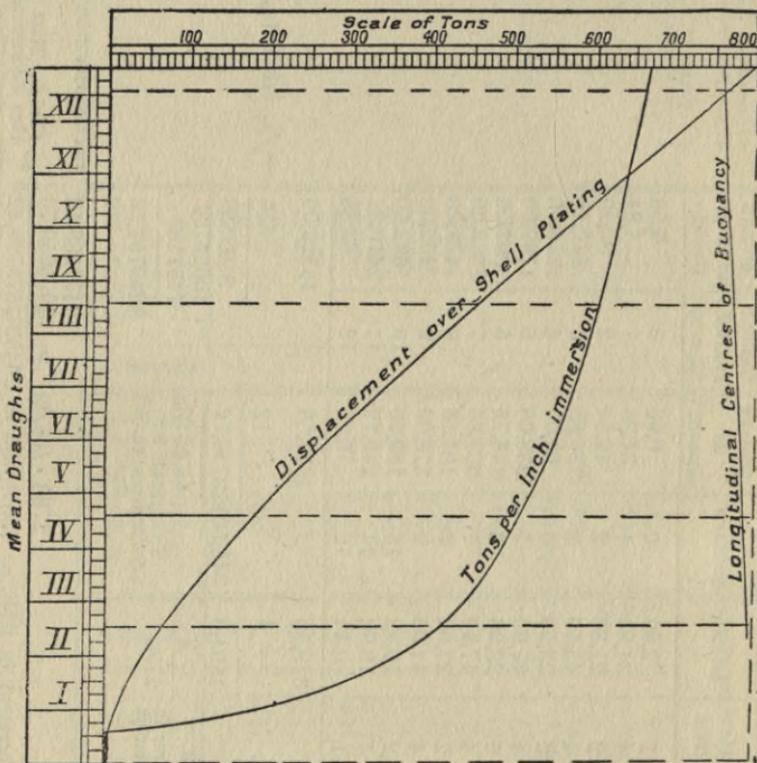
= Trägheits-Mom. der Schwimmenebene für die 1. Ordinate.
= (Trägheits-Mom der Schwimmenebene für die durch den Schwerpunkt derselben gehende Achse.
Längens-Metacentrum über Displacementschwerpunkt.

Displacement in Rbf. = 755,8 · 35 = 264533573729,42

Die einzelnen Schritte in dieser Berechnung sind ausführlich im 24. Beispiel im 1. Abschnitt dieses Kapitels beschrieben.

Vermittelt der in den vorhergehenden Berechnungen erhaltenen Resultate lassen sich Kurven konstruieren, siehe Figur 138 und 139, wie wir solches schon früher beschrieben haben. Hierdurch kann man irgend welche Zahlen und Entfernungen für zwischenliegende Tiefgänge finden.

Man muß nicht vergessen, daß, während die Tiefgänge von der Unterkante des Kiels gemessen werden, die Berechnungen für die von der Oberkante des Kiels gemessenen Schwimmebenen gemacht sind und dieser Umstand daher bei der Konstruktion der Kurven in Rechnung gezogen werden muß. Trimmt ein Schiff vorder- oder



Displacement over Shell Plating = Deplacement über Beplattung. Longitudinal Centres of Buoyancy = Deplacementschwerpunkte der Länge nach. Mean Draughts = Mittlere Tiefgänge. Scale of Tons = Tonnenstala. Tons per inch immersion = Tons per Zoll-Eintauchung.

Fig. 138. — Deplacementskurven. Tons per Zoll = Eintauchung. Deplacementschwerpunkte der Länge nach von der Hinterkante des Ruderstevens gerechnet.

Anmerkung: 100 auf der horizontalen Tons = Stala ist gleich einer Tonne für die „Tons per Zoll“ = Eintauchung und gleich 10 Fuß für die Longitudinalen = Deplacementschwerpunkte.

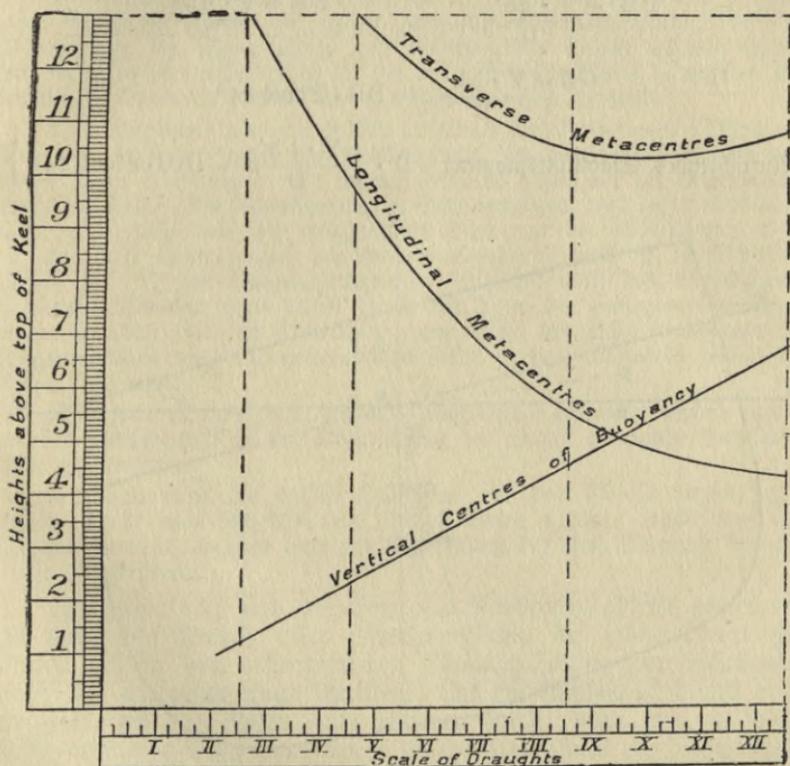
hinterlastig, so muß man den mittleren Tiefgang zu Grunde legen, wenn man irgend welche Einzelheiten den Kurven entnehmen will.

Stabilitäts-Berechnungen. Figur 140 zeigt unser Schiff 14° übergeneigt, für welchen Winkel die Stabilität auf Seite 330 berechnet ist.

In Fig. 140 ist V = dem körperlichen Inhalt (Volumen) des Eintauchungs- oder des Austauchungs-Keils.

BR würde den aufrichtenden Hebelarm der Stabilität darstellen, wenn der Systemsschwerpunkt mit dem Displacementschwerpunkt in aufrechter Lage übereinstimmen würde. Die Linie ist lotrecht zur Vertikalen durch B' .

Man kann daher BR den Hebel der Stabilität nennen, welcher durch Aufriß oder Formgebung hervorgerufen wird. Man nennt BR gewöhnlich den Hebel der Statischen Oberflächen-Stabilität.



Heights above top of Keel = Höhen über Oberkante des Keils. Longitudinal Metacentres = Metacentren der Länge nach. Scale of Draughts = Tiefgangskala. Transverse Metacentres = Quer-Metacentren. Vertical Centres of Buoyancy = Vertikale Displacementschwerpunkte.

Fig. 139. — Kurve der vertikalen Displacementschwerpunkte. Kurve der Quermetacentren. Kurve der Längen-Metacentren. (Anmerkung: 3 Fuß auf der vertikalen Skala sind gleich 100 Fuß.)

G ist der Systemschwerpunkt des Schiffes und seine Lage hängt von der Menge und der Stauung der an Bord geführten Ladung ab.

Der Hebelarm der Statischen Stabilität ist daher:

$$BR - BC = GZ; \quad BC = BG \cdot \sin 14^\circ$$

Das Moment der Statischen Oberflächen-Stabilität ist $BR \times \text{Displacement}$ in Tons.

Das Moment der Statischen Stabilität ist $GZ \cdot D$ ($D = \text{Displacement}$ in Tons.)

gh und g'h' sind senkrecht zu W'L'.

B' ist der Ort des Displacementschwerpunktes bei 14° Neigung.

g und g' sind die Schwerpunkte der Ein- und Ausstauungskeile.

$$BB' = \frac{V \cdot gg'}{D} \qquad BR = \frac{V \cdot hh'}{D}$$

$$GZ = \frac{V \cdot hh'}{D} - BG \cdot \sin 14^\circ.$$

$$\text{Aufrichtendes Stabilitätsmoment} = D \cdot \left\{ \frac{V \cdot hh'}{D} - (BG \cdot \sin 14^\circ) \right\}$$

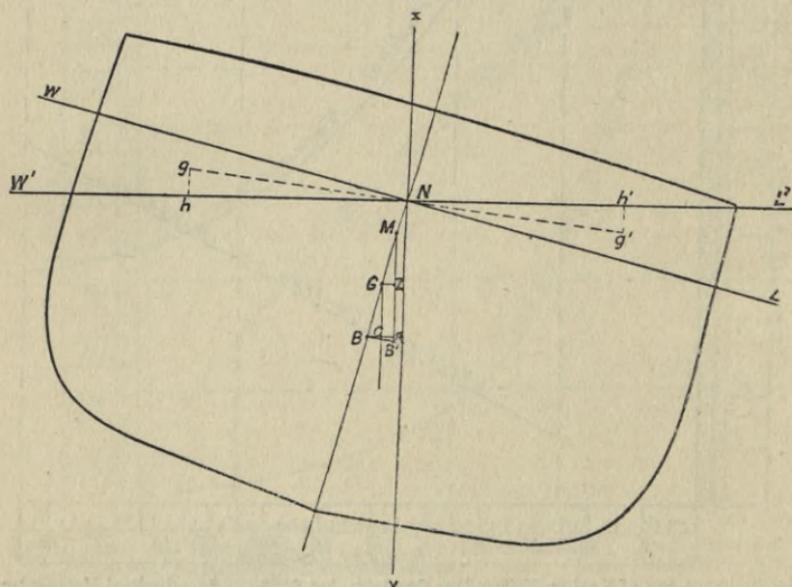


Fig. 140.

Figur 141 zeigt die Querschnitte unseres Schiffes für die Stabilitätsberechnung fertig. Man zerlegt die Berechnung in zwei Teile, von denen der erstere von mehr vorbereitender Natur ist,

indem man durch denselben Resultate erlangt, welche später in die kombinierte Tabelle des zweiten Theils eingesetzt werden.

Von den Stabilitäts-Querschnitten mißt man die Ordinaten für die aufrechte Lage und für die beiden geneigten Lagen der Schwimmebenen, sowohl für die eingetauchten als auch für die ausgetauchten Keile und setzt sie dann in die passenden Spalten der einleitenden Rechnung ein.

Die drei Resultate der einleitenden Rechnung lassen sich leicht verstehen, da wir ähnliche Beispiele im 1. Abschnitt dieses Kapitels gegeben haben.

1. Multipliziert man die Ordinaten mit Simpsons Faktoren, so erhält man die ganze Fläche der neuen horizontalen Schwimmebene, $W^1 L^1$ (Figur 140), die eingetauchten und ausgetauchten Seiten werden addiert. Es ist dieses nur erforderlich für die dritte Schwimmebene in unserer Berechnung. Siehe Beispiel 10 im 1. Abschnitt dieses Kapitels.

2. Multipliziert man die halben Quadrate der Ordinaten mit Simpsons Faktoren, so findet man, auf welcher Seite der geneigten Schwimmebene die Momente überwiegen. In unserm Falle ist dieses auf der eingetauchten Seite der Fall. Der Schwerpunkt der Schwimmebene liegt daher nach dieser Seite zu. Zieht man die ausgetauchte Seite von der eingetauchten Seite ab und teilt dann wegen der halben Quadrate durch 2, multipliziert darauf mit $\frac{1}{3}$ des Längen-Intervalls, so findet man das überwiegende Moment. Dividirt man dieses durch das Areal der geneigten Schwimmebene, so erhält man die Entfernung, um welche der Schwerpunkt von der Längsmittellinie nach der eingetauchten Seite zu nach auswärts verlegt ist. Siehe 17. Beispiel.

Man wird nun einsehen, daß der Flächeninhalt gebraucht werden mußte, um den Schwerpunkt in der Querrichtung der ganzen geneigten Schwimmebene zu berechnen.

3. Indem man die halben Ordinaten der drei Ebenen in die dritte Potenz erhebt und schließlich ein Drittel davon nimmt, erhält man das Trägheitsmoment, welches man zur Berechnung der Keil-Momente braucht. Siehe 30. Beispiel.

In Figur 141 sind die Ein- und Austauchungskeile gezeichnet, als wenn die Ebenen aller Schwimmflächen bei jedem Neigungswinkel sich in der ursprünglichen Längsschiffslinie der Schwimmfläche bei aufrechter Lage schnitten. In Wirklichkeit ist dieses nicht der Fall, wie der Leser leicht einsehen wird; denn die auf solche Weise erlangten Eintauchungskeile würden jedenfalls an körperlichem Inhalt von den Austauchungskeilen abweichen; es ist deshalb eine Berichtigung notwendig, um ein genaues Resultat zu erhalten.

Ist der Eintauchungskeil größer als der Austauchungskeil, so ist es klar, daß das Schiff tiefer gehen wird in der Zeichnung als in Wirklichkeit. Teilt man den Unterschied des körperlichen Inhalts der zwei Keile, wie man denselben durch Berechnung gefunden hat,

durch die Fläche der Schwimmebene, so erhält man die Dicke der Schicht, welche man von dem Tiefgang abziehen muß. Wäre der Eintauchungskeil kleiner als der Austauchungskeil, so würde der Unterschied an körperlichem Inhalt, dividiert durch das Areal der Schwimmebene, die Dicke der Schicht ergeben, welche zum Tiefgang addiert werden muß. In der Kombinations-Tabelle ist der körperliche Inhalt der Keile in der Weise berechnet, wie im 31. Beispiel auseinandergesetzt wurde und so die Dicke der Ergänzungsschicht gefunden.

Wie wir sehen, übersteigt bei unserm Schiffe der Inhalt des Eintauchungskeils denjenigen des Austauchungskeils um 89,75 Kubikfuß und die Dicke der Ergänzungsschicht ist 0,03 Fuß. Da nun der Schwerpunkt der geeigneten Schwimmebene, welcher dem Schwerpunkt der Ergänzungsschicht entspricht, 0,25 Fuß (siehe einleitende Tabelle) nach der eingetauchten Seite zu verschoben ist, so weist das Moment der Keile einen Überschuß auf und das Moment der Ergänzungsschicht muß daher von dem Moment der Keile abgezogen werden. Wäre der Schwerpunkt dieser Schicht an der entgegengesetzten Seite gewesen, so hätte man das Moment derselben addieren müssen.

Die letzte Operation in der Kombinationstabelle besteht darin, daß man das Moment der Keile findet. Wir haben die Berechnungsart ausführlich im 30. Beispiel erklärt. Die Summen für die Funktionen der Kuben der Ordinaten für die Schwimmebenen beider Keile nimmt man aus den einleitenden Tabellen. Die Funktionen werden mit Simpsons Faktoren multipliziert und auch mit dem Kosinus der Neigungswinkel, wodurch man „Funktionen der Kuben für Keil-Momente“ erhält. Die Summe dieser Funktionen wird durch 3 dividiert, da $\frac{1}{3}$ der Kuben der Ordinaten für das Trägheitsmoment von Schwimmebenen erforderlich ist. Das Resultat wird mit einem Drittel des Winkel-Intervalls multipliziert und darauf auch mit einem Drittel des Längen-Intervalls. Hierdurch erhält man das Moment der Keile in bezug auf eine Ebene, welche durch xNy senkrecht zu $W'NL'$ geht. (Siehe Fig. 140.) Von dem Moment der Keile wird das Moment der Ergänzungsschicht subtrahiert und wenn man den Rest durch das Displacement dividiert, so erhält man die Strecke BR (Figur 140), welche durch die Verlegung des Keils WNW' nach $L'NL$ in der Entfernung hh' hervorgerufen wird.

Um den aufrichtenden Hebelarm GZ zu erhalten, subtrahiere man BC von BR ($BC = BG$ multipliziert mit dem Sinus des Winkels BGC , welcher $= 14^\circ$ ist).

$GZ \cdot \text{Displacement} = \text{Aufrichtendes Moment in Fußtons.}$

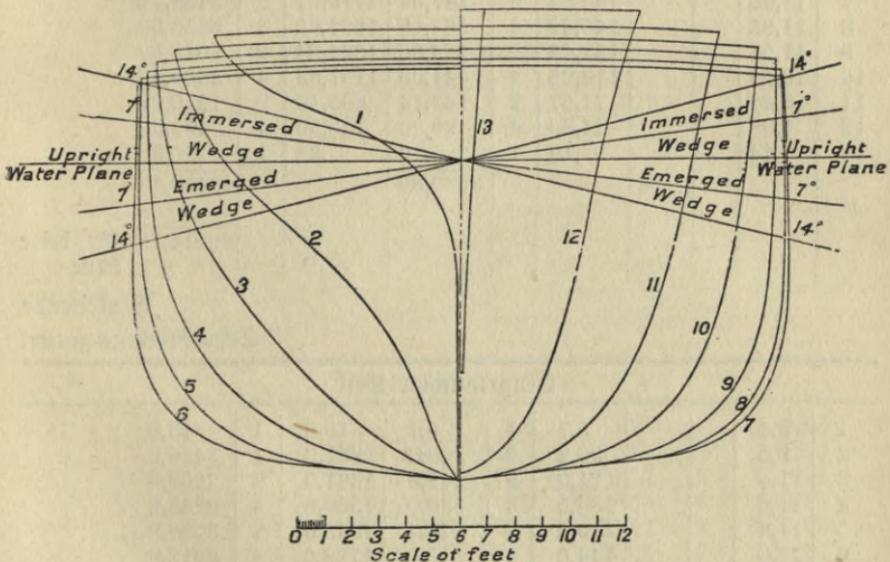
Als eine Kontrolle für GZ bei kleinen Neigungswinkeln (ehe die Deckkante unter Wasser kommt), welche 10° bis 15° nicht überschreiten, hat man:

$$GM \cdot \text{Sinus des Winkels} = GZ.$$

2 Fuß $\cdot 0,2419 = 0,4838$, welches nahezu richtig ist.

Anmerkung: Das Metacentrum wurde zu 4,07 Fuß über dem Displacementschwerpunkt gefunden und die metacentrische Höhe zu 2 Fuß angenommen.

Um eine Stabilitätskurve zu konstruieren, müßte eine Reihenfolge von Berechnungen in gleicher Weise wie die eben beschriebene, gemacht werden. Hierbei müßten für das Schiff der Reihe nach die verschiedenen Neigungen angenommen werden, um das Stück GZ für jeden Neigungs-Winkel finden zu können.



Fußskala.

Immersed Wedge = eingetauchter Keil. Upright Water Plane = Schwimmebene bei aufrechter Lage. Emerged Wedge = ausgetauchter Keil.

Fig. 141. — Schnitte zur Berechnung der Statischen Stabilität.

Stabilitäts-Berechnung für ein Schiff

(Siehe Fig. 141)

Einleitende

Grade

Eingetauchter Keil										
Nr. des Querschnitts	Ordnaten	Salzloren	Funktionen der Ord.	Quadrat der Ord.	Salzloren	Funkt. der Quadrate	Kuben der Ord.	Salzloren	Funktionen der Kuben	
1	2,00			4,00	1	4,00	8,00	1	8,00	
2	8,71			75,86	4	303,44	660,77	4	2643,08	
3	10,65			113,42	2	226,84	1207,94	2	2415,88	
4	11,40			129,96	4	519,84	1481,54	4	5926,16	
5	11,75			138,06	2	276,12	1622,23	2	3244,46	
6	11,90			141,61	4	566,44	1685,15	4	6740,60	
7	11,98			143,52	2	287,04	1719,37	2	3438,74	
8	11,85			140,42	4	561,68	1664,00	4	6656,00	
9	11,51			132,48	2	264,96	1524,84	2	3049,68	
10	10,50			110,25	4	441,00	1157,62	4	4630,48	
11	8,46			71,57	2	143,14	605,49	2	1210,98	
12	4,98			24,80	4	99,20	123,50	4	494,00	
13	44			,19	1	,19	,08	1	,08	
							3693,89			
								40458,14		
								2		
							80916,28	für beide Keile		

Einleitende

Schwimmbene geneigt

Eingetauchter Keil										
Nr.	Ordnaten	Salzloren	Funktionen der Ord.	Quadrat der Ord.	Salzloren	Funkt. der Quadrate	Kuben der Ord.	Salzloren	Funktionen der Kuben	
1	2,4			5,7	1	5,7	13,8	1	13,8	
2	9,5			90,2	4	360,8	857,3	4	3429,2	
3	11,0			121,0	2	242,0	1331,0	2	2662,0	
4	11,6			134,5	4	538,0	1560,8	4	6243,2	
5	11,8			139,2	2	278,4	1643,0	2	3286,0	
6	12,0			144,0	4	576,0	1728,0	4	6912,0	
7	12,0			144,0	2	288,0	1728,0	2	3456,0	
8	11,9			141,6	4	566,4	1685,1	4	6740,4	
9	11,6			134,5	2	269,0	1560,8	2	3121,6	
10	10,7			114,4	4	457,6	1225,0	4	4900,0	
11	8,7			75,6	2	151,2	658,5	2	1317,0	
12	5,2			27,0	4	108,0	140,6	4	562,4	
13	,4			,1	1	,1	,0	1	,0	
							3841,2			
								42643,6	Einge- taucht. Keil	
								40197,0	Ausge- taucht. Keil	
								82840,6	Summe für beide Keile	

welches 14° übergeneigt ist.

wegen der Aufriffe.

Tabelle I.

Schwimmbene.

Ausgetauchter Keil										
Nr. des Querschnitts	Ordnaten	Salzloren	Funktionen der Ord.	Quadrat der Ord.	Salzloren	Funktionen der Quadrate	Kuben der Ord.	Salzloren	Funktionen der Kuben	
1	1,8			3,2	1	3,2	5,8	1	5,8	
2	7,9			62,4	4	249,6	493,0	4	1972,0	
3	10,3			106,0	2	212,0	1092,7	2	2185,4	
4	11,4			129,9	4	519,6	1481,5	4	5926,0	
5	11,9			141,6	2	283,2	1685,1	2	3370,2	
6	12,1			146,4	4	585,6	1771,5	4	7086,0	
7	12,1			146,4	2	292,8	1771,5	2	3543,0	
8	12,0			144,0	4	576,0	1728,0	4	6912,0	
9	11,5			132,2	2	264,4	1520,8	2	3041,6	
10	10,4			108,1	4	432,4	1124,8	4	4499,2	
11	8,4			70,5	2	141,0	592,7	2	1185,4	
12	4,9			24,0	4	96,0	117,6	4	470,4	
13	,4			,1	1	,1	,0	1	,0	
								3655,9		
									40197,0	

Dasselbe wie der eingetauchte Keil

Tabelle II.

in einem Winkel von 7°.

Ausgetauchter Keil										
Nr.	Ordnaten	Salzloren	Funktionen der Ord.	Quadrat der Ord.	Salzloren	Funktionen der Quadrate	Kuben der Ord.	Salzloren	Funktionen der Kuben	
1	1,8			3,2	1	3,2	5,8	1	5,8	
2	7,9			62,4	4	249,6	493,0	4	1972,0	
3	10,3			106,0	2	212,0	1092,7	2	2185,4	
4	11,4			129,9	4	519,6	1481,5	4	5926,0	
5	11,9			141,6	2	283,2	1685,1	2	3370,2	
6	12,1			146,4	4	585,6	1771,5	4	7086,0	
7	12,1			146,4	2	292,8	1771,5	2	3543,0	
8	12,0			144,0	4	576,0	1728,0	4	6912,0	
9	11,5			132,2	2	264,4	1520,8	2	3041,6	
10	10,4			108,1	4	432,4	1124,8	4	4499,2	
11	8,4			70,5	2	141,0	592,7	2	1185,4	
12	4,9			24,0	4	96,0	117,6	4	470,4	
13	,4			,1	1	,1	,0	1	,0	
								3655,9		
									40197,0	

Stabilitätsberechnung für ein Schiff

Einleitende

(Schwimmebene geneigt)

Eingetauchter Keil

Nr. des Querschnitts	Ordinaten	Faktoren	Funktionen der Ordinaten	Quadrate der Ordinaten	Faktoren	Funktionen der Quadrate	Kuben der Ordinaten	Faktoren	Funktionen der Kuben
1	3,1	1	3,1	9,6	1	9,6	29,7	1	29,7
2	10,3	4	41,2	106,0	4	424,0	1092,7	4	4370,8
3	11,4	2	22,8	129,9	2	259,8	1481,5	2	2963,0
4	11,8	4	47,2	139,2	4	556,8	1643,0	4	6572,0
5	12,0	2	24,0	144,0	2	288,0	1728,0	2	3456,0
6	12,0	4	48,0	144,0	4	576,0	1728,0	4	6912,0
7	12,2	2	24,4	148,8	2	297,6	1815,8	2	3631,6
8	12,2	4	48,8	148,8	4	595,2	1815,8	4	7263,2
9	11,9	2	23,8	141,6	2	283,2	1685,1	2	3370,2
10	11,1	4	44,4	123,2	4	492,8	1367,6	4	5470,4
11	9,2	2	18,4	84,6	2	169,2	778,6	2	1557,2
12	5,4	4	21,6	29,1	4	116,4	157,4	4	629,6
13	,4	1	,4	,1	1	,1	,0	1	,0

Summe d.) Einget. 368,1 Einget. Seite . 4068,7
 Funktionen d. Ord.) Ausget. 346,4 Ausget. Seite . 3707,2
 Total 714,5 für 1/2 Quadrate 2) 361,5 Unterschied 87644,9 Summe für beide Keile
 1/2 Längen-Intervall 4 180,75 Überschuß der 1/2 Quadrate auf der einget. Seite
 Ganze Schwimm-ebene 2858,0 1/2 Längen-Intervall 4
 Ganze Schwimm-ebene } 2858) 723,00 Moment
 Schwerpunkt = 0,25 Fuß nach der eingetauchten Seite.

welches 14° übergeneigt ist. — Fortsetzung.

III. Tabelle.

in einem Winkel von 14°.

Ausgetauchter Keil

Nr. des Querschnitts	Ordinaten	Faktoren	Funktionen der Ordinaten	Quadrate der Ordinaten	Faktoren	Funktionen der Quadrate	Kuben der Ordinaten	Faktoren	Funktionen der Kuben
1	1,6	1	1,6	2,5	1	2,5	4,0	1	4,0
2	7,3	4	29,2	53,2	4	212,8	389,0	4	1556,0
3	10,0	2	20,0	100,0	2	200,0	1000,0	2	2000,0
4	11,5	4	46,0	132,2	4	528,8	1520,8	4	6083,2
5	12,1	2	24,2	146,4	2	292,8	1771,5	2	3543,0
6	12,4	4	49,6	153,7	4	614,8	1906,6	4	7626,4
7	12,4	2	24,8	153,7	2	307,4	1906,6	2	3813,2
8	12,2	4	48,8	148,8	4	595,2	1815,8	4	7263,2
9	11,8	2	23,6	139,2	2	278,4	1643,0	2	3286,0
10	10,5	4	42,0	110,2	4	440,8	1157,6	4	4630,4
11	8,3	2	16,6	68,8	2	137,6	571,7	2	1143,4
12	4,9	4	19,6	24,0	4	96,0	117,6	4	470,4
13	,4	1	,4	,1	1	,1	,0	1	,0

346,4

3707,2

41419,2

Stabilitäts-Berechnung für ein Schiff

(Siehe Fig. 141)

Einleitende

Grade

Eingetauchter Keil									
nr. des Querschnitts	Ordnaten	Satz-toren	Funktio-nen der Ord.	Quadra-te der Ord.	Satz-toren	Funkt.-der Quadrate	Kuben der Ord.	Satz-toren	Funktionen der Kuben
1	2,00			4,00	1	4,00	8,00	1	8,00
2	8,71			75,86	4	303,44	660,77	4	2643,08
3	10,65			113,42	2	226,84	1207,94	2	2415,88
4	11,40			129,96	4	519,84	1481,54	4	5926,16
5	11,75			138,06	2	276,12	1622,23	2	3244,46
6	11,90			141,61	4	566,44	1685,15	4	6740,60
7	11,98			143,52	2	287,04	1719,37	2	3438,74
8	11,85			140,42	4	561,68	1664,00	4	6656,00
9	11,51			132,48	2	264,96	1524,84	2	3049,68
10	10,50			110,25	4	441,00	1157,62	4	4630,48
11	8,46			71,57	2	143,14	605,49	2	1210,98
12	4,98			24,80	4	99,20	123,50	4	494,00
13	44			,19	1	,19	,08	1	,08
							3693,89		40458,14
									2
									80916,28 für beide Keile

Einleitende

Schwimmbene geneigt

Eingetauchter Keil										
nr.	Querschnitts	Ordnaten	Satz-toren	Funktio-nen der Ord.	Quadra-te der Ord.	Satz-toren	Funkt.-der Quadrate	Kuben der Ord.	Satz-toren	Funktionen der Kuben
1	2,4			5,7	1	5,7	13,8	1	13,8	
2	9,5			90,2	4	360,8	857,3	4	3429,2	
3	11,0			121,0	2	242,0	1331,0	2	2662,0	
4	11,6			134,5	4	538,0	1560,8	4	6243,2	
5	11,8			139,2	2	278,4	1643,0	2	3286,0	
6	12,0			144,0	4	576,0	1728,0	4	6912,0	
7	12,0			144,0	2	288,0	1728,0	2	3456,0	
8	11,9			141,6	4	566,4	1685,1	4	6740,4	
9	11,6			134,5	2	269,0	1560,8	2	3121,6	
10	10,7			114,4	4	457,6	1225,0	4	4900,0	
11	8,7			75,6	2	151,2	658,5	2	1317,0	
12	5,2			27,0	4	108,0	140,6	4	562,4	
13	,4			,1	1	,1	,0	1	,0	
							3841,2		42643,6	
									40197,0	
									82840,6	
									Summe für beide Keile	

welches 14° übergeneigt ist.

wegen der Aufriffe.

Tabelle I.

Schwimmbene.

Ausgetauchter Keil									
nr. des Querschnitts	Ordnaten	Satz-toren	Funktio-nen der Ord.	Quadra-te der Ord.	Satz-toren	Funktionen der Quadrate	Kuben der Ordinatn	Satz-toren	Funktionen der Kuben
1	1,8			3,2	1	3,2	5,8	1	5,8
2	7,9			62,4	4	249,6	493,0	4	1972,0
3	10,3			106,0	2	212,0	1092,7	2	2185,4
4	11,4			129,9	4	519,6	1481,5	4	5926,0
5	11,9			141,6	2	283,2	1685,1	2	3370,2
6	12,1			146,4	4	585,6	1771,5	4	7086,0
7	12,1			146,4	2	292,8	1771,5	2	3543,0
8	12,0			144,0	4	576,0	1728,0	4	6912,0
9	11,5			132,2	2	264,4	1520,8	2	3041,6
10	10,4			108,1	4	432,4	1124,8	4	4499,2
11	8,4			70,5	2	141,0	592,7	2	1185,4
12	4,9			24,0	4	96,0	117,6	4	470,4
13	,4			,1	1	,1	,0	1	,0
							3655,9		40197,0

Dasselbe wie der eingetauchte Keil

Tabelle II.

in einem Winkel von 7°.

Ausgetauchter Keil										
nr.	Querschnitts	Ordnaten	Satz-toren	Funktio-nen der Ord.	Quadra-te der Ord.	Satz-toren	Funkt.-der Quadrate	Kuben der Ordinatn	Satz-toren	Funktionen der Kuben
1	1,8			3,2	1	3,2	5,8	1	5,8	
2	7,9			62,4	4	249,6	493,0	4	1972,0	
3	10,3			106,0	2	212,0	1092,7	2	2185,4	
4	11,4			129,9	4	519,6	1481,5	4	5926,0	
5	11,9			141,6	2	283,2	1685,1	2	3370,2	
6	12,1			146,4	4	585,6	1771,5	4	7086,0	
7	12,1			146,4	2	292,8	1771,5	2	3543,0	
8	12,0			144,0	4	576,0	1728,0	4	6912,0	
9	11,5			132,2	2	264,4	1520,8	2	3041,6	
10	10,4			108,1	4	432,4	1124,8	4	4499,2	
11	8,4			70,5	2	141,0	592,7	2	1185,4	
12	4,9			24,0	4	96,0	117,6	4	470,4	
13	,4			,1	1	,1	,0	1	,0	
							3655,9		40197,0	

Kombinationstabelle für Stabilität bei 4° Neigung.

Eingetauchter Keil			Ausgetauchter Keil			
Neigungswinkel	Funktionen der Quadrate der Ordinaten	Faktoren	Funktionen der Quadrate der Ordinaten für Keil-Volumen	Funktionen der Quadrate der Ordinaten	Faktoren	Funktionen der Quadrate der Ordinaten für Keil-Volumen
0°	3693,8	1	3693,8	3693,8	1	3693,8
7°	3841,2	4	15364,8	3655,9	4	14623,6
14°	4068,7	1	4068,7	3707,2	1	3707,2
Eingetauchter Keil . . .			23127,3			22024,6
Ausgetauchter Keil . . .			22024,6			
Für halbe Quadrate . . .		2)	1102,7 Unterschied.			
			551,35	Überschuß der halben Quadrate im eingetauchten Keil.		
$\frac{1}{3}$ Winkel-Intervall . . .			0,0407	Ergänzungsschicht. 89,759 • 0,25 (Schwerpunkt der Schwimmebene nach der eingetauchten Seite. Siehe einleitende Tabelle III.) = 22,439 = dem Moment für die Ergänzungsschicht.		
			385945			
			2205400			
			22,439945			
$\frac{1}{3}$ Längen-Intervall . . .			4			
Überschuß im Volumen des eingetauchten Keils			89,759780			
Schwimmebene . . .	2858		89,759			
			0,03 Fuß	Dicke der Ergänzungsschicht.		

Beide Keile.

Neigungswinkel	Summe der Funkt. der Kuben der Ordinaten	Faktoren	Produkte der Funkt. der Kuben	Kosinus der Neigungswinkel	Funkt. der Kuben für Keil-Momente
0°	80916,28	1	80916,28	0,9702	78504,9
7°	82840,60	4	331362,40	0,9925	328877,1
14°	87644,90	1	87644,90	1,0000	87644,9
$\frac{1}{3}$ der Kuben					3)495026,9
					165008,9
$\frac{1}{3}$ des Winkel-Intervalls					0,0407
					6715,8
$\frac{1}{3}$ des Längen-Intervalls					4
Moment der Keile					26863,2
(Abgezogen) Korrektion für Ergänzungsschicht					- 22,4
Kubisches Displacement	26452,3				26840,8
					BR = 1,01
BG • Sin. des Winkels = 2,07 • 0,2419 =					0,50
Aufrichtender Arm GZ =					0,505

Aufrichtendes Stabilitäts-Moment = GZ • Displacement in Tons = 0,505 • 755,78 = 381,66 Fuß-Tons.
 Aufrichtendes Moment bei 14° Neigung = 381,66 Fuß-Tons.

Anhang A.

Zum Schlusse wünscht der Verfasser die Aufmerksamkeit derjenigen seiner Leser, welche einige mathematische Kenntnisse besitzen, auf eine Vorlesung zu richten, welche am 12. Januar 1892 von John A. Rowe, Esq., Besichtigter des Board of Trade* vor dem Institute of Marine Engineers (Gesellschaft der Seeschiffs-Maschinisten) gehalten wurde. Aus dieser Vorlesung, welche dem Verfasser bereitwilligst zur Verfügung gestellt wurde, hat derselbe den folgenden Auszug gemacht, welcher von großem Interesse ist:

Dynamische Stabilität und Schlinger-Bewegung im Seegange.

„Die meisten von Ihnen wissen, daß bei der Berechnung der Schlinger-Periode eines Schiffes — d. h. der Zeit in Sekunden, welche dasselbe braucht, um von der aufrechten Lage überzuholen und in dieselbe zurückzukommen — man dasselbe mit einem Pendel vergleicht. — Von einem gewissen Standpunkt aus ist dieses auch vollkommen richtig. Indessen sind viele sonst tüchtige Leute durch etwas in Verwirrung gekommen, was ein Widerspruch zwischen Theorie und Praxis zu sein scheint. So wissen z. B. die meisten von Ihnen, daß die Periode T eines Linsen-Pendels in Sekunden ist:

$$T = 3,1416 \cdot \sqrt{\frac{\text{Länge in Fuß}}{\text{Schwere}}} = 3,1416 \cdot \sqrt{\frac{L}{32}} = 0,554 \cdot \sqrt{L}$$

L bedeutet Länge des Pendels in Fuß.

In dieser Formel ist es klar, daß die Periode des Pendels sich ändert wie die Quadrat-Wurzel seiner Länge.

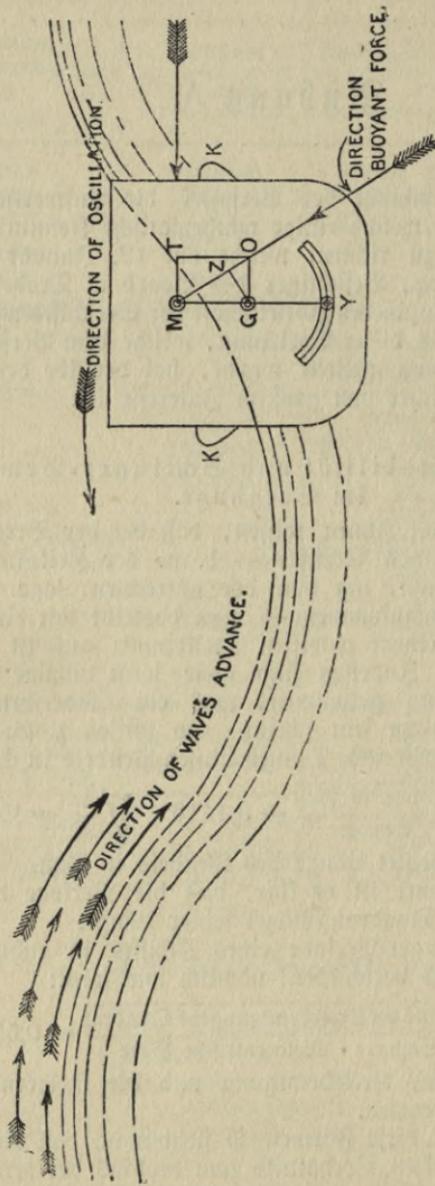
Für die Schlinger-Periode eines Schiffes in ruhigem Wasser ist die Formel etwas verschieden, nämlich wie folgt:

$$T = 3,1416 \sqrt{\frac{\text{Radius der Kreisbewegung ins Quadrat}}{\text{Schwere} \cdot \text{Metacentrische Höhe}}} = 0,554 \cdot \sqrt{\frac{R^2}{GM}}$$

Der Radius der Kreisbewegung und die metacentrische Höhe sind in Fuß angenommen.

Untersucht man diese Formel, so sieht man, daß die Schlingerperiode sich im direkten Verhältnis zum Radius der Kreisbewegung

*) Jetzt Haupt-Examinator der Ingenieure des „Board of Trade“.



Direction of Oscillation = Richtung der Schwingung. Direction of Wave's Advance = Richtung des Fortschreitens der Welle.
 Direction of Buoyant Force = Richtung des Auftriebs.
 Diagramm, um die in einem aufrechten Schiffe aufgeweicherte dynamische Stabilität zu zeigen durch eine Veränderung, der Richtung der Auftriebskraft von der vertikalen nach der Richtung OM, welche rechtwinklig zum Wellen-Abhang ist.

ändert und im umgekehrten Verhältnis wie die Quadratwurzel der metacentrischen Höhe. Wird GM größer, so wird die Periode kürzer und das Schiff stärker schlingern wie früher. Praktische Leute, welche die Diagramme studierten, haben nun folgendermaßen geurteilt:

„Die Länge von GM ist die Entfernung zwischen dem Schwingungspunkt und dem Schwerpunkt des Schiffes. Giebt es irgend welche pendelartige Bewegung im Schiffe, so muß dieselbe jedenfalls um G oder M in der Länge GM sein.“

Indessen zeigt die Formel $T = 0,554 \cdot \sqrt{\frac{R^3}{MG}}$ klar genug, daß,

was auch die gleichgeltende Pendellänge sein möge, dieselbe nicht GM , sondern etwas ganz anderes ist. Die folgende Figur ist entworfen worden in der Hoffnung, daß sie einige nicht allgemein begriffene Punkte etwas deutlicher machen möge.

Man sieht das Schiff aufrecht auf dem Wellenabhange. In dieser Lage ruht die Kraft des Auftriebs, welche rechtwinklig zur Wellen-Oberfläche wirkt, wie sie auch rechtwinklig zur Oberfläche ruhigen Wassers wirkt, einen aufrichtenden Hebel, GZ , hervor. Dessen Länge in Fuß, multipliziert mit dem Gewicht des Schiffes in Tons, haben wir das aufrichtende Moment des Schiffes in Fuß-tons genannt. In der Lage, in welcher wir das Schiff sehen, ist es klar, daß diese Kraft, welche man gewöhnlich als Wieder-aufrichtungskraft ansieht, das Schiff ins Rollen bringt; könnten wir der See eine glatte Oberfläche geben, sobald das Schiff rechtwinklig zum Wellenabhang steht, so würde es durch den Winkel GMO an jeder Seite der Vertikalen schlingern und allmählig wegen des durch die Reibung des Wassers hervorgerufenen Widerstandes die Schwingungen verringern und schließlich zum Stillstand kommen.

Betrachten wir GO und MT als rechtwinklig zu GM und TO parallel GM , so erhalten wir ein Parallelogramm der Kräfte, dessen Resultante MO die Auftriebskraft des Wassers darstellt und welche dem Gewicht des Schiffes gleich ist. Die Komponenten derselben sind GM und MT . Da nun GM nach oben durch die Mittellinie des Schiffes wirkt, so können wir dasselbe vernachlässigen und unsere Aufmerksamkeit vor allem auf die Linie MT richten, deren Richtung durch einen Pfeil angedeutet und deren Betrag = $M \cdot \sin$ des Neigungswinkels ist.

Der wirkliche Winkel des Wellenabhanges sei 9° , das Gewicht des Schiffes 10000 Tons, die metacentrische Höhe 6 Fuß. Man suche das Dreh-Moment für den Systemsehwerpunkt des Schiffes G .

Die Komponente MT ist gleich $M \cdot \sin 9^\circ = 10000 \text{ Tons} \cdot 0,156 = 1560 \text{ Tons}$.

Diese Kraft von 1560 Tons wirkt am Ende des Hebels $GM = 6$ Fuß; daher ist das aufrichtende oder in diesem Falle das Dreh-Moment

$$= 1560 \text{ Tons} \cdot 6 \text{ Fuß} = 9360 \text{ Fußtons.}$$

Das aufrichtende Moment des Schiffes ist aber das Gewicht des Schiffes, multipliziert mit dem aufrichtenden Hebel. Was giebt uns nun dieses Produkt?

GZ , der aufrichtende Arm $= GM \cdot \sinus 9^\circ = 6 \cdot 0,156 = 0,936$ Fuß.
Aufrichtendes Moment also $10\,000 \text{ Tons} \cdot 0,936 \text{ Fuß} = 9360 \text{ Fußtons.}$

Durch beide Rechnungen erhalten wir daher das aufrichtende Moment $= 9360 \text{ Fußtons.}$

Es ist demnach das Gewicht des Schiffes, multipliziert mit dem aufrichtenden Arm $GZ =$ der Komponente MT , multipliziert mit der metacentrischen Höhe. Denken wir uns nun Y als den Mittelpunkt der Kreisbewegung, so werden wir imstande sein, die Natur der Kraft, welche auf die Bewegung hinarbeitet und auch den Charakter des dagegen wirkenden Widerstandes kennen zu lernen.

Wir wollen einmal annehmen, G sei ein fester Punkt, der Stützpunkt (fulcrum) des Schiffes. Ferner betrachten wir das Schiff als Teil eines großen Rades (eines Schwungrades), dessen Dreh-Radius GY sei.

Eine Untersuchung der Figur zeigt uns, daß je größer MG (mit einer gegebenen Horizontalkraft MT) ist, desto größer auch das Drehmoment sein wird; ferner, je kleiner der Drehungs-Radius GY , desto kleiner ist der Widerstand und desto schneller wird die Schwung-Bewegung sein.

Um große Stabilität und schnelle Bewegungen zu erhalten, müssen wir den Hebel GM vergrößern und die Pendel-Länge GY verkleinern; um mäßige Stabilität, aber langsame Bewegung, also ein bequemes Seeschiff und stetiges Geschütz-Deck zu erlangen, müssen wir den Hebel GM verringern und die Länge von GY vermehren.

In bezug auf GY , welches man erhält, wenn man das Trägheitsmoment des Schiffes für G durch die Summe der Gewichte dividiert und hieraus die Quadratwurzel zieht, ist es klar, daß dasselbe nur von bedeutender Länge bei großen Schiffen sein kann. In einem kleinen Schiffe kann GY vergrößert werden, wenn man schwere Ladungsstücke oder sonstige Gewichte nach den Seiten zu staut. Solches wird aber nicht hinreichend sein, um den Drehungs-Radius groß genug zu machen, daß er langsame Schwingungen zur Folge hat. Eine ruhigere Bewegung bei kleinen Schiffen kann man erhalten, wenn man GM verkürzt, aber hierdurch kann wieder die Stabilität nachteilig beeinflusst werden. Daher die Schwierigkeit, ein in allen Beziehungen vollkommenes Schiff zu bauen. Die Schiffbauer haben sowohl die Scylla, als auch die Charybdis zu meiden;

und was am Schlimmsten ist, sie wollen gern den Reedern gefällig sein, welche nur wenig von den Schwierigkeiten des Schiffsbau verstehen und ferner wollen sie sich selbst zufrieden stellen; dieses Bestreben hat dann oft das Resultat, daß sie es keinem recht machen.

Die Wirkung der Wellen auf Schiffe speichert Wellen-Energie in denselben auf bis zu einem Betrage, welcher von ihrem Gewicht und der Länge des aufrichtenden Hebelarmes abhängt; man bestimmt nun den Betrag der in dem oben erwähnten Schiffe aufgespeicherten Arbeit wie folgt:

Die Kraft $MT = 1560$ Tons wird $= 0$, wenn das Deck des Schiffes parallel dem Wellenabhange oder parallel ruhiger See ist. Daher ist die mittlere Kraft, welche darauf hinwirkt, das Schiff bei M um den Mittelpunkt G zu drehen $= \frac{MT}{2} = \frac{1560}{2} = 780$ Tons.

Die mittlere Kraft wirkt durch $MT = MG \cdot \text{Tangens des Neigungswinkels} = 6 \text{ Fuß} \cdot 0,158 = 0,948 \text{ Fuß}$. Und $780 \text{ Tons} \cdot 0,948 \text{ Fuß} = 739,44 \text{ Fußtons}$ dynamischer Stabilität. . .

Sturmwellen rufen heftiges Schlingern bei den größten schwimmenden Schiffskolossen hervor und mitunter kommen diese großen Körper zur Ruhe wegen einer plötzlichen und vollständigen Berausgabung ihrer aufgespeicherten Energie. Und je größer die Energie in dem Schiff, d. h. je schwerer das Schiff und je schneller die Bewegung, desto gewichtiger ist der Stoß, welchen es einer anrollenden Welle giebt. Wird indessen dem Moment der heranrollenden Welle nicht allein von dem Schiffkörper, sondern auch von der dynamischen Energie des Schiffes Widerstand geboten, so erfolgt mitunter eine Krisis, welche sich darin offenbart, daß das Schiff aufhört zu schlingern (seine Energie ist erschöpft) und nun bricht sich die Welle über Deck und reißt manchmal alles irgend Bewegliche mit sich fort. Der Verfasser wünscht diese eben geschilderte Sachlage, wie sie sich ereignen soll, durch die vorhergehende Skizze zu veranschaulichen. Die Pfeile geben die Richtung des Überholens, sowie des Vorrückens der Welle an“.

Die Vorprünge KK auf beiden Seiten des Diagramms sind kurze Mulden, welche nach Mr. Rowes Meinung das Schlingern verhindern würden. Sie haben offene Enden und die Dimensionen müßten je nach der Größe resp. dem Gewicht des Schiffes und der metacentrischen Höhe verschieden sein. Dieselben möchten vielleicht dazu dienen, Torpedoboote zu besseren Seeschiffen zu machen, besonders bei unruhiger See und stürmischem Wetter.* (Aus einer Vorlesung über „Stabilität und Bewegungen eines Schiffes im Seegange“ von John A. Rowe, II. Teil, Seite 10 zc.)

* Indem sie sofort die Energie erschöpfen, welche dem Schiffe von jeder Welle erteilt wird. Diese Mulden würden die Ansammlung von Energie hindern und damit die Wirkung der Wellen auf dasjenige Maß beschränken, welche durch das Passieren einer Welle unter dem Schiffsboden hervorgerufen wird.

Anhang B.

Einige Bemerkungen über Klassifikation von Schiffen.

Da die Bedingungen der verschiedenen Klassifikations-Gesellschaften in den von den betreffenden Gesellschaften herausgegebenen Vorschriften auf das Genaueste enthalten sind, so will ich mich hier nur auf das Allernotwendigste beschränken und verweise diejenigen, welche sich weiter über diesen Gegenstand unterrichten wollen, auf die erwähnten Vorschriften.

Für deutsche Schiffe kommen eigentlich nur Germanischer Lloyd, Englischer Lloyd und Bureau Veritas in Frage. Diese drei Gesellschaften haben insofern Ähnlichkeit, als sie alle eine Zahl für die Bestimmung der Querverbände und eine solche für die Längsverbände vorschreiben. Indessen weichen die Vorschriften hinsichtlich der Erlangung dieser Zahlen beträchtlich von einander ab.

Leitzahlen des Englischen Lloyd. Wie wir gesehen haben, erhält man die erste Zahl, welche zur Bestimmung der Querverbände dient, wenn man den halben Umfang ($\frac{1}{2}$ Girth) des Hauptspants, gemessen von der Mitte der Oberkante des Kiels bis zum Hauptdeckstringer, ferner die halbe Konstruktionsbreite ($\frac{1}{2}$ moulded Breadth) und die Höhe von der Oberkante des Kiels bis zur Oberkante der Hauptdeckbalken inkl. Balkenbucht (Lloyds Depth) addiert. Für Dreideckschiffe wird von der erhaltenen Summe 7 Fuß subtrahiert.

Multipliziert man diese erste Zahl mit der Länge, so erhält man die zweite Zahl für die Kennzeichnung der Längsverbände.

In Zeichen ist also $\frac{U}{2} + \frac{B}{2} + T$ die erste Zahl,

$$\left(\frac{U}{2} + \frac{B}{2} + T\right) L \text{ die zweite Zahl.}$$

Leitzahlen des Germanischen Lloyd. Während der Englische Lloyd die erste Zahl aus 3 Summanden erhält, nimmt der Germanische Lloyd nur zwei, nämlich: Halber Umfang des Hauptspants und halbe Konstruktionsbreite. Die Summe dieser beiden, multipliziert mit der Länge, giebt die zweite Zahl.

In Zeichen ist also $\frac{U}{2} + \frac{B}{2}$ die erste Zahl,

$$\left(\frac{U}{2} + \frac{B}{2}\right) L \text{ die zweite Zahl.}$$

Leitzahlen des Bureau Veritas. Hier wird einfach die Seitenhöhe* H (Depth moulded) und die Breite zusammenaddiert; dieses giebt die erste Zahl. Im Gegensatz zu den beiden ersteren Gesellschaften multipliziert man nun nicht die erste Zahl mit der Länge, um die zweite Zahl zu erhalten, sondern man multipliziert die Seitenhöhe mit der Breite und das Produkt dieser Faktoren mit der Länge.

In Zeichen ist also $H + B$ die erste Zahl,
 $H \cdot B \cdot L$ die zweite Zahl.

Diese Zahlen gelten indessen eigentlich nur für Glatdeckschiffe, und die Abmessungen der Verbände sind je nach dem Typ des Schiffes und den Fahrten, für die es bestimmt ist, besonderen Modifikationen unterworfen. Alle diese näheren Bestimmungen hier anzuführen, würde indessen weit über den Rahmen dieses Buches hinausgehen und müssen wir dafür auf die speziellen Vorschriften der Klassifikations-Gesellschaften verweisen.

Klassenzeichen der drei obigen Gesellschaften für eiserne oder stählerne Schiffe.

	Englischer Lloyd	Germanischer Lloyd	Bureau Veritas
I. Division	100 A 1	100 A ₄	I. $\frac{3}{3}$ 1 1
	95 A 1	95 A ₄	
II. Division	90 A 1	90 A ₄	II. $\frac{3}{3}$ 1 1
	85 A 1	85 A ₃	
III. Division	80 A 1	80 A ₃	III. $\frac{3}{3}$ 1 1
	75 A 1	75 A ₂	

Die 1 hinter dem Klassenzeichen des Englischen Lloyd, sowie die letzte 1 hinter demjenigen des Bureau Veritas bezieht sich lediglich auf die Ausrüstung und nicht auf den Schiffsrumpf.

Die kleinen Zahlen unter dem A beim Germanischen Lloyd beziehen sich auf die speziellen Befichtigungen. So bedeutet 85 A₃, daß ein Schiff mit diesem Klassenzeichen sich alle 3 Jahre einer Spezial-Befichtigung zu unterwerfen hat.

* Seitenhöhe wird gemessen von Oberkante Kiel bis Oberkante Hauptdeckbalken an der Seite in der Mitte der Schiffslänge (Fig. 36).

Ein Schiff kann nun entweder von vorn herein für eine niedrigere Klasse gebaut werden, oder es hat ursprünglich eine höhere Klasse gehabt und nachdem die Platten zc. durch Rost und Abnutzung an Stärke verloren haben, wird dem Schiffe die ursprüngliche Klasse entzogen. Hier weichen die Vorschriften der einzelnen Gesellschaften wieder von einander ab. Beim Englischen Lloyd müssen beispielsweise alle Teile, welche $\frac{1}{4}$ ihrer ursprünglichen Stärke verloren haben, durch neue ersetzt werden, wenn das Schiff die Klasse behalten soll.

Außer den oben angegebenen Klassenzeichen giebt es nun noch eine Reihe anderer, von denen wir die hauptsächlichsten kurz anführen wollen.

Beim **Germanischen Lloyd** bedeutet:

L = Lange Fahrt mit einer Mindest-Größe von 200 Brutto-Reg.-Tons und Minimalklasse 90 A;

Atl = Atlantische Fahrt mit einer Mindest-Größe von 100 Brutto-Reg.-Tons und Minimalklasse 85 A;

K = Große Küstenfahrt;

k = Kleine Küstenfahrt;

[E] = Besondere Eisverstärkung im Bug.

Ferner ist noch zu bemerken, daß bei der Klasse 90 A die Platten zc. 5 % geringere Querschnitte haben, wie bei 100 A.

Bei 80 A ist der Querschnitt 10 % geringer wie bei 100 A.

Bei der letzten Klasse, welche oben nicht mehr verzeichnet ist, 70 A, ist der Querschnitt 15 % geringer, wie bei 100 A.

Beim **Bureau Veritas** bedeutet:

L Lange Fahrten; Mindest-Größe 250 Reg.-Tons.

A Atlantische Fahrten; Mindest-Größe 100 Reg.-Tons.

G Große Küstenfahrt; Mindest-Größe 70 Reg.-Tons.

P Kleine Küstenfahrt.

Soll ein Dampfer das Zeichen L haben, so muß er mindestens zu 1250 Brutto-Reg.-Tons vermessen sein.

Bei allen drei Gesellschaften bedeutet ein ∇ , daß das betreffende Schiff unter besonderer Aufsicht des Experten der Klassifikations-Gesellschaft erbaut ist.

Demgemäß bedeutet: ∇ 100 A ein eisernes oder stählernes Schiff, welches die höchste Klasse des Germanischen Lloyd besitzt und unter besonderer Aufsicht desselben erbaut ist.

Der Vollständigkeit halber sollen hier noch die Klassenzeichen für **hölzerne Schiffe** folgen:

	Germanischer Lloyd	Englischer Lloyd	Bureau Veritas
I. Klasse	A 1	A 1	$\frac{3}{8}$ 1 1
	A	A 1*	$\frac{5}{6}$ 1 1
II. Klasse	B 1	Æ 1	$\frac{5}{6}$ 2 1
	B		$\frac{3}{4}$ 2 1
III. Klasse	C L	E 1	$\frac{2}{3}$ 3 2
	C K		$\frac{1}{2}$ 3 2

Wie man sieht, werden die hölzernen Schiffe auch in drei Kategorien eingeteilt und es heißt in den Vorschriften des Englischen Lloyd:

A 1 sind solche Schiffe, welche jede Art von Ladung nach allen Ländern führen dürfen.

A 1* sind solche Schiffe, welche dieses auch dürfen, indessen den A 1-Schiffen nicht gleichwertig erachtet werden, sei es wegen ihres Alters oder aus andern Ursachen.

Æ 1 sind Schiffe, welche zwar alle Ladungen führen dürfen, jedoch nur auf kurzen Reisen.

E 1 sind Schiffe, welche nur noch solche Ladungen führen dürfen, die dem Verderb durch Seewasser nicht ausgesetzt sind.

Zum Schluß sind noch die Bedingungen der drei verschiedenen Gesellschaften in Bezug auf die speziellen Besichtigungen, welchen ein Schiff sich unterwerfen muß, wenn es nicht seine Klasse verlieren will, hier wiedergegeben; die Bedingungen sind den Vorschriften der betreffenden Gesellschaften entnommen.

I. Germanischer Lloyd.

Spezielle periodische Besichtigungen.

Zur Aufrechterhaltung der ihnen ursprünglich zuerteilten Klasse sind eiserne und stählerne Schiffe nachstehenden speziellen Besichtigungen Nr. 1, 2 und 3 in Perioden zu unterziehen, deren Dauer je nach der Stärke und Solidität der Schiffe und der denselben erteilten Klasse, bezw. nach Vereinbarung bestimmt wird. Dieselben sind entweder im Trocken- oder Schwimmdock, auf einem Helgen oder Koft vorzunehmen, und die Schiffe dabei so hoch zu stapeln, daß der Kiel und die Bodenplatten genau untersucht werden können.

Bei Schiffen, welche mit Doppelboden versehen sind, ist bei den Besichtigungen 1, 2 und 3, mindestens aber alle vier Jahre

* Dasselbe Zeichen A 1, aber in roter Schrift.

einmal, die darauf ruhende Wegerung aufzunehmen und der Doppelboden in Gegenwart des Besichtigers mit einer Wasserfäule gleich der Höhe der Tiefsladelinie in allen seinen Abteilungen auf Dichtigkeit zu prüfen. Erhöhte Wasserballast-Tanks sind ebenfalls mit einer Wasserfäule gleich der Höhe der geladenen Wasserlinie auf Dichtigkeit zu prüfen.

Vorbereitungen zu Nr. 1. Die Füllungen der Wasserläufe neben dem Mittelkielschwein und außerdem ein vollständiger Gang der Bodenwegerung sind auf jeder Seite des Schiffes und in jeder wasserdichten Abteilung desselben in ihrer ganzen Länge loszunehmen, damit die innere Fläche der Bodenplatten untersucht werden kann.* Die Kohlenbunker sind möglichst vollständig von Kohlen zu entleeren und wenigstens ein Gang der darin etwa vorhandenen Wegerung loszunehmen.

Vorbereitungen zu Nr. 2. Die Füllungen der Wasserläufe neben dem Mittelkielschwein und zwei bis drei Gänge der Bodenwegerung sind auf jeder Seite des Schiffes und in jeder wasserdichten Abteilung desselben in ihrer ganzen Länge loszunehmen.* Die Kohlenbunker sind vollständig zu entleeren und wenigstens zwei Gänge der darin etwa vorhandenen Wegerung loszunehmen.

Vorbereitungen zu Nr. 3. Die Laderäume und Kohlenbunker müssen gänzlich geleert werden, damit das Schiff in allen seinen Teilen zugänglich ist. Die dichte Wegerung im Raum ist mindestens zur Hälfte, auf Verlangen des Besichtigers auch vollständig loszunehmen, damit die inneren Flächen des Kiels und der Außenhaut gründlich untersucht werden können.*

Der Rost ist von der äußeren und inneren Fläche der Außenhaut, den Bodenwangen, Spanten und Gegenpanzen, den Balken, Kielschweinen, Stringern, Maschinen- und Kesselträgern,** den wasserdichten Schotten u. s. w. und dem Ruder durch Schrapen und Klopfen zu entfernen, so daß überall das blanke Metall freigelegt wird.

Die Wassergänge und Schandekel, wenn von Holz, sind, wo immer es den Besichtigern zweckmäßig erscheint, rein zu schrapen.

Besichtigung Nr. 1 und 2. Das Schiff ist in allen seinen Teilen, innen und außen, einer sorgfältigen Besichtigung zu unterziehen. Sollte die Außenhaut an irgend welchen Stellen in auffallendem Maße durch Rost gelitten haben, so sind die Besichtigter berechtigt, sich durch Bohren einiger Löcher von der Dicke der Platten

* Die Wegerung ist bei jeder dieser Besichtigungen möglichst an einer anderen Stelle aufzunehmen als bei der vorhergegangenen. — Sind die Bodenplatten mit Cement oder Asphalt belegt, so ist dessen Beschaffenheit durch Klopfen und Stemmen zu erproben; ist derselbe gut erhalten und haftet er gut am Eisen, so kann von seiner Entfernung Abstand genommen werden. Wenn die Bodenplatten eines Schiffes mit Cement oder Asphalt belegt werden sollen, so ist stets die Beschaffenheit derselben vorher durch eine Besichtigung seitens eines Besichtigers des G. L. festzustellen.

** So oft die Kessel behufs einer Reparatur herausgenommen werden, sind die darunter befindlichen Teile des Schiffes einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen.

zu überzeugen, nachdem zuvor der Rost an den betreffenden Stellen durch Klopfen und Schrapen, innen und außen, vollständig entfernt worden ist.

Besichtigung Nr. 3. Der Besichtigter hat, falls er es für erforderlich erachtet, zur Feststellung der Dicke der Platten an verschiedenen, von ihm näher zu bezeichnenden Stellen Löcher durch die Außenhaut und die Decks bohren zu lassen und darauf das Schiff in allen seinen Teilen auf das Sorgfältigste zu untersuchen.

Alle diejenigen Teile, welche so abgenutzt erscheinen, daß sie die Stärke und Sicherheit des Schiffes gefährden können, oder welche nur noch $\frac{3}{4}$ der ihrer Klasse nach den Bauvorschriften entsprechenden Dicke bewahrt haben, sind zu entfernen und durch Materialien von der ursprünglichen Stärke und guter Qualität zu ersetzen.

Dasselbe gilt vom Deck, den Wassergängen und deren Befestigungen.

Das obere Deck ist zu erneuern, sobald dessen Dicke durch Abnutzung

von 100 auf	75 mm
"	90 " 70 "
"	75 " 65 "

verringert worden ist.

Allgemeine Bemerkungen zu den speziellen Besichtigungen Nr. 1, 2 und 3.

Mit besonderer Aufmerksamkeit haben die Besichtigter stets die Beschaffenheit der Außenhaut und besonders der Scheergänge, namentlich bei verhältnismäßig langen, niedrigen Schiffen zu prüfen. Finden sich dabei irgend welche Anzeichen von Lockerwerden des Verbandes, der Stöße und Nieten, so haben sie ungesäumt auf eine Reparatur bezw. Verstärkung dieser Teile zu dringen. Dasselbe gilt für die Beplattung in der Kimm, sowie in der Nähe der Schraubenwellen bei Schraubendampfern.

Bei jeder Spezial-Besichtigung sind außerdem noch die Masten und die ganze Ausrüstung, namentlich aber Pumpen, Ruder, Spill, Boote, Anker und Ketten einer genauen Prüfung zu unterziehen und letztere zu diesem Zweck bei jeder zweiten Spezial-Besichtigung, mindestens aber alle acht Jahre einmal, so auf Deck auszubreiten, daß sie in ihrer ganzen Länge besichtigt werden können.

Auch hat der Besichtigter sich zu vergewissern, daß die sonstige Ausrüstung des Schiffes den bezüglichlichen Bestimmungen des Reglements nach Qualität und Quantität entspricht.

Die Anker und Ankerketten sind ganz oder teilweise zu erneuern, sobald ihr ursprünglicher Querschnitt um 20 % verringert ist.

Alle Mängel, die sich bei einer Besichtigung herausstellen, sind zu beseitigen.

Zu Betreff der Reihenfolge und Wiederholung dieser Spezial-Besichtigungen sind nachstehende Bestimmungen zu beobachten:

Schiffe der Klassen 100 bis 90 A inkl. sind, abgesehen von anderen Vereinbarungen, denselben in Perioden von je vier Jahren zu unterwerfen, und zwar in steter Reihenfolge von Nr. 1, 2 und 3, 1, 2 und 3 u. s. w. so lange, bis das Schiff wegen Abnutzung des Materials oder wegen anderer Mängel in eine niedrigere Klasse versetzt wird.

Schiffe der Klassen 85 bis 80 A inkl. sind, abgesehen von anderen Vereinbarungen, denselben in Perioden von je drei Jahren zu unterwerfen, und zwar in steter Reihenfolge von Nr. 1, 2 und 3, 1, 2 und 3 u. s. w.

Schiffe der Klassen 75 bis 70 A sind, abgesehen von anderen Vereinbarungen, in Perioden von je zwei Jahren diesen Besichtigungen zu unterwerfen, und zwar in der Reihenfolge von Nr. 1, 2 und 1, 3 — 1, 2 und 1, 3 u. s. w.

Im Register werden die Spezial-Besichtigungen bezeichnet mit sp. V. 1, 2 und 3 unter gleichzeitiger Angabe des Ortes und des Datums, wo und wann sie stattgefunden haben.

Der Beginn einer neuen Wiederbesichtigungs-Periode von vier bzw. drei und zwei Jahren ist stets von dem Tage der letzten nach dem Reglement fälligen speziellen Besichtigung (1, 2 und 3) ab zu datieren.

Erfolgt eine spezielle Besichtigung Nr. 3 wegen einer größeren Gavarie, einer bedeutenden Reparatur oder aus irgend einem anderen Grunde vor Ablauf dieser Zeit, so beginnt von dem Datum derselben ein neuer Turnus der speziellen Besichtigungen 1, 2 und 3 in der vorstehend vorgeschriebenen Reihenfolge.

Bei Dampfschiffen sind in Gemäßheit des dafür bestehenden Reglements auch deren Maschinen und Kessel möglichst bei einer jeden dieser Spezial-Besichtigungen, mindestens aber alle vier Jahre einmal, durch einen Maschinen-Inspektor des G. L. einer speziellen Besichtigung zu unterziehen.

Die Besichtigter haben in Voraussicht der Spezial-Besichtigung jede Gelegenheit, welche sich ihnen bei Reparaturen und Umänderungen, sowie bei dem Reinigen des Schiffsbodens darbietet, zur Besichtigung der dabei zugänglich werdenden, für gewöhnlich verdeckten Teile des Schiffes zu benutzen, um den Reedern so viel als möglich Kosten und Weitläufigkeiten zu sparen.

Hat eine derartige Besichtigung innerhalb eines Zeitraums von 12 Monaten vor der zunächst fällig werdenden Spezial-Besichtigung

stattgefunden, so kann bei dieser von einer wiederholten Prüfung der bereits vorher besichtigten Teile Abstand genommen werden.

Ebenso kann auch ausnahmsweise bei einer Spezial-Besichtigung von einer Besichtigung einzelner für gewöhnlich verdeckter Teile Abstand genommen werden, wenn kein Zweifel über die gute Beschaffenheit der betreffenden Teile besteht und der Reeder sich verpflichtet, dieselben vor Ablauf von 12 Monaten von einem Besichtigter des G. L. besichtigen zu lassen.

Die Besichtigter haben in solchen Fällen den Reedern und dem Vorstände schriftliche Anzeige davon zu machen, welche Teile des Schiffes einer speziellen Besichtigung bedürfen.

Boden-Besichtigungen.

Der Boden eiserner und stählerner Schiffe ist nach jeder längeren Reise, mindestens aber alle zwei Jahre einmal, zu besichtigen.

Passagierdampfer sind alle Jahre einmal im Boden zu besichtigen.

Eine Bodenbesichtigung wird im Register mit *bv* unter Angabe des Ortes und des Datums verzeichnet.

II. Englischer Lloyd.

Spezielle periodische Besichtigungen.

(NB. Die folgenden Anforderungen sind von Zeit zu Zeit Änderungen und Zusätzen nach Beschluß des Komitees unterworfen.)

Eisen- und Stahlschiffe erhalten die Klasse A mit einer Zahl davor, so lange sie auf Grund sorgfältiger jährlicher und der zu bestimmten Zeiten eintretenden Spezial-Besichtigungen für tauglich befunden werden, trockene und leicht vergängliche Ladungen nach und von allen Teilen der Welt zu befördern.

Eisen- und Stahlschiffe sind den folgenden Spezial-Besichtigungen, nämlich Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 3, unterworfen, um die ihnen verliehene Klasse im Registerbuche beibehalten zu können.

Schiffe, welche von 100 A bis 90 A inkl. und solche die A und ^A
A klassifiziert sind, sind diesen Besichtigungen in den nachstehenden ^B
Zeiträumen zu unterwerfen, nämlich wenn die Schiffe vier, acht und zwölf Jahre alt sind, und weiter in gleichen Zeiträumen vom Datum der durchgeführten Besichtigung Nr. 3. Siehe die Bemerkung a auf Seite 348.

In jedem Falle ist das Datum der Erbauung eines Schiffes vom letzten Datum der Eintragungs-Besichtigung zu rechnen, wenn solche Besichtigung innerhalb sechs Monaten vom Datum des Stapellaufes gehalten ist; wenn jedoch die letzte Eintragungs-Besichtigung nicht innerhalb dieser Zeitdauer gehalten ist, so ist als Datum der

Erbauung der sechste Monat nach dem Stapellaufe anzusehen. Das Datum der Fälligkeit der betreffenden Spezial-Besichtigung ist vom Datum der Erbauung an zu rechnen, wie oben beschrieben, oder von dem Datum der letzten Besichtigung Nr. 3.

Entsprechend müssen eiserne Schiffe, welche 85 A und darunter, A, und stählerne Schiffe, die A für besondere Zwecke klassifiziert sind, alle drei Jahre einer Spezial-Besichtigung unterzogen werden, zunächst nach Nr. 1, 2 und 3, und später wieder in derselben Reihenfolge.

In einzelnen Fällen, in welchen es den Schiffseigentümern so konvenieren sollte, können die Spezial-Besichtigungen Nr. 1 und 2 jeder Zeit innerhalb zwölf Monaten vor Ablauf ihrer Fälligkeit ausgeführt werden, und kann Spezial-Besichtigung Nr. 3 jeder Zeit vor Ablauf des Datums, zu welchem diese fällig wird, ausgeführt werden. Siehe unten die Bemerkung a.

Wenn ein Schiff nach Ablauf des für die Besichtigungen vorgeschriebenen Zeitraumes in einem englischen Hafen weilt und England verläßt, bevor es der fälligen Spezial-Besichtigung unterzogen worden ist, dann wird neben seinem Namen im Registerbuche bei der Klasse das Wort „Expired“ (erloschen) eingeschaltet und wird einem Schiffe auf keinen Fall erlaubt, die Klasse beizubehalten, wenn es nicht innerhalb zwölf Monaten vom Datum der Fälligkeit allen Anforderungen der notwendigen Besichtigung unterzogen worden ist.

Schiffe, welche den vorstehend bezeichneten Besichtigungen unterworfen worden sind, erhalten im Registerbuche den Vermerk: s. s. Nr. 1—94, s. s. Nr. 2—94, s. s. Nr. 3—94, wodurch die betreffende Spezial-Besichtigung und deren Datum bezeichnet wird.

Die Maschinen und Kessel der Dampfschiffe sind bei jeder dieser Spezial-Besichtigungen durch Maschinen-Experten in Bezug auf ihre Sicherheit und geeigneten Zustand zu untersuchen und haben die Experten über diese Teile an das Komitee zu berichten, mit Ausnahme derjenigen Fälle, in welchen die Maschinen und Kessel bereits während der vorausgegangenen zwölf Monate einer Spezial-Besichtigung unterworfen wurden.

Wenn die Maschinen oder Kessel aus dem Schiffe genommen werden, dann sind die Träger nebst Bodenwangenplatten, Kiel-schweinen, Rieten u. unter denselben zu besichtigen; und in allen Fällen, wenn die Bodenbeplattung mit Cement belegt werden soll, muß eine Besichtigung derselben stattfinden, ehe Cement gelegt wird.

a Sollte ein Schiff zu irgend einer Zeit der Spezial-Besichtigung Nr. 3 unterzogen worden sein, ehe es zwölf Jahre alt ist, dann können die späteren Spezial-Besichtigungen vom Datum der Vollendung dieser Spezial-Besichtigung Nr. 3 an, nach einander Nr. 1, 2 und 3 erfolgen.

*Spezial-Besichtigung Nr. 1.

1. Das Schiff ist in einem Trockendock auf Stapelflöße von hinreichender Höhe oder auf den Helgen zu stellen, passende Stellagen sind zu machen und die Räume sowie die Piefs auszuräumen; die Füllungen und Wegerung, mindestens zwei Gänge (+) längsschiffs auf jeder Seite, sind aufzunehmen, wovon ein Gang in der Kimm. Bei stählernen Schiffen, bei welchen die Wegerung im flachen Teil des Bodens in Luken gelegt ist, sind sämtliche Luken und ein Gang von der Wegerung in der Kimm aufzunehmen (h) und sind in Stahl- und Eisenschiffen beide Oberflächen der Seitenbeplattung bloßzulegen (c) und wo notwendig zu reinigen und zu malen.

2. Die Kohlenbunker sind zu entleeren zwecks Besichtigung und die Wegerung wie in den Räumen aufzunehmen.

3. Die Masten, Stengen, Raan und die allgemeine Ausrüstung müssen sich in gutem und zweckdienlichen Zustande befinden.

4. Falls das Schiff einen doppelten Boden hat, muß die Wegerung auf demselben abgenommen werden und die Dichtigkeit der Tanks durch Wasserdruck bis zur Höhe der leichten Wasserlinie geprüft werden. Wo tiefe Wasser-Ballasttanks angebracht sind, ist ihre Dichtigkeit durch eine Wasser säule von mindestens acht Fuß über der Tankdecke zu prüfen.

5. Oberdecks sind zu erneuern, wenn ihre Stärke folgendermaßen abgenommen hat: Wenn Decks von ursprünglich 4 Zoll, $3\frac{1}{2}$ Zoll und 3 Zoll Stärke bis auf 3 Zoll resp. $2\frac{3}{4}$ Zoll und $2\frac{1}{2}$ Zoll Stärke abgenutzt sind, es sei denn, daß der allgemeine Zustand der Decks trotz der verminderten Stärke sich als gut erweist, in welchem Falle das Komitee auf Wunsch nach Unterbreitung der Thatsachen eine Entscheidung trifft.

6. Anmerkung. Bei der auf Spezial-Besichtigung Nr. 3 folgenden Spezial-Besichtigung Nr. 1 sind die Ketten zwecks Revision aufzuschließen. Ketten sind zu erneuern, wenn solche von $\frac{2}{16}$ Zoll bis $\frac{4}{16}$ Zoll entsprechend ihrer Originalstärke abgenutzt sind.

7. Bei Dampfschiffen müssen die Maschinen und Kessel besichtigt und von den Maschinen-Experten der Gesellschaft muß berichtet werden, daß sich dieselben in gutem und zweckdienlichen Zustande befinden.

8. Das Dampfsteuer nebst Zubehör ist zu besichtigen.

*Spezial-Besichtigung Nr. 2.

1. Das Schiff ist in einem Trockendock auf Stapelflöße von hinreichender Höhe oder auf den Helgen zu stellen, passende Stellagen sind zu machen und die Räume sowie die Piefs auszuräumen; die Füllungen und Wegerung mindestens zwei Gänge (+) längsschiffs auf jeder Seite sind aufzunehmen, wovon ein Gang in der Kimm.

Bei stählernen Schiffen, bei welchen die Wegerung im flachen Teil des Bodens in Luken gelegt ist, sind sämtliche Luken und ein Gang von der Wegerung in der Kimm aufzunehmen (b) und sind in Stahl- und Eisenschiffen beide Oberflächen der Seitenbeplattung bloßzulegen (c) und wo notwendig zu reinigen und zu malen.

2. Die Kohlenbunker sind zu entleeren zwecks Besichtigung und die Wegerung wie in den Räumen aufzunehmen.

3. Das Ankerspill ist bei dieser und allen weiteren wechselweise einander folgenden Spezial-Besichtigungen auseinander zu nehmen und seine Holzbekleidung hinreichend für die Untersuchung zu entfernen. Die Ankerketten sind ebenfalls aufzuschließen zwecks Besichtigung bei dieser und allen folgenden Spezial-Besichtigungen. Ankerketten sind zu erneuern, wenn solche von $\frac{2}{16}$ Zoll bis $\frac{4}{16}$ Zoll entsprechend ihrer Originalstärke abgenutzt sind.

4. Die Masten, Stengen, Raaen und die allgemeine Ausrüstung müssen sich in gutem und zweckdienlichen Zustande befinden.

5. Falls das Schiff einen doppelten Boden hat, muß die Wegerung auf denselben abgenommen werden und die Dichtigkeit der Tanks durch Wasserdruck bis zur Höhe der leichten Wasserlinie geprüft werden. Wo tiefe Wasser-Ballasttanks angebracht sind, ist ihre Dichtigkeit durch eine Wassersäule von mindestens acht Fuß über der Tankdecke zu prüfen.

6. Hat ein Schiff der Besichtigung Nr. 3 bereits einmal genügt und wird der für Nr. 2 vorgeschriebenen Besichtigung unterzogen, dann ist die Wegerung und das Garnier auch in anderen Teilen des Schiffes, wo es von den Besichtigern für nötig befunden wird, aufzunehmen, um es letzteren möglich zu machen, sich über die Beschaffenheit des Schiffes befriedigende Gewißheit zu verschaffen.

7. Oberdecks sind zu erneuern, wenn ihre Stärke folgendermaßen abgenommen hat: Wenn Decks von ursprünglich 4 Zoll, $3\frac{1}{2}$ Zoll und 3 Zoll Stärke bis auf 3 Zoll resp. $2\frac{3}{4}$ Zoll und $2\frac{1}{2}$ Zoll Stärke abgenutzt sind, es sei denn, daß der allgemeine Zustand der Decks trotz der verminderten Stärke sich als gut erweist, in welchem Falle das Komitee auf Wunsch nach Unterbreitung der Thatsachen eine Entscheidung trifft.

8. Bei Dampfschiffen müssen die Maschinen und Kessel besichtigt und von den Maschinen-Experten der Gesellschaft muß berichtet werden, daß sich dieselben in gutem und zweckdienlichen Zustande befinden.

9. Das Dampfsteuer nebst Zubehör ist zu besichtigen.

*Spezial-Besichtigung Nr. 3.

1. Dieselbe ist durch zwei Besichtigter vorzunehmen, von welchen der eine ein Expert der Gesellschaft sein muß. — Das Schiff ist in einem Trockendock auf Stapelflöhe von hinreichender Höhe, oder auf

den Helgen zu stellen; genügende Stellagen sind anzubringen, die Räume und Rieks sind auszuräumen, das ganze dichtliegende Garnier ist aufzunehmen, damit Riete, Rielplatten und die Bodenbeplattung genau untersucht werden können; bei Dampfschiffen sind die Kohlenbunker zu entleeren und sämtliche Spanten, Stringer, Bugbänder, Bodenwrangen, Rielschweine, Maschinen und Kesselträger, Balkenenden, wasserdichten Schotte, Riete und die ganze innere Oberfläche der Beplattung sind bloßzulegen und wo Seitenlichter angebracht sind, ist der Zustand der Platten unter denselben festzustellen. Jede Drydierung (Rost) ist durch Schrapen oder Klopfen von den obengenannten Theilen zu entfernen, wie auch von der Außenbeplattung, den Rieten, dem Riel, Vor- und Hintersteben und dem Ruder; Schandekel und Wassergänge müssen, wenn sie von Holz sind, blank geschrappt werden. Wenn das Schiff derartig vorbereitet ist, haben die Besichtigter die Stärke der Platten zu ermitteln (c) indem sie, wo sie es für nötig erachten, die Platten durchbohren lassen und haben sie eine ausführliche Aufstellung der Stärken ihrem Bericht beizufügen.

2. Solche Teile, welche schadhast befunden werden, oder bedeutend von der vorgeschriebenen Stärke verloren haben, müssen entfernt und durch andere von der Stärke und Güte der ursprünglich zum Bau verwendeten ersetzt werden (d). Schandekel, Wassergang, Decksplanken und deren Befestigung sind ebenfalls zu untersuchen und wo es geboten erscheint, zu erneuern.

3. Bei allen Schiffen müssen sich die Masten, Stengen, Raaen sowie Rundhölzer in gutem und zweckdienlichen Zustande befinden. Die Verkeilungen sämtlicher Masten und des Bugspriets sind bei dieser und den späteren Spezialbesichtigungen zu entfernen; sollten die Platten von eisernen und stählernen Masten und des Bugspriets in Höhe der Decks gedoppelt sein, so sind die Verkeilungen nur bei Spezial-Besichtigung Nr. 3 zu entfernen. Eisene und stählerne Masten, Bugspriet und Raaen sind genau durch Klopfen zu prüfen

* Um Reeder ihre hierauf bezüglichen Anordnungen zu erleichtern, braucht nur ein Teil der Anforderungen vorstehender Spezialbesichtigungen ausgeführt zu sein, jedoch muß die Besichtigung innerhalb zwölf Monate vom Datum der Fälligkeit vollendet werden. In solchen Fällen haben die Besichtigter dem Reeder oder seinem Vertreter die nicht besichtigten Teile schriftlich aufzugeben und ein Gleiches dem Komitee zu berichten.

† Bei eisernen Schiffen ist nur ein Gang aufzunehmen erforderlich.

b Bei Schiffen mit Doppelung auf der Wegerung kann man, wenn eine Milderung der Vorschriften gewünscht wird, sich deswegen an das Komitee wenden.

c Wenn die innere Oberfläche der Bodenbeplattung mit Cement oder Asphalt belegt ist, kann dessen Begräumung erlassen werden, wenn der Überzug sorgfältig durch Klopfen oder Meißeln geprüft und gut und genügend dem Eisen anhaftend befunden worden ist.

d Wo die Verringerung der Materialstärken eine große Ausdehnung erlangt hat und es dem Reeder nicht ratsam erscheint, das Material durch neues zu ersetzen, wird, wenn ein detaillierter Bericht darüber von dem Bezirksbesichtigter erstattet wird, die Klasse des Schiffes nochmals von seiten des Komitees in Erwägung gezogen.

und sollten den Besichtigern die Platten irgendwo abgenutzt erscheinen dann ist die Stärke derselben durch Bohren zu ermitteln.

Anmerkung. — Die Masten, Stengen und Raaken sowie Rundhölzer sind auch bei anderen Gelegenheiten, als bei Spezial-Besichtigungen, wenn der Expert es für notwendig erachtet, einer Besichtigung unterworfen.

4. Falls das Schiff einen doppelten Boden hat, muß die Begerung auf demselben abgenommen werden und die Dichtigkeit der Tanks durch Wasserdruck bis zur Höhe der leichten Wasserlinie geprüft werden. Wo tiefe Wasser-Ballasttanks angebracht sind, ist ihre Dichtigkeit durch eine Wassersäule von mindestens acht Fuß über der Tankdecke zu prüfen.

5. Oberdecks sind zu erneuern, wenn ihre Stärke folgendermaßen abgenommen hat: Wenn Decks von ursprünglich 4 Zoll, $3\frac{1}{2}$ Zoll und 3 Zoll Stärke bis auf 3 Zoll resp. $2\frac{3}{4}$ und $2\frac{1}{2}$ Zoll Stärke abgenutzt sind, es sei denn, daß der allgemeine Zustand der Decks trotz der verminderten Stärke sich als gut erweist, in welchem Falls das Komitee auf Wunsch nach Unterbreitung der Thatsachen eine Entscheidung trifft.

6. Die Ketten sind zur Besichtigung aufzuschließen. Anker-Ketten sind zu erneuern, wenn solche von $\frac{7}{16}$ Zoll bis $\frac{4}{16}$ Zoll entsprechend ihrer Originalstärke abgenutzt sind.

7. Bei Dampfschiffen müssen die Maschinen und Kessel besichtigt und von den Maschinen-Experten der Gesellschaft muß berichtet werden, daß sich dieselben in gutem und zweckdienlichen Zustande befinden.

8. Das Dampfsteuer nebst Zubehör ist zu besichtigen.

Zweite Spezial-Besichtigung Nr. 3.

1. Das Schiff muß derselben Untersuchung unterworfen werden wie vorstehend für Nr. 3 Besichtigung beschrieben mit den folgenden Zusätzen: Die vorhandenen Materialstärken müssen festgestellt werden, die Außenbeplattung ist an solchen Stellen zu bohren, wo die Besichtigter es für nötig befinden, damit sie sich von der Stärke überzeugen; die Anzahl der gebohrten Löcher auf jeder Seite darf auf keinen Fall weniger betragen, als wie die Anzahl der uncementierten Plattengänge des Schiffes. Bei Dampfschiffen ist besonders sorgfältig die Ausdehnung der Verminderung von Materialstärken im Bereiche der Seitenbunker und der Kessel festzustellen. Außer dem Berichte über das Schiff ist dem Komitee eine Skizze zur Erwägung zu unterbreiten, welche die Stärke der gebohrten Platten veranschaulicht. Es ist nicht erforderlich, die Bodenbeplattung unter dem Cement zu bohren, wenn der Cement als genügend an der Beplattung haftend befunden wird und die Besichtigter die Bohrung für unnötig halten.

III. Bureau Veritas.

§ 1. Behufs Beibehaltung seiner Klasse muß das Schiff zu folgenden Zeiten einer Besichtigung durch einen Experten des Bureau Veritas unterworfen werden:

- Schiffe der I Abteilung alle vier Jahre;
- Schiffe der II Abteilung alle drei Jahre;
- Schiffe der III Abteilung alle drei Jahre.

§ 2. Mit dem Ablauf dieser Perioden wird dem Schiffe die Klasse entzogen, wenn es nicht der vorgeschriebenen Spezial-Besichtigung unterworfen wird.

Nach einer jeden solchen Besichtigung werden neue Certifikate ausgestellt.

Die Besichtigung kann auch vor dem Ablauf der obenerwähnten Perioden stattfinden.

§ 3. Alle stählernen oder eisernen Schiffe sollten einmal im Jahre oder möglichst bald nach Verlaufe dieses Zeitraumes im Trockendock besichtigt, und wenn nötig, gestrichen werden. Diese Besichtigung wird von dem Experten auf dem Klassifikations-Certifikate vermerkt und im Register und den Nachträgen aufgenommen.

§ 4. Wenn dem Schiffe die Klasse entzogen ist, wird solches in den Nachträgen oder im Register vermerkt.

Schiffe, deren Klasse erloschen ist, können im Register ohne Klasse weiter aufgeführt werden.

Allgemeines über periodische Besichtigungen.

§ 1. Folgendes sind die Haupterfordernisse für solche Besichtigung wie oben § 1, erwähnt:

Das Schiff muß in ein Trockendock oder auf einen Slip auf genügend hohen Blöcken geholt werden, und es sind Stellagen anzubringen, damit eine vollständige Besichtigung ausgeführt werden kann.

Die Räume und Decken müssen aufgeräumt werden, die Wegerung des Bodens ist aufzunehmen soviel wie vom Experten verlangt wird, desgl. sind Bohrungen vorzunehmen, wo es für nötig erachtet wird.

Nachdem alle Stahl- resp. Eisenteile außen sowohl wie innen gereinigt und vom Rost befreit sind, müssen sie mit Öl Farbe oder mit irgend einem sonstigen Schutzanstrich versehen werden.

Die Kohlenbunker sind zu leeren, die Wegerung ist aufzunehmen, und die Lager unter den Maschinen und Kesseln sind, soweit dies möglich ist, frei zu legen. Decks, Luken, Schotte, Piel, überhaupt jeder Teil des Schiffes, Masten, Raan, Takelage, Anker, Ketten und Inventar sind sorgfältig zu prüfen, und es ist darüber zu berichten.

Alle möglichen Reparaturen müssen zur vollen Zufriedenheit des Experten ausgeführt werden.

Alle Stahl- oder Eisenteile des Schiffes, sowie die hölzernen Decks, welche infolge von Abnutzung, Rost oder aus sonstigen Ursachen gelitten haben und die bei der Prüfung durch Bohren oder in anderer Weise weniger als $\frac{3}{4}$ der nach den Tabellen für ein neues Schiff gleicher Größe vorgeschriebenen Stärke besitzen, müssen entfernt und durch neue Teile von vorgeschriebener Qualität und Stärke ersetzt werden.

Anker, Ketten, Tafelage zc. sind zu erneuern, wenn deren Gewicht oder Querschnitt auf 75 % des vorschriftsmäßigen Wertes reduziert ist.

Die Doppelböden-Abteilungen sind für die innere Besichtigung dem Experten zu öffnen und zu reinigen; die gesamte Wegerung im Bereiche derselben ist zu entfernen und jede Abteilung ist für sich mit dem Druck einer Wassersäule, deren Höhe gleich dem Tiefgang des Schiffes ist, zu probieren.

Niel- und hohe Raumtanks sind in gleicher Weise zu prüfen; keinesfalls darf die Höhe der Wassersäule weniger als 2.40 Meter (8 Fuß engl.) oberhalb der Tankdecke betragen.

Alle sich ergebenden Mängel sind nach Anordnung des Experten und zu seiner Zufriedenheit zu beseitigen.

Die Steuer-Vorrichtung, sowie alle Teile des Ruders und der Steuer-Leitung sind bloßzulegen, so daß eine vollständige und eingehende Besichtigung ermöglicht wird. Wenn der Expert es für nötig erachtet, so ist das Ruder zu heben.

Die gesamte Wegerung ist bei Schiffen der ersten Division wenigstens alle zwölf Jahre einmal, bei Schiffen der zweiten und dritten Division wenigstens alle neun Jahre einmal aufzunehmen, um die Beschaffenheit der Stahl- oder Eisenteile des Bodens, des Cements zc. im Innern festzustellen; in besonderen Fällen aber kann dies auf Verzicht der Experten hin mit Genehmigung der Verwaltung aufgeschoben werden.

§ 2. Jedes stählerne resp. eiserne Schiff ist zur Untersuchung des Bodens einmal im Jahre, oder innerhalb eines dem möglichst nahen Zeitraumes, trocken zu legen, und, wenn der Expert es für erforderlich hält, mit einem guten Farbenanstrich zu versehen.

§ 3. Es steht dem Experten jederzeit frei, das Schiff, die Maschine und die Kessel zu besichtigen.

§ 4. Bei Unterlassung der oben angegebenen Unterhaltungsmaßregeln kann dem Schiffe die Klasse entzogen werden.

§ 5. Wenn die Kessel eines Dampfschiffes, oder dessen Schraube oder Schraubenwelle entfernt oder erneuert, sowie wenn an einzelnen Schiffsz- oder Maschinenteilen wesentliche Reparaturen vorgenommen werden, so ist der betreffende Expert des Bureau Veritas davon in Kenntnis zu setzen.

Schraubendampfer müssen wenigstens einmal alle zwei Jahre die Schraube losnehmen und die Schraubenwelle einer Inspektion

unterwerfen lassen, aber auf besonderen Wunsch der Reeder werden Ausnahmefälle möglichst berücksichtigt.

§ 6. Geht ein Schiff in eine geringere Abteilung über, als die ihm ursprünglich erteilt, so ist es den periodischen Besichtigungen zu unterziehen, welche für die später erhaltene Abteilung vorgeschrieben sind.

§ 7. Es darf am Rumpfe eines Schiffes, dessen Klasse noch läuft, keine Aenderung ohne Genehmigung des Bureau Veritas vorgenommen werden; andernfalls kann die Klasse entzogen werden.

Der Expert hat die Ausführung solcher von der Verwaltung genehmigten Aenderungen zu beaufsichtigen und das Certificat daraufhin zu visieren.

§ 8. Da im Falle der Havarie oder Strandung das Certificat infolge des dem Schiffe zugestoßenen Unfalles seinen Wert verliert, so hat der Reeder oder dessen Vertreter einen Experten der Verwaltung herbeizurufen, welcher eine Besichtigung des Schiffes vorzunehmen hat. Die Aufforderung muß dem Experten rechtzeitig genug zugestellt werden, so daß derselbe imstande ist, den Umfang der vorzunehmenden Reparaturen festzustellen, welche dann unter seiner Aufsicht und zu seiner Zufriedenheit ausgeführt werden müssen. Sind die Reparaturen in der oben angegebenen Weise beendet, so wird das Certificat visiert, wodurch dasselbe seinen ursprünglichen Wert wieder erlangt. Falls das Schiff in einen Hafen eingelaufen ist, in welchem, bezw. in dessen Nähe das Bureau Veritas nicht durch einen Experten vertreten ist, so hat der Kapitän einen seitens einer Behörde bestätigten Besichtigungs-Bericht der Verwaltung einzusenden, und sein Schiff dann im nächsten Hafen, in welchem es einläuft und woselbst das Bureau Veritas durch einen Experten vertreten ist, von diesem besichtigen zu lassen.

Werden diese Bedingungen nicht erfüllt, so wird dem Schiffe die Klasse entzogen.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Anhang C. Englische Fuß und Meter.

Engl. Fuß	A. Englische Fuß in Meter									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	0,000	0,305	0,610	0,914	1,219	1,524	1,829	2,134	2,438	2,743
10	3,048	3,353	3,658	3,962	4,267	4,572	4,877	5,182	5,486	5,791
20	6,096	6,401	6,705	7,010	7,315	7,620	7,925	8,229	8,534	8,839
30	9,144	9,449	9,753	10,058	10,363	10,668	10,973	11,277	11,582	11,887
40	12,192	12,497	12,801	13,106	13,411	13,716	14,021	14,325	14,630	14,935
50	15,240	15,545	15,849	16,154	16,459	16,764	17,068	17,373	17,678	17,983
60	18,288	18,592	18,897	19,202	19,507	19,812	20,116	20,421	20,726	21,031
70	21,336	21,640	21,945	22,250	22,555	22,860	23,164	23,469	23,774	24,079
80	24,384	24,688	24,993	25,298	25,603	25,908	26,212	26,517	26,822	27,127
90	27,432	27,736	28,041	28,346	28,651	28,955	29,260	29,565	29,870	30,175

Meter	B. Meter in englische Fuß									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	0,000	3,281	6,562	9,843	13,124	16,404	19,685	22,966	26,247	29,528
10	32,809	36,090	39,371	42,652	45,933	49,213	52,494	55,775	59,056	62,337
20	65,618	68,899	72,180	75,461	78,742	82,022	85,303	88,584	91,865	95,146
30	98,427	101,708	104,989	108,270	111,551	114,831	118,112	121,393	124,674	127,955
40	131,236	134,517	137,798	141,079	144,360	147,640	150,921	154,202	157,483	160,764
50	164,045	167,326	170,607	173,888	177,169	180,449	183,730	187,011	190,292	193,573
60	196,854	200,135	203,416	206,697	209,978	213,258	216,539	219,820	223,101	226,382
70	229,663	232,944	236,225	239,506	242,787	246,067	249,348	252,629	255,910	259,191
80	262,472	265,753	269,034	272,315	275,596	278,876	282,157	285,438	288,719	292,000
90	295,281	298,562	301,843	305,124	308,405	311,685	314,966	318,247	321,528	324,809

Alphabetisches Inhalts-Verzeichnis.

(Die eingeklammerten Wörter sind die englische Bezeichnung.)

A.

Abmessungen — Querschnitte — Profile (Scantlings — Sections — Profiles) 63—75, 100—105;

Abzüge und Reduktionen in den Abmessungen, 76—78.

Abtrieb (Leeway) 221.

Arbeiten, d. i. Verhalten eines Schiffes auf See (Behaviour) und Wirkung von Kimmzielen auf dasselbe, 155, 169;

Änderung im Verhalten eines Schiffes während der Reise, 167; Einfluß der verschiedenen Belastung in der Längsrichtung auf dasselbe, 169; desgl. in der Querrichtung, 167; Wirkung der metacentrischen Höhe, 168.

Atmosphärischer Druck (Atmospheric pressure), 27.

Auftrieb (Buoyancy), 20, 116; durch die Ladung, 209; Mittelpunkt des Auftriebs d. i. Deplacmentschwerpunkt, 24, 25, 29; Kurven der Deplacmentschwerpunkte, 32; Wirkung der Balkenbucht auf den Auftrieb, 39; Wirkung des Eintritts von Wasser auf den Auftrieb, 37; Wirkung von Längschotten, 210; Reserve-Auftrieb 28.

Auftriebskeile (Wedges of buoyancy), 34—37.

Auftriebskräfte (Forces of buoyancy) im Seegang, 157—163.

B.

Balken (Beams), 53, 76, 93; Ersatz für, 54; Ersatz für — im Maschinen- und Kesselraum, 78.

Balkenbucht (Camber, round of beam), 39.

Balkenknie (Beamknees), 53, 54.

Ballast (Ballast), Menge und Anordnung desselben, 171—191; Mittel, um das Übergehen zu verhüten, 174; Geringster Tiefgang in Ballast, 186; Prüfung der Ballasttanks, 39; Wasserballast, 175—191.

Berechnungen (Calculations), 281, 311.

Besichtigungen, periodische (Periodical surveys), 243.

Bodenwangen (Floors), 53; Tiefe der, 53, 84, 89; Tiefe der — unter Maschinen und Kesseln, 79.

Breite (Breadth), 61; Konstruktionsbreite (Breadth moulded), 61.

Brücke, Brückenhäus (Bridge), 60, 78.

Bugband (Breasthook), 93.

C.

Cementieren, mit Cementslösung bestreichen, (Cement washing), 78.

Centrifugalkraft (Centrifugalforce), 160.

Cylinder (Cylinder), Stabilität der, 125.

D.

Deck-Aufbauten (Deck erections), Wert derselben, 29.

Deck aus Stahl (Steel deck), 77.

Deckbelastung (Deck weights), Mittel, um das Deck zu stützen, 94.

Deckladung (Deck cargo), 48, 94.

Deplacement (Displacement), Definition des Deplacements, 1; Deplacementskurve und Konstruktion derselben, 3—5; Deplacementskala, 6; Koeffizient des Deplacements, 11.
 Deplacementschwerpunkt (Centre of buoyancy), 24, 25, 29; Kurven der Deplacementschwerpunkte, 32.
 Diamantplatte (Diamondplate), 55.
 Dichtungswinkel (Collars), 110.
 Doppelboden (Double bottom), 83, 175.
 Doppelschrauben (Twin - screws), Mittel, die Wellen der — zu stützen, 82—92.
 Druckschwerpunkt d. i. Segel-Systemschwerpunkt (Centre of effort), 221.

G.

Eingeholte (Tumble home) Schiffsseiten, 123, 149.
 Eingehobene (Intercostal) Platten, 80, 82.
 Erhöhtes Quarterdeck (Raised quarterdeck), 97, 98.
 Erjaß (Compensation) für Raumbalken, 54.

F.

Freibord (Freebord), 7; Beispiele von Freibords = Berechnung, 273 bis 277; Korrekturen für Balkenbucht, 269; dito für Deckaufbauten, 269; dito für Länge, 267; dito für Sprung, 267; Definition des Freibords, 262.
 Fuß in Meter, Verwandlung von, 356.
 Fußtonne (Foot-ton) — —, 13, 115.

G.

Gegenpanzen (Reverse frames), 52; Höhe der, 76.
 Gegenwinkel (Lug piece), 59.
 Gewicht (Weight) und Auftrieb (Bouyancy), Beziehung zwischen, 41; Ungleiche Gewichtsverteilung, 41; Beziehung zwischen dem Gewicht des zum Bau benutzten Materials und der Stärke, 40.

Gleichgewicht (Equilibrium); Zustände des labilen, stabilen und indifferenten Gleichgewichts, 117—118.
 Gleichzeitigkeit (Synchronism), 164.

H.

Hebelwirkung (Leverage), 14.
 Hexrahmen (Sternframe), Befestigung des, 85—86.

K.

Kessellager (Boiler stools), 82.
 Kiel (Keel), 56—60.
 Kielgang (Garboard strake), 60.
 Kiel Lashung (Keel scarp), 56.
 Kielschwein (Keelson), Mittel-, 58 bis 60; Anzahl der Kielschweine, 76; Erjaß für verringerte Höhe des Kielschweins, 82.
 Kimm (Bilge), Verstärkung der, 53, 56.
 Kimmkeile (Bilge keels), Wirkung der — auf das Schlingern, 155.
 Klassifikation (Classification) und Klassenzeichen des Germanischen Lloyd, Englischen Lloyd und Bureau Veritas, 340.
 Kofferdeckdampfer (Trunk steamers), 197.

L.

Laden (Loading), 192; Wirkung der Beladung auf das Arbeiten eines Schiffes in See, 166.
 Ladung (Cargo), Gleichartige, 194; Übergehen der —, 199.
 Länge (Length), extreme, 63—75; Lloyds —, 61; Normal —, 77, 78; Länge zwischen den Perpendikeln, 61.
 Lasten (Weights), Wirkung des Bewegens von — auf den System-schwerpunkt, 18—19.
 Lebendige Energie (Kinetic Energy), 154.
 Leegierigkeit (Slackness), 221.
 Lochdorn (Drift punch), 113.
 Luggerigkeit (Ardency), 221.

M.

- Maschine (Engine) Grundplatte unter der —, 81; Maschinen-Lager, 78 bis 81; Verstärkung im Maschinenraum, 78.
- Masten (Masts), Verstärkung und Befestigung, 94.
- Mast-Hilfsung (Mast partner), 94.
- Metall-Klappen (Metal chocks), 109.
- Metacentrische Höhe (Metacentric height), 118; Wirkung der Beladung auf die —, 123; Berechnung, 132; Beziehung der metac. Höhe zum Winddruck, 222; Gleiches —, bei verschiedenen Tiefgängen, 140.
- Metacentrische Stabilität (Metacentric stability), 118.
- Metacentrum, Längens- (Longitudinal Metacentre), 242; Kurve für —, 245.
- Metacentrum, Quer- (Transverse Metacentre), 117; Höhe des — über Deplacementschwerpunkt, 118, 119; Kurven für —, 130, 131; Beziehung zwischen Auftrieb des Schiffes und Höhe des —, 122; Veränderungen in der Höhe des —, 206.
- Meter (Metre), Verwandlung von — in Fuß, 356.
- Mittschiffs = Querschnitte (Midships sections), 51, 63—75, 83, 100 bis 105;
- Mittschiffs-Stärke (Strength amidships), 60.
- Momente (Moments), 13; Aufrichtendes und kippendes Moment, 13; Berechnung von Momenten, 14 bis 16.

N.

- Neutrale Achse (Neutral axis), 45.
- Nieten (Rivets), Form der —, 113.
- Nietseger (Snapcup), 114.
- Nietung (Riveting), 112.

O.

- Orlopbalken (Orlopbeams), 77.

P.

- Piefbalken (Panting beams), 93.
- Pieftringer (Panting stringer), 92.
- Pieftank (Peaktanks), 255.

Q.

- Querverband (Transverse framing), 40, 51.
- Quer = Metacentrum, siehe Metacentrum.

R.

- Rahmenpantzen (Web-frames), 55.
- Ranf (Tender), 118.
- Raumbalken (Holdbeams), 76.
- Reibahle (Rimer), 113.

S.

- Schandel (Gunwale), Verstärkung des, 60.
- Scheergang (Sheerstrake), 60.
- Schlingern (Rolling), 153; in ruhigem Wasser, 154; im Seegange, 157; Schlingerbewegung eines Cylinders, 158; eines Floßes, 157, 162; Widerstand gegen —, 154.
- Schotte (Bulkheads), 106—112; Anzahl der —, 106; Dichtung der —, 108—110; Füllplatten der —, 110; Höhe der —, 108, 217; Längschotte, 110; Versteifung der Schotte, 110; Wasserdichte Thüren in den Schotten 111.
- Schwere (Gravity), 15, 116.
- Schwergut (Deadweight), 7.
- Schwergutskala (Deadweight scale), 6—7; Beziehung der Tragfähigkeit an Schwergut zum Schiffstyp, 95—106.
- Schwerkraft (Force of gravity), im Seegange, 160.
- Schwerpunkt (Centre of gravity), 15; eines Schiffes, 17.

Segelfläche (Sail area) 220; eine große Segelfläche zu führen, 223.
 Seitlicher Widerstand (Lateral resistance) Schwerpunkt dess., 220.
 Selbsttrimmer (Self trimming vessels) 197.
 Sinus (Sines), Tafel der, 278—280,
 Spannung d. i. Beanspruchung od. Begeben (strain), 40; bei Schiffen, welche nur teilweise vom Wasser getragen werden, 49; beim Laden, wenn das Schiff an Grund sitzt, 49; durch feste, schwere Gewichte, 48; durch Decklast, 48; im leichten Zustande 41; im Seegange, 46; im Trockendock, 50; vom Dampf- oder Winddruck herrührend, 48; vom Schlingern herrührend, 47; vom Wasserdruck, 42; von der Ladung herrührend, 42; von Sturzseen, 49; von Vibration, 48; Typen von Schiffen, welche größten Spannungen unterworfen sind, 46; Zusammenpressende und ausdehnende Spannungen, 45.
 Spant (Frame bar), 52.
 Spardeckschiffe (Spardeck vessels), 76, 98, 99; Abmessungen der —, 102, 103.
 Sprung (Sheer), 28.
 Stabilität (Stability), 115; Aufrichtender Hebel der —, 115; Auskunst über —, 228—230; Gesamtumfang der —, 127; Kurve der —, 148, 151, 180, 185, 188, 189, 228; do. für Cylinder, 128; Moment der —, 115, 117; Stabilität eines cylindrischen Körpers, 125; — von verschiedenen Schiffstypen 152, 197; Wirkung der Breite auf die —, 138; Wirkung der Lage des Systemschwerpunktes auf die —, 144; Wirkung der Ein- und Austauschsteile auf die —, 129; Wirkung des Freibords auf die —, 140; Wirkung des Sprunges auf die —, 151; Wirkung von eingeholten Schiffseiten (tumble home) auf die —,

149; Veränderungen in der — während der Reise, 196, 201.
 Stärke (Strength), Beziehung der — zur Dimensionierung, 76; Verteilung des Materials um genügende — gegen Durchbiegung zu geben, 43—46.
 Stampfen (Pitching), 169; Stauung der Ladung inbezug auf —, 170,
 Steif (Stiff), 118; Gefahr eines zu steifen Schiffes, 156.
 Stöße (Butts), 51, 58.
 Stößwinkel (Buttstraps, bosom piece) 51, 112.
 Stringer (Stringer), 59.
 Stringerplatte (Stringer plate), Kompensation für Verringerung in der Breite, 82.
 Stützen (Pillars), 55, 94.
 Sturndeckschiffe (Awning deck vessels), 76, 97, 99; Abmessungen der —, 104, 105.

I.

Tangenten (Tangents), Tafel der, 278—280.
 Tiefe (Depth), gemalte (moulded) d. i. Seitenhöhe, 61; Lloyds-Tiefe, 62—75; Tiefe von Spar- und Sturndeckschiffen, 62.
 Tiefgang (Draught), in Salz- und Frischwasser, 9; nachdem das Schiff an Grund geseesen, 27.
 Thurmdeck-Dampfer (Turret steamer) 197—198.
 Tonnage (Tonnage), Abzüge für Register-Tonnage, 252—254; Beispiele von Tonnage-Berechnung, 255—257; Brutto —, 251; — der Deckladung, 255; Register —, 252; Suez-Kanal —, 257; Tiefe Tanks inbezug auf —, 255; Unter-Deck —, 250; Wichtigkeit der —, 249; Nacht —, 260.
 Tons pr. Zoll-Eintauchung (Tons pr. inch. immersion) Erklärung der —, 7; Gebrauch und Anwendung der Kurven für —, 8—10.

Transom-Platte (Transome plate),
84.

Treibend, auf der Ladung (Water-logged), 217.

Trim (Trim), 235; Beispiele der Berechnung von Trimänderungen, 245—248; Moment der Trimänderung, 236; Moment, den Trim einen Zoll zu ändern, 243—244.

Typen von Schiffen (Types of vessels),
97, 197.

II.

U=Spant (Channel bar), 52—53.

III.

Verbindung des Längs- und Quer-Verbandes (Connection of longitudinal and transverse framing),
54—56.

Dreideckerschiffe (Three deck vessels),
62—75, 76, 97, 100—101.

III.

Wasser (Water), Eintritt von — durch eine Decköffnung, 214; —

— — in eine Endabteilung, 216;

— — — unter der Schwimmebene, 204; unter und über einer wasserdichten Plattform, 211—212;

Wasserdruck (Water pressures), 20 bis 27.

Wasserspforten (Waterports), 213.

Wellen (Waves), Theorie der, 160 bis 166.

Wellenböcke (Struts) für Doppelschrauben und Methode der Befestigung der Wellenleitung ohne Wellenböcke, 86—91.

Wichtige Ausdrücke, Erklärung für (Definition of important terms), 61.

Winddruck (Wind pressure), 172, 221.

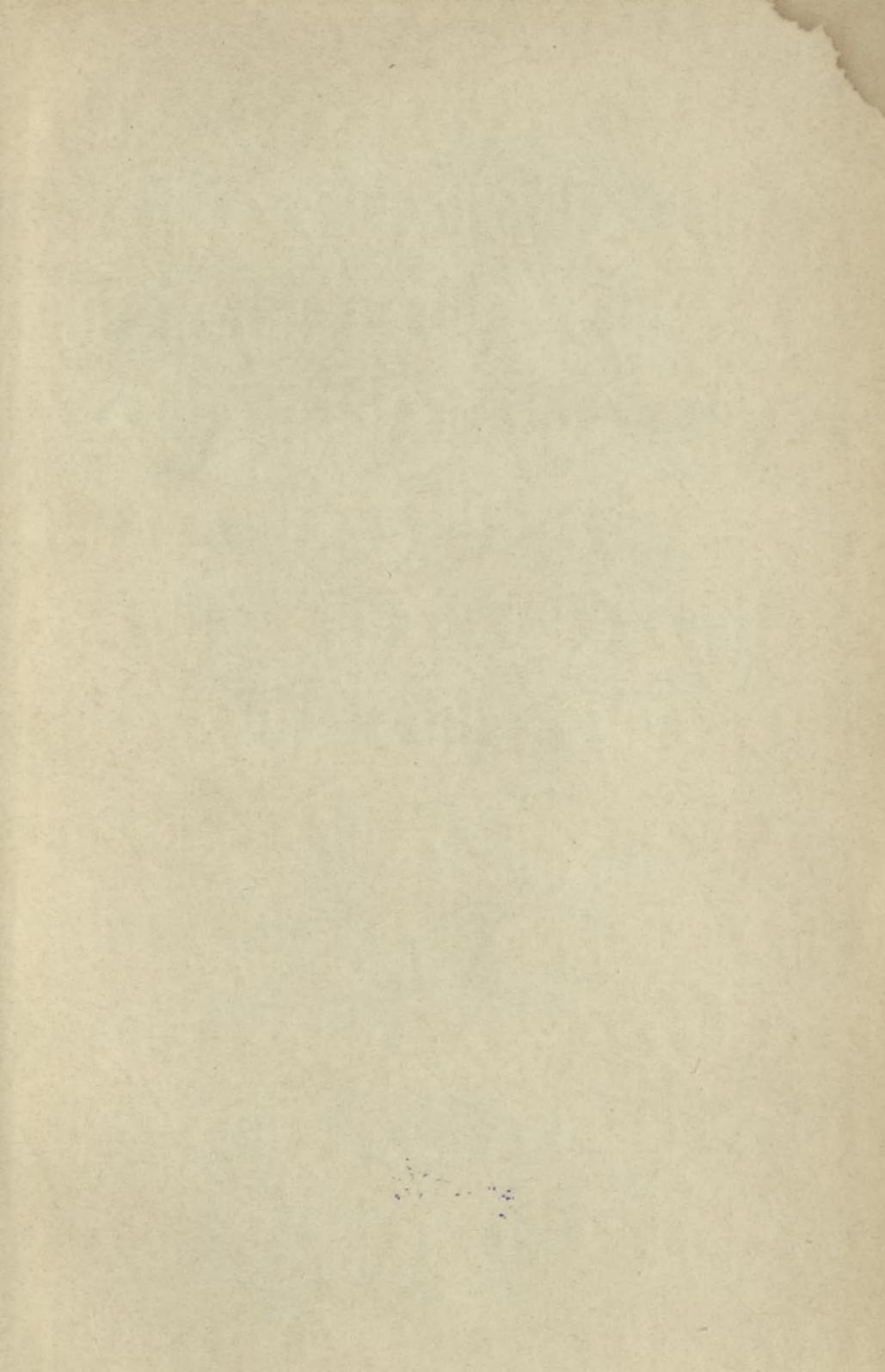
III.

Z=Spant (Z-bar), 52—53.

Zahlen, Lloyds (Lloyds' Numerals),
62.



S-96







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297536