



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

NEDL. TRANSFER



HN 2VFV X

H. van Hüllen
SCHIFFBAU



KIEL & LEIPZIG
VERLAG VON LIPSIVS & TISCHER

*Transferred to the
Engineering Library.*

KF1947

~~TM
145
12~~



Harvard College Library

BOUGHT WITH INCOME

FROM THE BEQUEST OF

HENRY LILLIE PIERCE,
OF BOSTON.

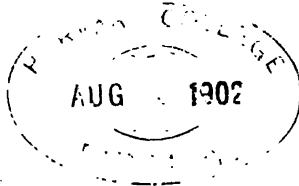
Under a vote of the President and Fellows,
October 24, 1898.

DEPOSITED IN THE LIBRARY
OF THE
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF
TECHNOLOGY



$$10 - \frac{2}{x^n}$$

KF 1947



Pierce fund.

TM	212-18
<u>140</u>	57
12	7



Engineering Library

Vorwort.

Die Lehranstalten der Marine, an denen Schiffbau vorge-
tragen wird, sind die Marineschule, die Ingenieurclassse der
Decksofficierschule und die Marineakademie; für sie ist das
vorliegende Buch vorzugsweise bestimmt. Während dasselbe
für die Zöglinge der Officiercoeten der Marineschule, unter
Anleitung des Lehrers für die Disciplin „Schiffbau“ ein Leit-
faden sein soll, wird es in den Händen der Schüler der In-
genieurclassse, wegen der kärglich zugemessenen Zeit, innerhalb
welcher sich diese officiell mit Schiffbau beschäftigen können,
zu einem Lehrbuch, in welchem ihnen dasjenige Material
geboten wird, dessen sie zum Studium der Raumtheilung
unserer neueren Kriegsschiffe, ihrer Drainage- und Pumpen-
einrichtungen und dessen, was damit im Zusammenhang steht,
bedürfen. Da der behandelte Stoff für die Herren Zuhörer
der Marineakademie im Allgemeinen dasjenige Pensum reprä-
sentirt, welches vom Vortragenden vorausgesetzt werden muss,
um eine nutzbringende Anhörung der Vorträge zu gewähr-

leisten, andererseits die zur Akademie commandirten Herren Officiere in der Regel während eines längeren Zeitraumes der erforderlichen Musse zum Studium eines Specialfaches entbehren, so wird das Werk auch den Herren Akademikern eine willkommene Gelegenheit zur Repetition und zum Nachlesen bieten.

Endlich giebt sich der Verfasser der Hoffnung hin, dass diejenigen Herren Officiere, denen es nicht beschieden ist, die Course der Marineakademie durchzumachen, das Buch ihrer Bibliothek einverleiben werden, eventuell als Ersatz für die schwerlich aufbewahrten Vortragshefte der Marineschule. Sie werden in demselben Anregendes und Neues finden.

Die Verarbeitung des Stoffes unter Verwendung von Figuren im Texte ist aus mehrfachen Gründen von derjenigen abweichend, welche bis dahin für die Leitfäden der Lehrinstitute der Kaiserlichen Marine üblich gewesen ist. Dieselbe ist zunächst mit Rücksicht auf die für den Schiffbauunterricht der Marineschule gekürzte Anzahl Lehrstunden eingehender gehalten, um es dem Vortragenden zu erleichtern, das vorgeschriebene Pensum zu bewältigen. Speciell ist dem Holzschiffbau nicht jene stiefmütterliche Behandlung zu Theil geworden, welche ihm vielfach als nicht mehr zeitgemäss zuerkannt wird, da es nothwendig ist, so lange als Holzschiffe überhaupt noch in Dienst gestellt werden, den an Bord commandirten Officieren Gelegenheit zur Information über den Bau und die Conservirung von Holzschiffen zu geben und sie in den Stand zu setzen, den Sicherheitszustand ihres Schiffes zu beurtheilen. Soll der Holzschiffbau weniger Berück-

sichtigung finden, so kann dem im Vortrage unter Hinweis auf den Leitfaden Rechnung getragen werden.

Dass die Conservirung von eisernen und stählernen Schiffen zum Gegenstande eines besonderen Capitels gemacht ist, in welchem auch der Anstrich der Schiffe eingehendere Berücksichtigung findet, erscheint mit Rücksicht darauf gerechtfertigt, dass die Conservirung des Schiffskörpers eine der Hauptobliegenheiten des an Bord befindlichen Personals ist, wobei die Instandhaltung und Erneuerung des Anstrichs eine wesentliche Rolle spielt.

Das Capitel über die wasserdichten Abtheilungen, das Drainage- und Pumpensystem wird den Schülern der Ingenieurclassen besonders empfohlen; diejenigen über die Panzerung und das Ruder in demselben Maasse den Herren Unterlieutenants.

Was den theoretischen Theil des Buches betrifft, so ist nur an einzelnen, dem Lehrer sofort auffallenden Stellen über das Nothwendigste hinausgegangen, um auch das Bedürfniss der begabteren Leser bis zu einem gewissen Grade zu berücksichtigen. Die mathematische Behandlung macht dabei keine höheren Ansprüche, als der Unterricht in der Mathematik an der Marineschule gestattet. Die im Text mit grösserer oder geringerer Ausführlichkeit behandelten Aufgaben sind so gewählt, dass sie das Interesse der Herren Officiere erwecken werden.

Der Verfasser hat das vorliegende Buch auf dem Titelblatte auch zum Selbststudium empfohlen; er hat dabei an die zahlreichen Schiffbautechniker gedacht, welche vorzugsweise

in den technischen Büreaus der Kaiserlichen Werften und der für die Marine bauenden Privatwerften Beschäftigung finden und welche entweder überhaupt nicht in der Lage gewesen sind, auf einer polytechnischen Hochschule die für ihr Fach wünschenswerthen Kenntnisse zu erwerben oder ihr Studium nicht haben zu Ende führen können. Auch für diese wird das Buch willkommen und somit unserer Marine indirect von Nutzen sein.

Für die Schiffbau Studirenden der technischen Hochschulen endlich, aus denen sich das Ingenieurcorps unserer Marine ergänzt, hat es, soweit der Verfasser hierüber orientirt ist, bisher an einem geeigneten, einleitenden Werk über Schiffbau gefehlt, sodass das vorliegende Buch auch hier eine fühlbare Lücke auszufüllen vermag. Dasselbe möge dazu beitragen, auch in diesen Kreisen ein erhöhtes Interesse für Schiffbau zu erwecken und rege zu erhalten.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniss.

	Seite.
Einleitendes Capitel: Die Schiffszeichnungen	1
I. Theil.	
Der practische Schiffbau.	
I. Capitel.	
Allgemeines über Verbandstücke	11
II. Capitel.	
Die Baustelle oder der Helling	17
Der Holzschiifbau	19
III. Capitel.	
Der Eisenschiffbau	97
IV. Capitel.	
Der Bau eiserner Schiffe nach dem Längspantensystem	134
Der Bau der Schiffe nach dem Compositesystem	142
Eiserne Schiffe mit einem Bodenbeschlag aus Kupfer	144
Eiserne Schiffe mit einem Bodenbeschlag aus Zink	149
V. Capitel.	
Die Conservirung der Schiffe	153
VI. Capitel.	
Die wasserdichten Abtheilungen eiserner Schiffe; das Drainage- und Pumpensystem	160
VII. Capitel.	
Die artilleristischen Einrichtungen und die Panzerung	186
VIII. Capitel.	
Das Ruder und seine Bewegungsmechanismen	217
IX. Capitel.	
Die Masten, Rundhölzer und Ankerspille	242
X. Capitel.	
Die Boote	258

II. Theil.

Der theoretische Schiffbau.

XI. Capitel.

Hilfssätze aus der Hydrostatik	273
--	-----

Seite.

XII. Capitel.

Das Gewicht eines schwimmenden Schiffes und der Auftrieb des Wassers	289
Die Berechnung des Displacements	292
Das Wasserlinien- und Spantendiagramm	298
Das Displacementsdiagramm	301
Die Vermessung der Schiffe	302
Bestimmung der Lage des Displacementsschwerpunkts	306
Die Völligkeitsgrade	309

XIII. Capitel.

Die Stabilität	318
Stabilitätsmoment für kleine Neigungswinkel	330
Die Lage des Metacentrums für verschiedene Tiefgänge desselben Schiffes	335
Stabilitätsmoment für die Querachse	337
Bestimmung des Stabilitätsmoments mittelst des Krängungsversuchs	341
Aenderung des Stabilitätsmoments durch Verschiebung von Ge- wichten in vertikaler Richtung	344
Aenderung des Stabilitätsmoments in Folge von an Bord nehmen und von Bord geben von Gewichten	348
Gewichtsverschiebungen, welche eine Aenderung der Steuerlastig- keit zur Folge haben	351
Verminderung der Stabilität bei Grundberührungen	363
Inanspruchnahme der Stabilität bei beweglicher Ladung	369
Inanspruchnahme des Stabilitätsmoments durch das Segelmoment	372

XIV. Capitel.

Die dynamische Stabilität	384
-------------------------------------	-----

XV. Capitel.

Der Widerstand des Wassers bei geradliniger Fortbewegung des Schiffes	393
Die Widerstandsarbeit und die Arbeitsleistung der Maschine	403
Anhang	407
Berichtigungen	414
Alphabetisch geordnetes Sachregister	415

Die Schiffszeichnungen.



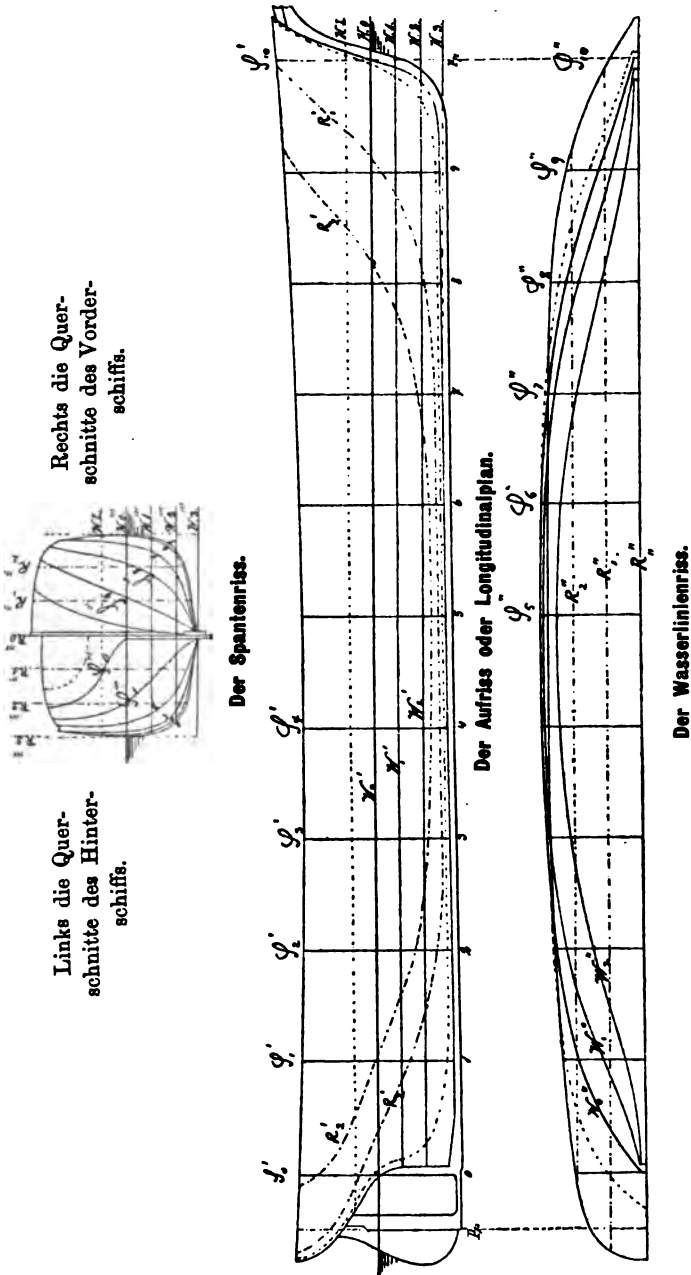
Die Darstellung zunächst der äusseren Form eines Schiffes in verjüngtem Maassstabe auf dem Papier, d. h. die Zeichnung eines solchen, hat den doppelten Zweck, den Bau eines Schiffes nach gewissen Formen und Abmessungen zu ermöglichen und die Daten für die üblichen hydrostatischen Rechnungen zu liefern. Man bedient sich bei der Anfertigung der Schiffszeichnungen der Methode der darstellenden Geometrie, welche bekanntlich in der Weise vorgeht, dass sie den zu zeichnenden Körper resp. gewisse Conturen desselben auf verschiedene Ebenen projicirt und diese mit den in ihnen enthaltenen Projectionen in eine Ebene, die Ebene der Zeichnung, bringt. Als Projectionsebenen genügen im Allgemeinen zwei Ebenen, eine vertikale, dem Beschauer zugekehrte, und eine horizontale; man bedient sich indessen gewöhnlich noch einer dritten und diese ist für die Schiffszeichnungen unentbehrlich, welche auf den beiden ersten senkrecht steht. Man denke sich den Schiffskörper in solcher Lage zu diesen drei Ebenen, dass seine Symmetrieebene parallel zu der erstern vertikalen Projectionsebene ist und dass diejenige durch denselben gelegte Ebene, bis zu welcher er in voll beladenem Zustande in's Wasser taucht, horizontal liegt. Demnächst schneidet man den Schiffskörper durch drei Systeme äquidistanter Ebenen, welche je einer Projectionsebene parallel sind, und projicirt die Schnittlinien jener mit der Oberfläche des Schiffskörpers auf diese. Fassen wir zunächst dasjenige System von Schnitten, in's Auge, welches parallel zur horizontalen Projectionsebene durch den Schiffskörper gelegt ist, so sind dessen Projectionen auf die vertikalen Projectionsebenen gerade, horizontale Linien und die Projectionen der Schnittlinien dieses Systems mit dem Schiffskörper auf die horizontale Projectionsebene solche gekrümmte Linien, welche mit den Schnittlinien selbst congruent sind. Jene horizontalen Schnitte durch den Schiffskörper heissen Wasserlinienebenen, ihre Schnitt-

Die Projectionsebenen.

Die Wasserlinien.

Eine die im Vorstehenden beschriebenen Linien enthaltende Zeichnung reicht vollkommen aus, um sämtliche für die üblichen hydrostatischen Berechnungen erforderlichen Maasse derselben zu entnehmen.

Fig. 1.



Rechts die Querschnitte des Vorderschiffs.

Links die Querschnitte des Hinterschiffs.

Der Spantenriss.

Der Aufriß oder Longitudinalplan.

Der Wasserlinienriss.

Zur baulichen Ausführung des Schiffes bedarf sie dagegen der Vervollständigung durch die Bauzeichnungen. Ist das Schiff aus Holz gebaut,

Zeichnungen auf Aussenkante-Hölzer.

so bietet die Constructionszeichnung die Linien des Schiffes auf der Aussenfläche der Beplankung, oder wie der Ausdruck lautet, auf Aussenkante-Planken.

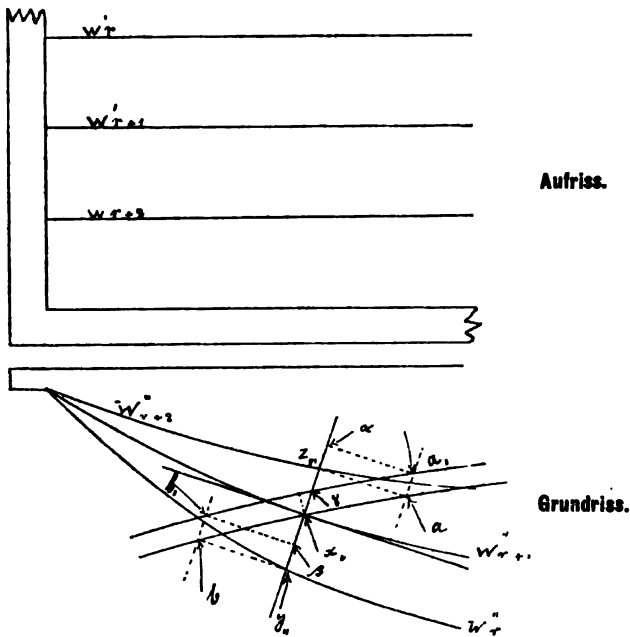
Denkt man sich den Schiffskörper seiner Beplankung entkleidet, so kommt die Oberfläche der Rippen oder Spanthölzer zum Vorschein, welche der Beplankung als Auflage dient und an welcher dieselbe befestigt wird. Die durch den ohne Beplankung gedachten Schiffskörper gelegten Systeme schneidender Ebenen liefern die Linien des Schiffes auf Aussenkante-Hölzer, oder was damit identisch ist, auf Innenkante-Planken. Die Darstellung der Form des Schiffskörpers auf Aussenkante-Hölzer geschieht lediglich, um einen Spantenriss auf Aussenkante-Hölzer zu erhalten, nach welchem die Rippen oder Spanthölzer ausgearbeitet werden können. Die Zeichnung eines Schiffes auf Aussenkante-Hölzer gehört daher zu den Bauzeichnungen; sie wird indessen auch, und zwar vorzugsweise bei Handelsschiffen, als Constructionszeichnung behandelt und dazu benutzt, die Tragfähigkeit, die Sicherheit gegen Kentern etc. zu berechnen, indem man die betreffenden Resultate entweder als genügend angenähert auffasst oder mit geeigneten Correcturen versieht, um die Constructionszeichnung auf Aussenkante-Planken entbehrlich zu machen; man hat dadurch den Vortheil, den Spantenriss ohne weiteres zur Entnahme der Conturen für die Spanthölzer benutzen zu können. Bei der Kriegsmarine wird jedoch im Interesse einer wünschenswerthen grösseren Genauigkeit stets die Constructionszeichnung auf Aussenkante-Planken zu den Rechnungen benutzt, und die Zeichnung des Schiffes auf Aussenkante-Hölzer mit Hilfe der ersteren construirt. Die zu dem Zwecke gewöhnlich angewendete Methode wird durch die Lösung folgender Aufgabe verständlich werden:

„Gegeben die Constructionszeichnung auf Aussenkante-Planken und die Plankendicke; es soll für einen beliebigen Punkt einer Wasserlinie der in derselben Wasserlinienebene gelegene Punkt auf Aussenkante-Hölzer gefunden werden“.

Es seien W_r , W_{r+1} und W_{r+2} drei auf einander folgende Wasserlinien und x ein Punkt der Wasserlinie W_{r+1} , für den der entsprechende Punkt auf der Aussenkante der Hölzer gefunden werden soll. Es ist klar, dass man, um von dem Punkte x auf dem kürzesten Wege zur Aussenkante der Hölzer zu gelangen, normal zum Oberflächenelement des Schiffskörpers im Punkte x um die Plankendicke nach innen zu gehen hat. Es würde demnach in dem Punkte x eine tangirende Ebene an die Oberfläche des Schiffskörpers zu legen sein, auf welcher man im Berührungspunkte x ein Perpendikel, dessen Länge gleich der Plankendicke ist, zu errichten hätte; der Endpunkt dieses Perpendikels ist ein Punkt der Innenfläche der Planken oder der Aussenkante-Hölzer. Diese im Raume ausgeführte Construction erheischt in der Projectionsebene des Wasserlinienrisses folgende durch Fig. 2 erläuterte Operationen: Man ziehe im Punkte x'' der Wasserlinie W''_{r+1} eine Tangente an dieselbe, so ist diese die Schnittlinie der tangirenden Ebene an den Schiffskörper

mit der Wasserlinienebene W_{r+1} . Im Punkte x'' errichte man ein Loth $x''y''$ auf der Tangente; dasselbe stellt die Schnittlinie derjenigen Ebene mit der Wasserlinienebene W''_{r+1} dar, welche auf dem Oberflächenelement des Schiffkörpers im Punkte x senkrecht steht und bildet ferner die Projection des Schnittes dieser Ebene mit der Oberfläche des Schiffkörpers; dreht man die Ebene um 90° , indem man $x''y''$ als Achse benutzt, so fällt sie in die Ebene W_{r+1} , und ihre Schnittlinie mit der Oberfläche des Schiffkörpers wird dadurch in die Ebene W_{r+1} herabgeschlagen. Die Linie $ax''b$ stellt diese herabgeschlagene Schnittlinie dar; sie wird erhalten, indem man in den Punkten z'' und y'' , welche den Wasserlinien

Fig. 2.



W_{r+2} und W_r angehören, Lothe errichtet, deren Längen gleich den Entfernungen $y''b$ und $z''a$ dieser Wasserlinien von der Wasserlinie W_{r+1} sind und indem man die Punkte a und b durch einen Curvenzug verbindet. Zieht man zu diesem Curvenzuge in einer Entfernung gleich der Plankenstärke eine Parallele, so ist diese in der herabgeschlagenen Ebene eine Linie auf der Innenkante-Planken oder Aussenkante-Hölzer. Der Durchschnittspunkt γ dieser Linie mit dem Perpendikel auf der Tangente im Punkte x'' ist der gesuchte Punkt auf Aussenkante-Hölzer, welcher in der Wasserlinienebene W_{r+1} liegend, x'' entspricht. Während des Zurückschlagens der betreffenden Ebene bleibt dieser Punkt in der Achse $x''y''$ und somit in der Wasserlinienebene W_{r+1} liegen; das Zurück-

schlagen braucht daher in Wirklichkeit nicht vorgenommen zu werden. Zieht man jedoch durch a und b Parallelen zu $x''y''$, bis zu den Punkten a_1 und b_1 und fällt man von letzteren aus die Lothe $a_1\alpha$ und $b_1\beta$ auf $x''y''$, durch welche Operationen das Zurückschlagen bewirkt wird, so hat man in den Punkten α und β ebenfalls solche auf Aussenkante-Hölzer, die aber ausserdem den Wasserlinienebenen W_r und W_{r+s} angehören.

Die vorstehende Construction, welche in ihrer Erläuterung einen complicirteren Eindruck macht, als die practische Handhabung derselben, wird für jede Wasserlinie so oft wiederholt, bis so viele Punkte derselben bestimmt sind, dass man mit hinreichender Sicherheit einen Curvenzug, die Wasserlinie auf Aussenkante-Hölzer, hindurch legen kann. Aus dem Wasserlinienriss auf Aussenkante-Hölzer entnimmt man demnächst den Spantenriss auf Aussenkante-Hölzer. Die Anwendbarkeit vorstehender Construction ist an die Bedingung geknüpft, dass die Ebene, welche den Punkt x'' und die durch ihn gehende Normale zur Oberfläche des Schiffskörpers enthält, deren Schnittlinie mit dem Schiffskörper in die Ebene der Wasserlinie W_{r+s} herabgeschlagen wird, zwischen den Wasserlinien W_r und W_{r+s} den Schiffskörper möglichst senkrecht trifft. Diese Bedingung ist immer erfüllbar, wenn man die genannten Wasserlinien nahe genug an die Wasserlinie W_r heranrückt, was eventuell unter Anwendung von besonders für diesen speciellen Fall eingelegten Wasserlinien geschieht.

In ähnlicher Weise, wie man von den Linien eines Schiffes auf Aussenkante-Planken zu den Linien auf Aussenkante-Hölzer übergehen kann, kann man auch zu den Linien desselben auf Innenkante-Hölzer resp. auf Innenkante der inneren Beplankung übergehen, um die Begrenzung des inneren Schiffsraumes zu erhalten, vorausgesetzt, dass man die Dimensionen der Hölzer und der inneren Beplankung derselben kennt. Ebenso kann der umgekehrte Uebergang, d. h. vom Liniensystem auf Aussenkante-Hölzer zum Liniensystem auf Aussenkante-Planken, bewirkt werden. An gewissen Stellen des Schiffes gestattet die beschriebene Methode übrigens zweckmässige Vereinfachungen.

Bei eisernen Schiffen pflegt man wegen der geringen Dicke der Aussenhautbeplattung keinen Unterschied in den Linien auf Aussenkante-Platten und Aussenkante-Spanten zu machen. Indessen leistet die beschriebene Methode auch im Eisenschiffbau ihre Dienste, wenn ein Uebergang von der äusseren Schiffsform auf die Begrenzung des inneren Schiffsraumes zu bewirken ist, oder wenn bei gepanzerten Schiffen die Aussen- und Innenfläche der Panzerung angegeben werden soll.

Denkt man sich eine Spantebene aus ihrer zur Symmetrieebene senkrechten Position um eine in der Symmetrieebene liegende vertikale Achse um einen gewissen Winkel gedreht (gekantet), so geht die Spantebene in die Kantspantebene über, welche den Schiffskörper in der sogenannten Kantspantlinie schneidet. Die Kantspanten erscheinen im Wasserlinienriss

Zeichnungen auf
Aussenkante-
und Innenkante-
Spanten bei
eisernen Schiffen.

Kantspanten.

auf Aussenfläche-Hölzer am vorderen und hinteren Ende des Schiffes als gerade Linien, welche mit der Symmetrieebene statt eines rechten einen spitzen Winkel einschliessen. Im Gegensatz zu den Kantspanten werden die zur Symmetrieebene des Schiffes senkrechten Spanten¹ auch Winkelspanten genannt.

Der Zweck der Kantspanten besteht darin, solche Spanthölzer im Schiff zu erhalten, deren Mittelebene die Oberfläche des Schiffes möglichst senkrecht trifft. Bei den einfachen Kantspanten, d. h. denjenigen, welche im Wasserlinienriss durch eine gerade Linie angedeutet werden, wird dieser Zweck nur unvollkommen erreicht. Vollkommener gelangt man zum Ziele durch Anwendung doppelter oder dreifacher Kantspanten, welche sich dadurch charakterisiren, dass sie im Wasserlinienriss durch eine ein- oder zweimal gebrochene gerade Linie darstellbar sind. Während beim einfachen Kantspant nur eine und zwar in der Symmetrieebene gelegene Drehachse vorhanden ist, sind deren beim doppelten Kantspant zwei vorhanden, von denen die zweite ausserhalb der Symmetrieebene gelegen ist; im Wasserlinienriss entspricht sie dem Punkte, wo die beiden Theile des doppelten Kantspants zusammen treffen. Beim dreifachen Kantspant hat man drei Achsen, um welche das Kanten erfolgt. Continuirliche Kantspanten sind solche, die den Zweck der Kantspanten nicht sprungweise, sondern continuirlich erfüllen. Bei denselben ist die Drehachse, um welche wir uns das Kanten vor sich gehend denken, variabel. Continuirliche Kantspanten kommen im Eisen-schiffbau vor. Die beim Uebergang von den Linien auf Aussenfläche-Planken auf Aussenfläche-Hölzer zur Anwendung gekommene Hilfsebene, welche zum Herabschlagen benutzt wurde, stellt ein Element eines continuirlichen Kantspants dar. Es ist jedoch die horizontale Achse, um welche das Herabschlagen vorgenommen wurde, nicht mit der zugehörigen Drehachse des Kantspants zu verwechseln, die vertikal gerichtet ist.

Zweck der Kantspanten.

Denkt man sich eine Wasserlinienebene aus ihrer zur Symmetrieebene des Schiffes senkrechten Position um eine in der Symmetrieebene liegende horizontale Achse in der Weise herausgedreht, dass der an ihrer unteren Seite befindliche rechte Winkel in einen spitzen übergeht, so erhält man eine Sentebene; ihr Schnitt mit der Aussenfläche des Schiffes liefert eine Sentlinie oder kurzweg Sente. Eine Senteebene soll die Oberfläche des Schiffskörpers auf einem möglichst grossen Theil seiner Längenausdehnung senkrecht treffen. Da dieselbe Anforderung für die Kantspantebenen bezüglich der Ausdehnung des Schiffes der Breite nach gilt, so schneiden sich Kantspantebene und Sentebene in geraden Linien, welche auf der Aussenfläche des Schiffskörpers senkrecht stehen. Die Projectionen der Sentebenen erscheinen im Spantenriss als nach unten geneigte gerade Linien, welche die Spantlinien unter solchen Winkeln schneiden, die dem rechten möglichst nahe kommen. Die Bezeichnung einfache, doppelte u. s. w. Senten ist allerdings nicht üblich, der entsprechende Begriff jedoch vorhanden. Auch

Sentebenen.

die Senten werden dazu benutzt, den Uebergang vom Liniensystem eines Schiffes auf Aussenfläche-Planken auf Aussenfläche-Hölzer und umgekehrt zu bewirken. Die weiter oben mit Hilfe des Wasserlinienrisses ausgeführte Construction wird zu dem Ende mit geringen Modificationen mittelst des Spantenrisses durchgeführt. Die Construction mit Hilfe der Senten gewährt zwar den Vortheil, sofort den Spantenriss auf Aussenfläche-Hölzer zu ergeben, ist indessen nicht so genau, als wenn man erst den Wasserlinienriss auf Aussenfläche-Planken in denjenigen auf Aussenfläche-Hölzer überführt und letzteren zur Auszeichnung der Spantlinien auf Aussenfläche-Hölzer benutzt. Im Uebrigen finden die Senten bei der Ausführung des Baues behufs Formgebung gewisser Verbandstücke mancherlei Anwendung.

Linien doppelter Krümmung am Schiffskörper.

In der Zeichnung eines Schiffes auf Aussenfläche-Spanten findet man ausser den vorstehend besprochenen Linien auch noch solche, welche in keiner von den Projectionsebenen als gerade Linien erscheinen, mithin am Schiffskörper Linien doppelter Krümmung darstellen. Hierzu gehören unter anderen die Schnittlinien der Oberfläche der Decksbalken resp. der unteren Fläche der Decksplanken mit der inneren Fläche der Spanten, ferner die Reilings- und Schandeckslinien u. s. w.

Sponungslinien.

Bekanntlich wird der Schiffskörper unten und in der Mitte in seiner ganzen Länge durch den Kiel begrenzt; derselbe ragt mit im Allgemeinen rechteckigen Querschnitte mehr oder weniger aus dem bauchigen Theile des Schiffskörpers hervor, um dadurch gewissen später zu erörternden Zwecken zu dienen. Die Schnittlinie der Aussenfläche der Planken mit den Seitenflächen des Kiels heisst die Aussenkante der Kielsponung; während die Schnittlinie der Aussenfläche der Hölzer mit den Seitenflächen des Kiels Innenkante Kielsponung genannt wird. In ähnlicher Weise spricht man von Aussen- und Innenkante der Stevensponungen an denjenigen Theilen des Schiffes, welche dasselbe vorn und hinten begrenzen. Vorausgesetzt, dass Kiel und Steven überall gleich breit sind, repräsentiren die Sponungslinien verticale Längsschnitte, die wir weiter oben mit *R* bezeichnet haben. Anderenfalls sind die Sponungslinien Linien doppelter Krümmung. Zwischen der Aussen- und Innenkante-Sponung an den Steven und am Kiel befindet sich die Sponung selbst und zwar in Form einer dreikantigen Rinne von veränderlichem Querschnitt, welche zur Aufnahme der Enden resp. der seitlichen Begrenzung der Aussenhautplanken, wo diese an die Steven resp. den Kiel herantossen, dient. Der Kiel und die Steven eines Schiffes bilden in der äusseren Form des Schiffskörpers eine gewisse Discontinuität, die besonders bei der Ausführung der Berechnungen hinderlich ist. Die Berechnungen werden daher zunächst ohne Rücksicht auf Kiel und Steven, soweit dieselben ausserhalb der Aussenkante-Sponung liegen, angestellt. Kiel und Steven werden dann in Form einer später vorzunehmenden Correctur berücksichtigt. Auch beim Entwerfen von Schiffen verfährt man in der angedeuteten Weise, d. h. man nimmt zunächst keine Rücksicht auf

Constructionstiefgang, Constructionslänge, Perpendikel.

die vorstehenden Theile von Kiel und Steven. Es wird daher vom Constructionstiefgang gesprochen als der Entfernung der oberen Wasserlinie bis zur Aussenkante Sponung am Kiel; desgleichen von der Constructionslänge oder der Länge zwischen den Perpendikeln, darunter die Länge des Schiffes in der oberen Wasserlinie von Aussenkante-Sponung am Hintersteven bis Aussenkante-Sponung am Vorsteven verstandend. Die Bezeichnung zwischen den Perpendikeln rührt daher, dass die betreffenden Punkte im Aufriss durch zwei durch sie gezogene verticale Linien markirt werden. Wird die Zeichnung eines Schiffes auf Aussenkante-Hölzer als Ersatz für die Constructionzeichnung auf Aussenfläche-Planken benutzt, so legt man die Perpendikel durch die Spitze des vom Querschnitt der Sponung gebildeten Dreiecks. Bezüglich der Lage der Perpendikel finden übrigens mannigfache Abweichungen statt, besonders beim hinteren Perpendikel, welches man häufig an die Hinterkante Hintersteven, bei Schraubenschiffen sogar an die Hinterkante Rudersteven verlegt findet. Bei Booten wird die „Länge über Steven“ d. h. von Vorkante Vordersteven bis Hinterkante Hintersteven angegeben.

Man unterscheidet die Breite der Schiffe auf Aussenfläche-Planken und auf Aussenfläche-Hölzer oder Spanten und versteht darunter jedesmal die grösste horizontale Querschnittsdimension, die am Schiffe vorkommt.

Breite
des Schiffes.

Der winkliche Tiefgang unterscheidet sich vom Constructionstiefgang um die Höhe des Kiels, soweit derselbe vor der Aussenkante-Sponung vorsteht.

Winklicher
Tiefgang.

Schwimmt das Schiff steuerlastig, so hat es in der Nähe des Steuers d. h. also an seinem hinteren Ende einen grösseren wirklichen Tiefgang als vorne; die Differenz zwischen dem hinteren und dem vorderen Tiefgang wird Steuerlastigkeit genannt. Um die Tiefgänge eines schwimmenden Schiffes leicht und sicher beobachten zu können, sind zu beiden Seiten der Steven die Tiefgangsskalen angebracht, deren Nullpunkt auf der verlängerten Unterkante Kiel liegt. Die Theilung wird bei unseren Schiffen in Decimetern angelegt, indem man nur die geraden Zahlen und zwar in arabischen Ziffern von 1 dm. Höhe anbringt. Hiernach beträgt der Tiefgang eines Schiffes, dessen Wasserlinie mit der oberen Begrenzung, zum Beispiel der Zahl 48 abschneidet, 49 dm. Die Form der Ziffern wird so gewählt, dass auch halbe dm. sicher abgelesen werden können.

Steuerlastigkeit.

Tiefgangsskalen.

In unserer Marine wird bezüglich der Darstellung eines gleichlastigen und eines steuerlastigen Schiffes kein Unterschied gemacht, indem in beiden Fällen die Neigung von Unterkante-Kiel auf der Zeichnung mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Es hat die Methode nur das Unbequeme, dass beim steuerlastigen Schiffe die Spantebenen nicht normal zum Kiel stehen. Will man daher den Spantebenen diese für die Festigkeit des Schiffskörpers wünschenswerthe Position geben, so muss man das Liniensystem durch eine neue Gruppe von Querschnitten, welche der erwähnten Bedingung ent-

Das Liniensystem
von steuerlasti-
gen Schiffen.

sprechen, vervollständigen. Letzteres wird unnöthig, wenn auch das steuerlastige Schiff mit horizontalem Kiel gezeichnet wird. Alsdann markirt sich die Steuerlastigkeit dadurch, dass die Wasserlinien im Aufriss als geneigte gerade Linien, im Spantenriss als Curven erscheinen. Die Curven des Wasserlinienrisses sind dann allerdings nicht mehr den Schnittfiguren am Schiffskörper congruente Figuren, sondern nur deren Projectionen, obgleich die Abweichung nur gering ist. Man kann noch einen Schritt weiter gehen und statt der horizontalen Wasserlinie solche zur Symmetrieebene des Schiffes senkrechte Schnitte durchlegen, die parallel zur Unterkante Kiel sind und von den eigentlichen Wasserlinien nur die obere beibehalten, um durch dieselbe die Steuerlastigkeit anzudeuten. Beide zuletzt erwähnte Methoden sind in England und Frankreich üblich.

Die Arbeiten
auf dem
Schnürboden.

Das Liniensystem eines Schiffes wird vom Constructeur, wie weiter oben angegeben, in $\frac{1}{50}$ natürlicher Grösse entworfen. Soll zur Ausführung des Baues geschritten werden, so wird dasselbe auf dem Schnürboden abgeschlagen, d. h. in natürlicher Grösse reproducirt. Hierdurch werden zunächst Ungenauigkeiten, die sich wegen des kleinen Maassstabes in die Constructions-Zeichnung eingeschlichen haben könnten, corrigirt. Sonst ist der Zweck der Arbeiten auf dem Schnürboden die Herstellung eines genauen Spantenrisses in natürlicher Grösse auf Aussenkante-Hölzer resp. Aussenkante-Spantwinkeleisen, falls das Schiff ein eisernes ist. Die Benutzung eines solchen Spantenrisses für ein Holzschiff geschieht in der Weise, dass man nach demselben Schablonen aus dünnen Brettern anfertigt, mit deren Hilfe die Spantlinien auf die Werkstücke übertragen und durch Auflegen während der Arbeit controllirt werden.

Zur Bauausführung sind noch eine Anzahl Detailzeichnungen erforderlich, aus denen die Dimensionen und die Anordnung sämtlicher baulichen Elemente eines Schiffes hervorgehen, und welche die Vertheilung des inneren Schiffsraumes, sowie dessen Einrichtung erkennen lassen. Die weiter unten folgenden Figuren stellen zum Theil Copien solcher Zeichnungen in verkleinertem Maassstabe dar. Sie werden ihrerseits durch die Bauvorschrift vervollständigt, die noch das enthält, was sich beispielsweise wegen des zu kleinen Maassstabes durch die Zeichnung nicht hinreichend sicher feststellen lässt. In derselben sind ferner die für das Schiff erforderlichen Inventarien specificirt, die Art und Qualität des Materials, dessen Bearbeitungsmodus, Schutz durch Anstriche u. s. w. vorgeschrieben. Im Anhang ist die Bauvorschrift der deutschen Corvette „Elisabeth“ abgedruckt. —

I. Theil.

Der practische Schiffbau.

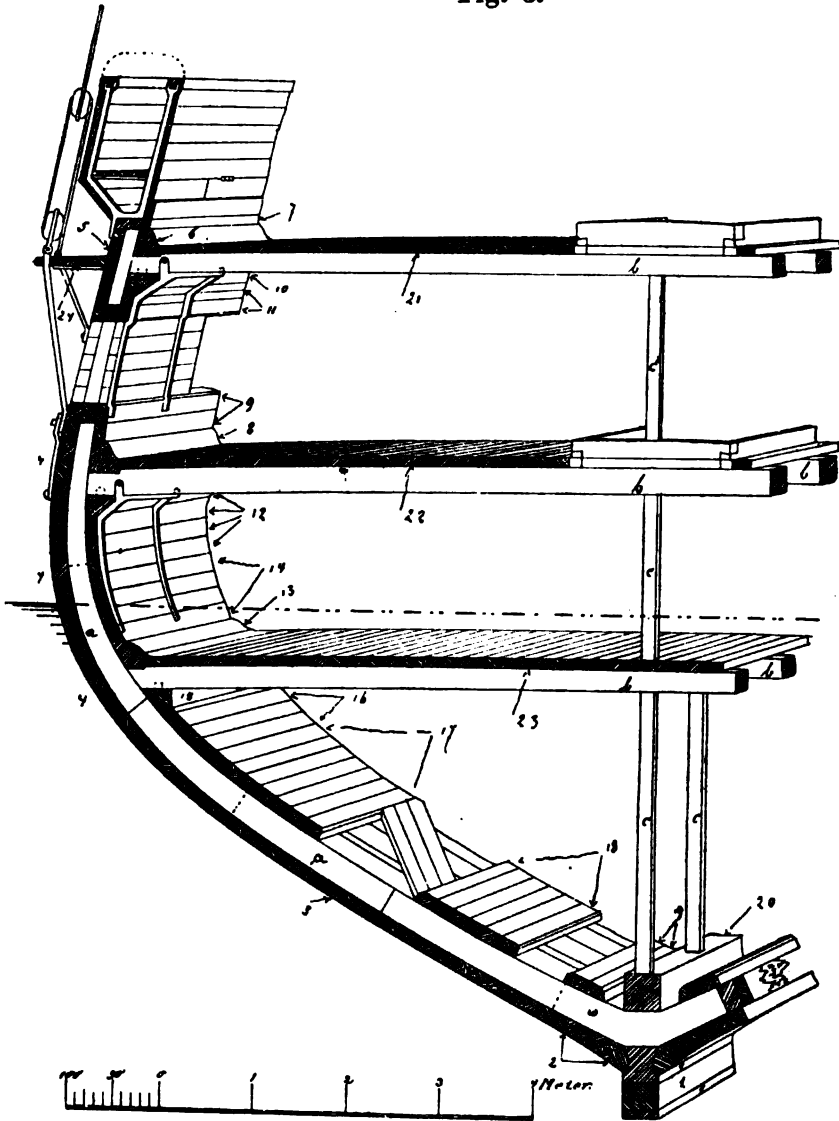
I. Capitel.

Allgemeines über die Verbandstücke des Schiffes.

Fig. 3 stellt ein aus der Mitte des Schiffskörpers herausgeschnitten gedachtes Stück der deutschen Segelfregatte „Niobe“ dar. Die schraffirten Theile der Zeichnung sind mit Ziffern bezeichnet, welche den angegebenen Benennungen entsprechen und Längsverbandstücke genannt werden. Die übrigen mit Buchstaben markirten Theile sind Querverbandstücke des Schiffes. Die Längs- und Querverbandstücke eines Schiffes müssen solche Dimensionen haben und in solcher Weise miteinander verbunden werden, dass die auf den Schiffskörper in der ungünstigsten Lage wirkenden Kräfte sich an demselben das Gleichgewicht halten können, ohne dass eine den Bruch oder den Verlust der Wasserdichtigkeit des Schiffskörpers herbeiführende Deformation eintritt. Gegen die auf den Schiffskörper wirkenden Kräfte reagirt derselbe in der Weise, dass in seinen einzelnen Theilen Zug-, Druck- und Schubspannungen eintreten. Diese Spannungen dürfen gewisse, empirisch für zulässig erachtete Grenzen nicht überschreiten. Eine darauf bezügliche Berechnung setzt daher in erster Linie die Ermittlung der auf den Schiffskörper wirkenden Kräfte, in zweiter Linie die Anwendung der Festigkeitslehre in dem Sinne voraus, dass die den gefundenen Spannungen entsprechenden Quantitäten und Qualitäten von Material richtig gewählt werden.

An dieser Stelle und für unseren nächsten Zweck möge eine generelle nur qualitative Verhältnisse berücksichtigende Darstellung genügen, die uns in den Stand setzt zu entscheiden, ob ein Verbandstück auf Zug oder auf Druck beansprucht wird, die Grösse dieser Beanspruchung aber unentschieden lässt. Was zunächst die Längsverbandstücke, d. h. diejenigen Theile des Schiffskörpers betrifft, die mit ihrer Längendimension mehr oder weniger parallel zur Symmetrieebene des Schiffes verbaut erscheinen, so ist es leicht, über die Qualität ihrer Beanspruchung zu urtheilen. Wir denken

Fig. 3.

**Querverbandstücke:**

- w* Bodenwrangen.
aa Auflanger.
bb Decksbalken.
cc Decksstützen.

Längsverbandstücke:

- 1 1 1* der Kiel u. d. Loskiele.
2 die Kielplanken.
3 d. Boden- u. Kimmplanken.
4 4 die Bergholzplanken.

- 5* die Scheergänge.
6, 8 u. 13 Ober- Batterie u. Zwischen-decks- Wasser-gänge.
7 der Schandeckel.
9 u. 14 Batterie u. Zwischen-decks-Setzwegger.
10, 12 u. 15 Ober- Batterie- u. Zwischen-decks-Balkwegger.

- 11 u. 16* Unterbalkwegger.
17 Kimmwegger.
18 Bodenwegger.
 Zwischen *17* und *18* die Diagonalweggerung.
19 die Limbergänge.
20 das Kielschwein.
21, 22 u. 23 die Decksbeplankungen.

uns das Schiff zu dem Ende im Seegange und zwar in dem Augenblicke, wo es sich mit seinem mittleren Theile auf einem Wellenberge, mit seinen Enden über den benachbarten Wellenthälern befindet. Bei einem zu wenig widerstandsfähigen Schiffe werden die Schiffsenden, als in dieser Lage nicht hinreichend unterstützt nach unten, die Schiffsmitte, durch den dort vorhandenen Wellenberg nach oben getrieben, so dass der Schiffskörper eine gebogene Form annimmt, deren concave Seite unten liegt, was wiederum bedingt, dass die Längsverbandstücke in der oberen Schiffshälfte sich verlängern, die in der unteren Schiffshälfte sich verkürzen müssen. Die Verlängerung eines Verbandstückes verursacht in demselben jedoch eine der Verlängerung proportionale Zugspannung, die Verkürzung eine entsprechende Druckspannung. Hiernach besitzen die Längsverbandstücke eines in der vorstehend angenommenen Lage schwimmenden Schiffes in der oberen Hälfte Zugspannungen, in der unteren Hälfte Druckspannungen. Da wo die Zug- und Druckhälften zusammenstossen, findet weder eine Zug- noch eine Druckspannung statt; man nennt die betreffende horizontale Zone, wo dies geschieht, seine neutrale Schicht. Es ist ferner klar, dass die am weitesten von der neutralen Schicht entfernten Längsverbandstücke, bei der Annahme der gebogenen Form von Seiten des Schiffskörpers, sich am meisten verlängern resp. verkürzen müssen, dass überhaupt die eintretenden Verlängerungen und Verkürzungen proportional mit der Entfernung des betreffenden Längsverbandstückes von der neutralen Schicht sind und dass mithin die in demselben auftretenden Zug- oder Druckspannungen dasselbe Gesetz befolgen. Denken wir uns demnächst denselben Schiffskörper auf ruhigem Wasser schwimmend, so kann auch dann die Unterstützung der Schiffsenden eine unzulängliche sein oder was dasselbe ist, die Enden des Schiffes können zu schwer sein, was in der Praxis sogar der gewöhnliche Fall ist. Ein Schiff von zu geringer Widerstandsfähigkeit wird in Folge dieses Umstandes ebenfalls eine gebogene Form annehmen wollen, deren concave Seite sich unten befindet. Mithin werden die Längsverbandstücke in der oberen Schiffshälfte auf Zug, in der unteren Schiffshälfte auf Druck kommen, allerdings mit geringerer Intensität als in dem vorherigen Falle. Betrachten wir endlich noch den dritten Fall, nämlich den, wo das Schiff mit seiner Mitte über einem Wellenthal, mit seinen Enden auf den benachbarten Wellenbergen liegt. Wir hatten angenommen, dass für die Schiffslage auf ruhigem Wasser die Enden des Schiffes zu schwer seien; dies ist gleichbedeutend damit, dass die Mitte des Schiffes zu leicht ist. Obgleich nun das Schiff mit seiner Mitte über einem Wellenthal liegt, ist es bei gewissen Schiffsaformen und Gewichtsvertheilungen im Schiffe möglich, dass dieser Zustand fortbesteht, z. B. wie später gezeigt werden soll, bei kurzen Schiffen mit scharfen und dabei stark belasteten Enden. Die gebogene Form, die das Schiff auch in dieser Lage annehmen will, würde ebenfalls ihre concave Seite unten haben. Die Zughälfte würde oben, die

Zugspannungen
und Druck-
spannungen.

Druckhälfte unten liegen, wie in den beiden vorigen Fällen. Denkt man sich aber nunmehr die Enden des Schiffes auf Kosten der zu leichten Mitte entlastet, so kann man diese Entlastung gerade so weit getrieben denken, dass die Mitte des Schiffes nicht mehr zu leicht und die Enden des Schiffes nicht mehr zu schwer sind. Wenn das Schiff dann auch keine genügende Festigkeit besäße, würde es dennoch gerade bleiben. — Denke ich mir die Entlastung der Enden weiter fortgesetzt, so gelange ich zu einem zu schweren Mittelschiff mit zu leichten Enden. Die gebogene Form, die ein solches Schiff anzunehmen bemüht ist, hat ihre concave Seite nach oben gerichtet, mithin die Druckseite oben, die Zugseite unten. Letzteres ist bei einem mit seiner Mitte über einem Wellenthal liegenden Schiffe vorzugsweise bei sehr langen Schiffen der gewöhnliche Fall. Die Resultate vorstehender Erörterungen lassen sich übersichtlich durch folgendes Schema veranschaulichen.

Schiffslage.	Concave Seite der Bucht.	Die Längsverbandstücke kommen auf Zug.	Die Längsverbandstücke kommen auf Druck.
auf einem Wellenberge	unten	in der oberen Hälfte des Schiffskörpers	in der unteren Hälfte des Schiffskörpers
in ruhigem Wasser	unten	do.	do.
über einem Wellenthal	kurzes Schiff	unten	do.
	entsprechend gestautes Schiff	Null	—
	langes Schiff	oben	in der unteren Hälfte des Schiffskörpers

Aus diesem Schema geht hervor, dass die Längsverbandstücke in der oberen Schiffshälfte vorzugsweise auf Zug, die in der unteren Schiffshälfte vorzugsweise auf Druck kommen, und dass die Formgebung, die Art der Verbindung unter einander und mit dem Schiffskörper, ferner die Wahl der Dimensionen und die Art des Materials, diesen Verhältnissen Rechnung tragend, ihre Erklärung findet.

Schubspannungen.

Denken wir uns den Schiffskörper, bevor er eine Deformation durch Verlängerung oder Verkürzung seiner Längsverbandstücke angenommen hat, durch ein System von horizontalen Ebenen geschnitten, aber nicht getrennt, deren Entfernung von einander sehr gering ist, und nachdem dies geschehen die Deformation vor sich gehend, etwa dadurch, dass man sich den Schiffskörper nunmehr auf einem Wellenberge denkt. Die durch jene Ebenen gebildeten Schichten werden dann sämtlich an der in einer Biegung des Schiffskörpers bestehenden Deformation Theil nehmen und sich verlängern oder verkürzen, je nachdem sie oberhalb oder unterhalb der neutralen Schicht liegen. Die neutrale Schicht selbst ist die einzige, die trotz ihrer Biegung ihre ursprüngliche Länge behält. Die unmittelbar über ihr liegende Schicht

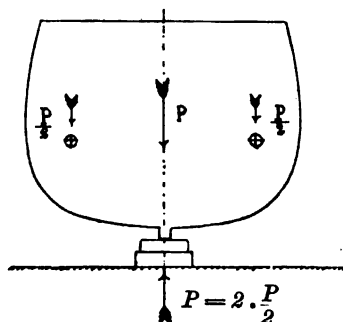
hat eine etwas grössere Länge und dadurch die Tendenz angenommen, sich an der Berührungsstelle mit der neutralen von letzterer zu trennen. Der Widerstand gegen diese Tendenz von Seiten des Materials oder in Folge der eigenthümlichen Verbindung, wird Schubspannung genannt. Gehen wir zu der nächstfolgenden Schicht über, so hat diese ihrerseits eine etwas grössere Länge angenommen, als die vorhergehende und dadurch an der gemeinschaftlichen Begrenzung eine gewisse Schubspannung erzeugt, welche durch jene erste Schicht bis zur neutralen Schicht übertragen wird und die dort bereits vorhandene Schubspannung um ihren Betrag vergrössert. Derselbe Vorgang wiederholt sich mit der 3ten, der 4ten . . . der nten Schicht. Hieraus folgt, dass die Schubspannung in der neutralen Schicht ein Maximum werden muss und dass dieselbe von der neutralen Schicht bis zu der am weitesten davon entfernten Schicht auf der Zugseite bis zum Werthe Null abnehmen muss. Zu demselben Resultat gelangen wir auch, wenn wir eine ähnliche Betrachtung auf der Druckseite des Schiffes anstellen. Ist die Schubspannung, die auf diese Weise in der neutralen Schicht erzeugt wird, zu gross, so findet dort eine Trennung des Körpers statt. Was vorstehend im Zusammenhange mit einem deformirten Schiffskörper abgeleitet wurde, gilt auch für jeden anderen Körper, der in der Richtung seiner Länge gebogen wird. Eine dahin gehörige Erscheinung ist z. B. die, dass man bei beabsichtigter starker Biegung von Planken diese in der neutralen Schicht durch einen Sägenschnitt trennt und dadurch die dort vorhandene Schubspannung beseitigt. Ihre Hauptrolle spielen die Schubspannungen übrigens im Holzschiffbau, wo dieselben vorzugsweise in den Fugen zwischen zwei benachbarten Längsverbandstücken auftreten, und wo dann Einrichtungen und Mittel vorgesehen werden müssen, dieselben aufzunehmen. Gewisse dem Holzschiffbau eigenthümliche Verbandmittel, ja sogar ganze Baumethoden finden in der Theorie der Schubspannungen ihre Erklärung.

Zweck und Form der Querverbandstücke können ebenfalls nur dann richtig aufgefasst werden, wenn man die auf den Schiffskörper in der Richtung des Querverbandes wirkenden Kräfte kennt. Die Ermittlung dieser Kräfte in quantitativer Beziehung kann an dieser Stelle jedoch noch nicht durchgeführt werden. Eine qualitative Vorstellung der in Betracht kommenden Verhältnisse, die vorläufig genügen muss, erhalten wir wie folgt: Denken wir uns das Schiff auf Land oder im Trockendock stehend, mit seinem Kiel auf passenden Unterlagen, den Stapelhölzern ruhend, sonst aber nicht weiter unterstützt, so haben die Stapelhölzer das ganze Schiff zu tragen. Das Schiff drückt mit seinem ganzen Gewicht gegen die Oberfläche der Stapelklötze und diese reagiren ihrerseits gegen die untere Fläche des Kiels mit einer Kraft, welche gleich dem Gewichte des Schiffes ist. Das Gewicht des Schiffes und die Reaction der Stapelklötze halten sich das Gleichgewicht; beide Kräfte sind übrigens in der Symmetrieebene des Schiffes angreifend zu denken. An Stelle des im Schwerpunkte des Schiffes

Die Querverband-
stücke.

angreifenden ganzen Gewichtes desselben kann ich auch die in den beiden Schwerpunkten der symmetrischen Hälften des Schiffes angreifenden halben Schiffsgewichte substituiren und mit ihnen je eine Hälfte der in der Symmetrieebene angreifenden Reaction der Stapelklötze combiniren. Hierdurch entsteht die in der untenstehenden Figur 4 angedeutete Gruppierung von Kräften, welche bemüht ist, die Seiten des Schiffes nach unten zu biegen. Es würde somit eine ähnliche Deformation querschiffs entstehen, wie bei einem auf einem Wellenberge schwimmenden Schiffe längsschiffs. Die Reaction gegen diese Deformation seitens der Querverbandstücke haben wir uns jedoch anders zu denken als dort. Die Querverbandstücke: Oberdecksbalken, Batteriedecksbalken, Zwischendecksbalken und der im Boden des Schiffes befindliche Theil der Spanthölzer (die Bodenwrangen) enthalten nämlich in ihren Zwischenräumen keinerlei Organe, welche Schubspannungen liefern. Die Folge davon ist die, dass der Schiffs-

Fig. 4.



körper der Quere nach nicht als Ganzes mit einer einzigen neutralen Schicht, sondern in dem hier angenommenen Falle in 4 getrennten Theilen gegen die Biegung reagirt, von denen jeder seine besondere neutrale Schicht hat. Der Haupttheil dieser Reaction fällt übrigens den Bodenwrangen zu. Es ist klar, dass die Beanspruchung der Querverbandstücke eine um so grössere sein wird, je weiter der Schwerpunkt einer symmetrischen Schiffshälfte von der Symmetrieebene entfernt ist. Diese Entfernung ist aber um so grösser, je weiter die Einzelgewichte des Schiffskörpers von der Symmetrieebene liegen. So ist z. B. ein Seitenpanzer an einem breiten Schiffe die Veranlassung zu einer besonders grossen Beanspruchung der Querverbandstücke und man findet daher bei solchen Schiffen ausserordentlich starke Querverbände. Die Beanspruchung eines schwimmenden Schiffes in den Querverbandstücken ist generell dieselbe, wie bei einem auf Land stehenden, nur durch die Stapelklötze unterstützten Schiffe, jedoch wesentlich geringer. Letzteres ergibt sich aus dem Umstande, dass an die Stelle der Reaction der Stapelklötze gegen die untere Fläche des Kiels die Reaction des Wassers, in dem das Schiff schwimmt, gegen den ganzen Schiffsboden tritt, dass somit die Hälfte dieser Reaction auf eine der symmetrischen

Schiffshälften nicht mehr in der Symmetrieebene, sondern in einer gewissen, später zu bestimmenden Entfernung von der Symmetrieebene angreift. Die in Vorstehendem gewonnenen Anschauungen bezüglich der Beanspruchung der Längs- und Querverbandstücke eines Schiffes werden für das Verständniss der Form und Anordnung derselben, welche in den folgenden Capiteln beschrieben werden sollen, ausreichen. Andere Arten von Beanspruchungen werden bei passenden Gelegenheiten berücksichtigt werden.

II. Capitel.

Die Baustelle oder der Helling.

Bevor zur Beschreibung der einzelnen Theile eines Holzschiffes geschritten wird, sind einige Bemerkungen über die Stelle, an welcher der Bau zur Ausführung kommen soll, geboten. Die Baustelle muss verschiedene Bedingungen erfüllen, von denen die erste als vollkommen selbstverständlich, dass sie nämlich in unmittelbarer Nähe eines hinreichend tiefen Gewässers gelegen sein muss, kaum der Erwähnung bedarf. Die zweite Hauptbedingung ist die, dass der Boden da, wo das Schiff erbaut wird, und auf dem Wege, den das fertige Schiff während des ins Wasserlassens zurückzulegen hat, eine solche Festigkeit besitzt, dass er das Gewicht des Schiffes, ohne eine Deformation anzunehmen, tragen kann. Diese Bedingung ist a priori gewöhnlich nicht erfüllt, ihr wird in den meisten Fällen dadurch entsprochen, dass man das betreffende Terrain durch Einrammen langer Pfähle in dieser Beziehung zuverlässig macht. Die Pfähle werden in Reihen parallel zum Kiel, den wir uns im Allgemeinen als senkrecht zur Uferlinie zu denken haben, angeordnet, und zwar derart, dass unter dem Kiel jedenfalls wenigstens eine Pfahlreihe vorhanden ist. Die Gesamtzahl der Pfähle richtet sich nach der Tragfähigkeit des einzelnen Pfahles, die eventuell durch einen practischen Versuch ermittelt werden kann, und dem Gewichte des schwersten voraussichtlich zu erbauenden Schiffes. Die Köpfe der Pfähle werden in Terrainhöhe abgeschnitten, mit Zapfen versehen und mittelst Längs- und Querschwellen verbunden. Auf den Schwellen bringt man demnächst einen vollständigen oder theilweisen Belag von kiefernen Bohlen an. Gleich bei der Anlage der Baustelle ist ferner als Hauptgesichtspunkt die Möglichkeit, das Schiff unbeschädigt zu Wasser zu bringen, im Auge zu behalten. Zu dem Ende giebt man der Oberfläche des Terrains und dem Bohlenbelage eine nach dem Wasser geneigte Lage und führt die beschriebene Einrichtung auch noch unter Wasser eine Strecke weiter. Häufig erfordern beschränkte Boden- und Wasserverhältnisse, dass das dem Wasser zugekehrte Ende des Hellings, wie eine solche Anlage genannt wird, innerhalb der Uferlinie schon tiefer

Zuverlässigkeit
des Terrains.

Gemauerte
Hellinge.

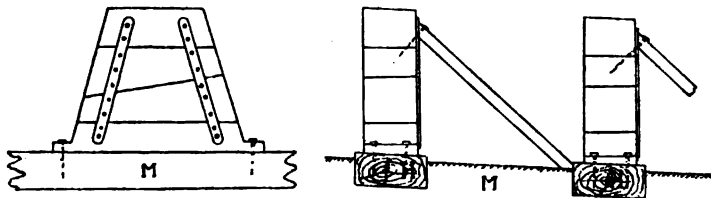
liegt als der Wasserspiegel. In diesem Falle wird der Helling seitlich durch Spundwände oder Mauerwerk begrenzt und während der Bauzeit nach dem Wasser zu durch Schwimmthore oder Schleusenthüren abgeschlossen. Letztere Einrichtung ist auch dann nothwendig, wenn in Folge starker Ebbe und Fluth das dem Wasser zugekehrte Ende des Hellings bei Hochwasser überfluthet werden würde. Hellinganlagen, die eine längere Dauer gewähren sollen, wie zum Beispiel die auf Marine-Werften, werden in Mauerwerk ausgeführt. Sie bilden höchst kostspielige Wasserbauanlagen, die im Allgemeinen auf Pfahlrosten mit darüber befindlicher Betonschicht fundirt werden. In der geneigten Oberfläche des die Sohle des Hellings bildenden Mauerwerks sind in gewissen Distanzen und normal zur Kiellinie Aussparungen zur Aufnahme von hölzernen Schwellen vorhanden, welche zur Schonung des Mauerwerks während des Baues und beim Ablauf dienen. Besonders bei den Hellingungen von weniger permanentem Charakter, wie man sie auf Privatwerften findet, kann man bei der Anlage und Untersuchung vor dem Beginn des Baues nie sicher genug zu Werke gehen, da die Beschädigungen von Schiffen während des Ablaufs fast immer auf fehlerhafte Hellinge zurückgeführt worden sind. Eine die Qualität des zu erbauenden Schiffes erhöhende Einrichtung besteht in der Ueberdachung des Hellings, um die atmosphärischen Niederschläge vom Schiffe während der Bauzeit fern zu halten. Die vollkommeneren Anlagen dieser Art sind dann noch mit Laufkränen und anderen Hebezeugen versehen, die den Bau wesentlich erleichtern und vollkommener werden lassen.

Ueberdachte
Hellinge.

Kielstapel.

Um während des Baues unter dem Boden des Schiffes arbeiten zu können, ist es nothwendig, die untere Fläche des Kiels etwa 1 Meter über der Sohle des Hellings zu haben. Man legt denselben daher auf eine Unterlage von entsprechender Höhe, welche durch die Kielstapel gebildet wird. Durch dieselben findet keineswegs eine continuirliche, sondern eine Unterstützung in gewissen Distanzen statt, da auch die untere Fläche des Kiels während des Baues zum grössten Theil frei bleiben muss.

Fig. 5.



Jeder Stapel besteht aus mehreren auf einander liegenden kurzen Stücken Eichenholz, deren Anordnung und Form aus Fig. 5 hervorgeht. Da es vorkommen kann, dass einzelne Stapel während des Baues fortgenommen und wieder aufgestellt werden müssen, so ist es zweckmässig, zwei der den Stapel bildenden Klötze keilförmig zu arbeiten.

Die Vorder- und Hinterfläche jedes Stapels wird glatt gearbeitet und mit einer in die Symmetrieebene des Schiffes fallenden, eingerissenen Linie versehen; eine solche wird auch auf der mit dem Kiel des Schiffes in Berührung kommenden oberen Fläche des obersten Klotzes eingerissen.

Der Holzschiffbau.

Angesichts der Thatsache, dass der Holzschiffbau sowohl in der Kriegs-, als auch in der Handelsmarine zu Gunsten des Eisenschiffbaues und in neuester Zeit auch des Stahlschiffbaues continuirlich an Terrain verliert, bedarf es der Angabe einiger Gründe für die relativ eingehender gehaltene Beschreibung der baulichen Elemente eines Holzschiffes und deren Zusammensetzung. Zunächst wird zugegeben werden müssen, dass, so lange Holzschiffe überhaupt noch vorhanden sind und alljährlich auf kürzere oder längere Zeit in Dienst gestellt werden, die Kenntniss derselben als Ganzes und wie sie aus einzelnen Theilen zusammengesetzt werden, für das an Bord befindliche Personal unentbehrlich ist. Die Unvollkommenheit des Baumaterials an und für sich, dessen Vergänglichkeit und die relativ mangelhafte Verbindung desselben zu einem Schiffskörper sind die zwingenden Gründe, sich möglichst eingehende Vorstellungen von der Form und Zweckmässigkeit der einzelnen Verbandstücke und deren Combinirung zu einem Schiffsgebäude zu bilden, um im gegebenen Falle den Grad der Sicherheit des Schiffes, die Nothwendigkeit von Reparaturen oder das Anbringen von Verstärkungen beurtheilen zu können. Dies bedingt jedoch eine möglichst eingehende Aufsuehung der äusseren Kräfte, welche das Schiff unter den ungünstigsten Bedingungen beanspruchen und die Untersuchung der Art und Weise, wie das Schiff als Ganzes sowie mit seinen einzelnen Theilen gegen diese Kräfte reagirt und die Untersuchung muss um so sorgfältiger geschehen, je weniger zuverlässig das in Anwendung gebrachte Baumaterial ist. Um sie erschöpfend durchzuführen ist die Kenntniss der Festigkeitslehre erforderlich und es werden die in den Bauvorschriften für Kriegsschiffe angegebenen Dimensionen thatsächlich mit Hilfe derselben berechnet, indem man dabei gleichzeitig die durch die Erfahrung gegebenen Anschauungen berücksichtigt. Die relativ geringe Widerstandsfähigkeit des Holzes als Baumaterial und die grosse Anzahl von Stücken, die zum Schiffe gebraucht werden, macht es indessen practisch unmöglich, aus Holz einen Schiffskörper zu erbauen, der bei seiner Beanspruchung durch äussere Kräfte nicht eine Deformation annähme. Eine Deformation des Schiffskörpers als Ganzes setzt aber eine solche seiner einzelnen Theile voraus und aus diesen in Momenten der stärksten Beanspruchung sichtbar werdenden Deformationen sind wir im Stande, ebenfalls einen Schluss auf den Charakter und die Intensität der Beanspruchung zu machen. Würde die Deformation nicht thatsächlich sichtbar, wie z. B.

Nutzen eines eingehenderen Studiums des Holzschiffbaues.

Die Wirkungen der äusseren Kräfte werden beim Holzschiff sichtbar.

bei einem eisernen Schiffe, so würde uns dies Mittel, über die deformirend wirkenden Kräfte und das Gesetz, wie das Baumaterial gegen dieselben reagirt, zu orientiren, nicht zu Gebote stehen, und wir wären genöthigt, uns vorher gründlich mit der Festigkeitslehre vertraut zu machen, bevor wir im Stande wären, über die Zweckmässigkeit der baulichen Bestandtheile des Schiffes nach Form und Dimension ein Urtheil zu fällen.

Mit Rücksicht auf den Hauptzweck dieses Buches machen wir uns, unter Anwendung einiger allgemein geläufiger Anschauungen über Zug- und Druckspannungen, vorzugsweise den letzteren, wesentlich empirischen Standpunkt zu Nutzen, indem wir uns mit dem Holzschiffbau zuerst und zwar verhältnissmässig eingehender beschäftigen. Ist dies geschehen, so ist das Verständniss für die Verbandmethode eiserner und stählerner Schiffe, sowie derjenigen Schiffe, wo diese Materialien mit Holz combinirt werden, ein leichtes.

Bei der nunmehr folgenden Beschreibung der einzelnen Theile eines Schiffskörpers soll im Allgemeinen die Reihenfolge festgehalten werden, in welcher sie bei der Erbauung eines neuen Schiffes zur Ausarbeitung, Zusammensetzung und Aufstellung gelangen. Als Typus soll dabei ein Schiff wie S. M. S. „Elisabeth“ gedacht werden.

Der Kiel.

Unter dem Kiel eines Schiffes versteht man das unterste, mittschiffs durchgehende Längsverbandstück eines Schiffes. Derselbe ist in Fig. 3 mit 1 bezeichnet. Von vorzugsweise rechteckigem Querschnitt scheidet der Kiel die Aussenhautplanken der beiden Schiffsseiten von einander und könnte daher zur Beplankung gehörig aufgefasst werden. Mit seiner vertikalen Dimension übertrifft er indessen die entsprechende Dimension der benachbarten Aussenhautplanken, so dass er nach unten um ein gewisses Maass vor der Oberfläche der Beplankung hervorragt. Zur Aufnahme der dem Kiel benachbarten Planken der Aussenhaut erhalten die Seitenflächen des Kiels eine Rinne von dreieckigem Querschnitt, der mit der Form der Querschnitte des Schiffes variabel ist. Diese Rinne heisst die Kielsponung. Die Form und Nothwendigkeit der Kielsponung folgt aus dem Umstande, dass die Fuge zwischen den Planken der Aussenhaut und dem Kiel, welche das Dichtungsmaterial aufzunehmen bestimmt ist, so gerichtet sein muss, dass das Eintreiben dieses Dichtungsmaterials bequem vor sich gehen kann, und dass der Querschnitt der anliegenden Planken möglichst geschont wird. Als Längsverbandstück wird der Kiel bekanntlich vorzugsweise auf Druck, bei langen Schiffen indessen auch auf Zug beansprucht. Letzterer Umstand bedingt die Verwendung möglichst langer Balken zu Kielstücken besonders in der Mitte des Schiffes. Dadurch wird die Zahl der Verbindungsstellen zweier auf einander folgender Stücke, d. h. die Zahl der schwächsten Stellen des Kiels auf ein Minimum gebracht. Was die Vertheilung dieser schwächsten Stellen auf die Länge des Kiels betrifft, so muss dieselbe so geschehen, dass sie nicht mit einer besonders stark beanspruchten Partie des Kiels

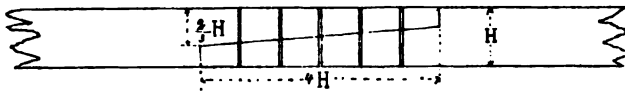
Zweck der Sponung.

zusammen fallen. Sie dürfen daher nicht unter den Mastspuren, auch nicht mittschiffs liegen.

Die Verbindung zweier auf einander folgender Kielstücke muss so beschaffen sein, dass auch eine Zugbeanspruchung durch dieselbe fortgepflanzt

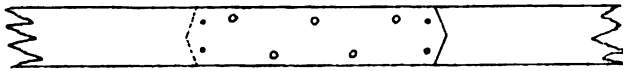
Kiellaschen.

Fig. 6.

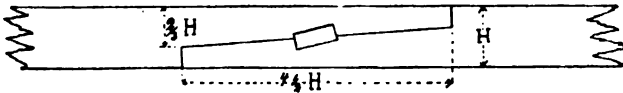


Seitenansicht.

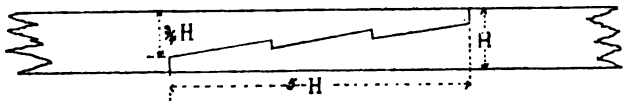
Nr. 1.



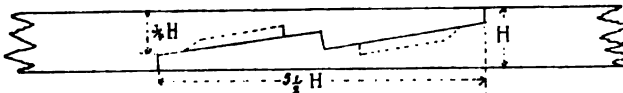
Obere Ansicht.



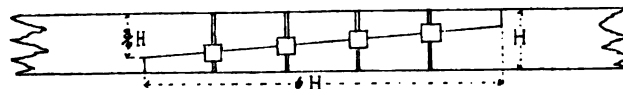
Nr. 2.
Seitenansicht.



Nr. 3.
Seitenansicht.



Nr. 4.
Seitenansicht.



Nr. 5.
Seitenansicht.

werden kann. Dieser Anforderung wird in der verschiedensten Weise durch die Kiellaschen entsprochen. Ist man sicher, dass der Kiel niemals eine besonders starke Zugbeanspruchung zu erleiden hat, so kann derselbe aus kurzen Stücken zusammen gesetzt werden unter Anwendung einer Laschung, wie Nr. 1 in Fig. 6 und unter Innehaltung der dort angegebenen Verhältnisse, sowie der

angedeuteten Verbindung durch Bolzen. Ist dagegen eine Beanspruchung des Kiels auf Zug unzweifelhaft und von grösserer Intensität, so wähle man eine der Laschungen Nr. 2 bis 5, wobei die höhere Nummer der höheren Zugbeanspruchung entsprechen kann. Bezüglich Nr. 2 ist zu bemerken, dass das angedeutete Schlossholz erst kurz vor dem zu Wasser lassen eingesetzt wird, um demselben keine Gelegenheit zum Eintrocknen und locker werden zu geben. Nr. 4 wird mit und ohne die punktirt angedeuteten Zapfen gearbeitet. Am meisten zu empfehlen ist die Laschung Nr. 5, wo das hakenartige ineinander Greifen der beiden Laschungen durch das Einsetzen sogenannter Cylinderzapfen oder Dübel ersetzt wird. Unter letzteren versteht man sauber und gearbeitete Cylinder aus trockenem Eichen- oder Teakholz von 6—7 cm. Durchmesser und ebenso grosser Höhe, die Holzfasern parallel zur Achse gerichtet. Um die Cylinderzapfen einzusetzen, verfährt man folgendermassen: Die der Form nach fertig gearbeiteten Laschungen werden zusammengelegt, mittelst Schraubzwingen fest aufeinander gepresst und nun mit Löchern für die Laschenbolzen versehen. Alsdann nimmt man die Stücke wieder auseinander und erweitert mittelst eines eigenthümlich gestalteten Bohrers von jeder Laschenfläche aus die Bolzenlöcher bis zu der lichten Weite des Durchmessers der Cylinderzapfen und zu einer Tiefe gleich der halben Cylinderzapfenlänge. In die untere der Laschungen werden demnächst die Cylinderzapfen eingetrieben und die obere Laschenzunge aufgelegt. Nachdem die Laschung wieder mittelst Schraubzwingen zu festem Schluss gebracht ist, und die Cylinderzapfen in ihrer Längsrichtung ebenfalls durchbohrt sind, können endlich die Laschenbolzen geschlagen werden, die wie ersichtlich die Cylinderzapfen mit durchdringen. Ein wesentlicher Vortheil der Cylinderzapfen besteht noch darin, dass die Laschenbolzen fast vollständig entlastet werden. Wären Cylinderzapfen nicht vorhanden, so würden, falls in der Laschung eine Zugspannung eintritt, die aus dem härteren Material bestehenden Bolzen in das weichere Material, Holz, einschneiden und die ursprünglich runden Löcher, in denen sie sitzen, sich sehr bald zu ovalen Löchern gestalten, was mit lecken Kielbolzen gleichbedeutend ist. Die Laschenbolzen sind sogenannte Klinkbolzen aus Kupfer oder Müntzmetall. Sie besitzen an dem einen Ende einen vorher angeschmiedeten conischen Kopf mit flacher Wölbung. Nachdem sie geschlagen, wird über das auf der entgegengesetzten Fläche des Kiels hervorragende Ende ein Klinkring aus Bronze gestreift, und dort ein ebenfalls conischer Kopf kalt angehämmt oder wie der Zimmermannsausdruck lautet, angeklinkt. Der Zweck des Klinkringes besteht darin, dass er, den cylindrischen Theil des Bolzens umfassend, bewirkt, dass die durch die Hammerschläge herbeizuführende Deformation lediglich in einer Conus- oder Kopfbildung oberhalb des Klinkringes besteht. Wäre ein Klinkring nicht vorhanden, so würde eine Kopfbildung unmöglich sein, die Deformation sich vielmehr auf den ganzen Bolzen ausdehnen. Während des Klinkens muss übrigens gegen den Kopf

Cylinderzapfen.

Klinkring.

des Bolzens ein schwerer Hammer fest angepresst werden; geschieht dies nicht, so wird der Bolzen wieder herausgetrieben.

Die Laschenbolzen werden übrigens, wie der Ausdruck lautet, um und um geschlagen, d. h. wenn der eine von oben nach unten geschlagen worden ist, so wird sein Nachbar von unten nach oben geschlagen.

Bei grösseren Schiffen von voraussichtlich langer Bauzeit würde der Kiel während derselben schon wesentlich an Qualität einbüßen können. Ist solches zu befürchten, so arbeitet man zunächst einen provisorischen Kiel aus, auf welchem man das Schiff bis zu dem Stadium aufbaut, wo die dem Kiel benachbarten Planken angebracht werden müssen. Der provisorische Kiel wird dann fortgenommen und durch den definitiven Kiel ersetzt. Letzterer muss nach Form, Laschenanordnung und Dimension mit ersterem genau übereinstimmen, ihn an Qualität des Holzes aber wesentlich übertreffen. Ueberhaupt kann das Material zum Kiel niemals sorgfältig genug ausgewählt werden. Man nimmt dazu stets das beste Eichenholz (in neuerer Zeit auch Teakholz), was zu haben ist. Wegen der grossen Zahl von Befestigungsorganen, die der Kiel aufnehmen muss, zieht man solche Hölzer vor, die nicht zu leicht spalten. In dieser Beziehung würde z. B. das Teakholz dem Eichenholz nachstehen. In sehr hohem Maasse wird der letzteren Anforderung durch europäisches Ulmenholz entsprochen, welches ausserdem die Eigenschaft hat, sich unter Wasser nicht nur vorzüglich zu conserviren, sondern sogar an Qualität zu gewinnen, wie die beim Abbruch S. M. S. „Barbarossa“ gemachten Erfahrungen bestätigen. Da diese Holzsorte jedoch verhältnissmässig selten in hinreichend grossen Dimensionen vorkommt, so hat es in unserer Kriegsmarine zu Kielstücken bisher keine Verwendung gefunden. In neuerer Zeit tritt als Ersatz für die europäische Ulme die Canada-Ulme auf, welche die schätzenswerthen Eigenschaften der ersteren, wenn auch in geringerem Grade, ebenfalls besitzt. Aber auch die Canada-Ulme liefert keine grossen Längen, so dass auch ihre Verwendung zu Kielstücken auf die kleineren Schiffe der Handelsmarine beschränkt bleibt. Den Vorzug grosser Längen besitzt die Buche, welche diesem Umstande ihre Verwendung zu Kielstücken in der Handelsmarine verdankt.

Provisorischer
Kiel.

Material des
Kiels.

Die Ausarbeitung, Zusammenfügung und Verbindung der Kielstücke findet auf dem Helling statt. Nachdem dieselbe vollendet, und auf den Seitenflächen die Mittellinien und Bezeichnungen der Spanten angebracht sind, kantet man den fertigen Kiel auf passenden Unterlagen, auf die Kielstapel, der Art, dass das vordere Ende desselben dem Lande zugekehrt ist und dass die auf der oberen und unteren Fläche desselben eingerissenen Mittellinien genau über den Mitten der Stapelklötze liegen. Diese Operation wird das Strecken des Kiels genannt.

Kielstreckung.

Ogleich die Loskiele erst untergebracht werden, nachdem alle auf dem Helling am Schiffskörper vorzunehmenden Arbeiten fertig sind, soll

Der Loskiel.

derselbe wegen seines Zusammenhangs mit dem Kiel an dieser Stelle beschrieben werden. Der Loskiel hat die Bestimmung, den eigentlichen Kiel bei Grundberührungen vor Beschädigungen zu schützen, speciell auch bei den beabsichtigten Grundberührungen, d. h. beim Docken des Schiffes. Man darf diesen Schutz jedoch nicht dadurch besonders wirksam zu machen suchen, dass man dem Loskiel eine bedeutende Höhe giebt, weil dadurch der Tiefgang des Schiffes vermehrt und unter gewissen Umständen die Chance der Grundberührung erhöht wird. Hiernach nimmt der Loskiel den Character einer Planke an, welche mit Spiekern oder Stumpfbolzen unter dem eigentlichen Kiel relativ lose befestigt wird. Man bezweckt mit dieser Befestigungsart, dass bei Grundberührungen der Loskiel sich eventuell vollständig vom eigentlichen Kiel trennen kann, ohne letzteren bedeutend zu beschädigen.

Loskiel gegen
Schlingern und
Abtrift.

Ausser dem soeben angeführten gewährt der Loskiel noch einen andern Nutzen, nämlich den, dass er die schaukelnden Bewegungen des Schiffes, wenn dasselbe vor dem Winde segelt, verlangsamt und dessen Abtrift beim am Winde segeln verringert. Diese Funktion wird unter Umständen bei Segelschiffen zur Hauptsache und man steigert dieselbe daher häufig durch einen unter dem bereits vorhandenen angebrachten zweiten Loskiel, wobei man allerdings die betreffende Tiefgangsvermehrung in den Kauf nimmt. Die einzelnen Stücke, aus denen der Loskiel in der Richtung seiner Länge besteht, werden ebenfalls mittelst Laschen mit einander verbunden und zwar nach Fig. 5, No. 1, indem man am vorderen Ende die Laschenzungen zu oberst legt. Die Laschen des Loskiels dürfen übrigens nicht unter denen des eigentlichen Kiels liegen. Ist nur ein Loskiel vorhanden, so wird derselbe aus Kiefernholz gefertigt. Sind deren zwei, so besteht der obere bei unseren Schiffen aus Eichen-, der untere aus Kiefernholz.

Bodenbeschlag
des Kiels und
des Loskiels.

Vor dem Unterbringen des ersten Loskiels wird der eigentliche Kiel mit seinem Bodenbeschlag versehen, also eventuell gekupfert. Die Loskiele erhalten ebenfalls den Bodenbeschlag und zwar jeder einzeln, wenn deren zwei vorhanden sind.

Der
Vorderstev.

Der Schiffskörper wird an seinem vorderen Ende durch den Vorderstev begrenzt, der dort zum Theil einen ähnlichen Zweck erfüllt, wie der Kiel unten, indem er das Zwischenstück zwischen der Beplankung der beiden Schiffseiten bildet, derselben gleichzeitig Gelegenheit zu einer soliden, wasserdichten Befestigung bietend. Zu dem Ende sind auf beiden Seitenflächen des Vorstevens Sponungen vorhanden, welche die Fortsetzung der Kielsponungen bilden und welche zur Aufnahme der vorderen Begrenzung der Beplankung dienen. Die Vorderfläche des Vorderstevens würde demnach im Allgemeinen parallel zur Aussenkante Sponung, die Hinterfläche parallel zur Innenkante Sponung sein müssen. Aussen- und Innenkante Sponung divergiren jedoch in ihrem Verlauf nach dem Kiel

hin; folglich ist dies auch für die vordere und hintere Begrenzungsfläche des Vorderstevens der Fall. Bezüglich der Querdimensionen des Stevens ist klar, dass er an seinem unteren Ende, wo er mit dem Kiel zusammentrifft, ebenso breit sein muss wie dieser; weiter nach oben würde die Breite langsam zunehmen, bis sie am oberen, unter dem Bugspriet abstossenden Ende ihr Maximum erreicht. Wir haben demnach beim Vorderstevan einen variablen Querschnitt, dessen Dimensionen quer- resp. längsschiffs bis zu gewissen Grenzen zu- und abnehmen. Wie weit übrigens eine Abweichung von dem rechteckigen Querschnitt geboten erscheint, hängt lediglich von der Form des Schiffes ab. — Verfügt man über ein reichhaltiges Holzlager, so vermittelt man die Verbindung des Vorderstevens und des Kiels durch den sogenannten Vorlauf, ein knieartiges Holz, dessen einer Arm in der Richtung des Kiels liegend mit diesem durch eine Laschung mit Cylinderzapfen verbunden ist und dessen anderer Arm in der Richtung des Stevens schräge aufwärts strebt und durch eine ebensolche Laschung demselben angeschlossen ist. Der Theil des Stevens oberhalb des Vorlaufs kann bei einem Schiffe von einiger Grösse noch kaum in einer Länge gefunden werden, weil dasselbe bei seinen complicirten Querschnittsverhältnissen ausserdem noch eine gewisse gekrümmte Form nach Richtung der Aussenkante Sponung haben muss. Die Verbindung der betreffenden beiden oder unter Umständen noch grösseren Anzahl von Stücken erfolgt wieder durch Cylinderzapfenlaschung. Verfügt man nicht über ein passendes Stück Holz zu einem Vorlauf, so ist man genöthigt, den Steven direct auf den Kiel zu setzen. Da Kiel und Steven in diesem Falle fast rechtwinklig auf einander treffen, so ist die Anwendung einer Laschung ausgeschlossen. Zur Herstellung der Verbindung bedient man sich dann eines Verfahrens, welches sich im Holzschiffbau bei ähnlichen Gelegenheiten stets wiederholt und welches darin besteht, dass man die unterbrochene Continuität dadurch wieder herstellt, dass man auf der einen Seite der zu verbindenden Stücke, in unserem Falle auf der inneren Seite von Kiel und Steven, ein volles, durchgehendes Holz anbringt, mit welchem beide Stücke verbolzt werden können. Das betreffende Stück ist zwar auch noch knieartig gestaltet, es heisst sogar Binnenstevanknie oder Reitknie, ist aber schon leichter zu beschaffen als ein Vorlaufknie, besonders wenn man darauf verzichtet, das betreffende Stück in der Ecke zwischen Oberkante Kiel und Hinterkante Steven vollkantig zu haben und an dieser Stelle ein kleines Füllstück anwendet. Die Verbindung zwischen Steven und Kiel wird bei nicht vorhandenem Vorlauf mittelst auf die gemeinschaftlichen Seitenflächen ausserhalb der Aussenkante Sponung aufgelegter bronzener Beschlagtheile von solcher Form verstärkt, dass eine sichere Verbolzung derselben querschiffs möglich wird.

Vorlauf.

Herstellung der
Verbindung mit
dem Kiel.

Die Verbindung der einzelnen Stevenstücke wird keineswegs für so sicher erachtet, dass nicht eine weitere Verstärkung erforderlich wäre.

Der Binnen-
vorderstevan.

Eine solche wird geliefert durch den Binnenvorderstevn. Derselbe bildet gewissermassen eine Wiederholung des eigentlichen Stevens und besteht ebenfalls aus mehreren Stücken, deren Laschen jedoch auf volles Holz des letzteren treffen, wodurch die verstärkende Wirkung bedingt wird. Das untere Ende des Binnenstevens stösst bei vorhandenem Vorlauf stumpf auf den Kiel, geht dagegen auf das Binnenstevnknie über, wenn der Vorderstevn keinen Vorlauf hat. Sämmtliche Laschen des Vorderstevens und des Binnenstevens erhalten Cylinderzapfen mit Klinkbolzen. Nachdem beide Steven durch provisorische eiserne Bolzen, die später wenigstens unter Wasser durch kupferne ersetzt werden, verbunden sind, schreitet man zum Aufrichten des Stevens. Derselbe wird mit Hilfe von Mittellinien, die auf der Vorder- und Hinterfläche desselben eingerissen sind, genau ausgerichtet und nachdem auch die Verbindung mit dem Kiel geschlossen ist, in solcher Weise abgestützt, dass weder eine Veränderung der Lage noch eine Deformation zu befürchten ist.

Der Schegg.

Auch an seiner vorderen Fläche erhält der Vorderstevn eine Verstärkung durch den sogenannten Schegg, die allerdings erst später, etwa mit dem Loskiel angebracht wird. Gleichzeitig erfüllt der Schegg jedoch noch den Zweck, die durch den Vorderstevn gebildete vordere Begrenzung des Schiffskörpers schärfer zu gestalten, als dies ohne Schegg möglich ist. Letzterer Function entsprechen die französischen und englischen Bezeichnungen für denselben, welche *taille-mer* resp. *cut-water* lauten. Im holländischen wird wenigstens der untere Theil des Scheggs *loef houder* d. h. Lufhalter genannt und damit eine dritte Eigenschaft des Scheggs characterisirt, nämlich die, ein zu schnelles Abfallen des Schiffes beim Segeln am Winde zu verhüten. Der Schegg besteht wie der Vorderstevn nach Richtung seiner Länge eventuell aus mehreren Stücken, die mittelst Laschung verbunden sind.

Das Gallion.

In seinem oberen Theile schliesst sich der Schegg dem consolenartigen Ausbau unter dem Bugspriet, dem Gallion an.

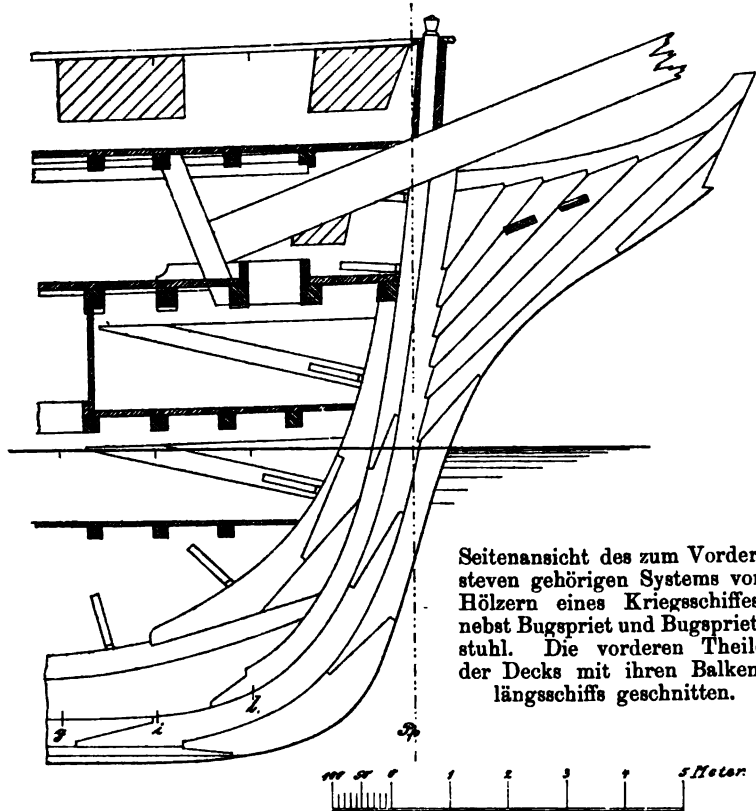
Dieses dient wesentlich zur Consolidirung des Bugspriets aussenbords, indem es Gelegenheit bietet, dasselbe mit Hilfe von umgeschlungenen Ketten herunter zu halten. Bekanntlich fehlt bei manchen Schiffen aus irgend welchen Gründen das Gallion; in einem solchen Falle muss die Art und Weise der Lagerung des Bugspriets so beschaffen sein, dass es trotz des fehlenden Gallions unter dem Einfluss der auf dasselbe wirkenden Kräfte nicht auftoppen kann.

Die den Mittelkörper des Gallions bildenden Hölzer können auf verschiedene Weise zusammengesetzt werden; gewöhnlich divergiren dieselben von einer passenden Stelle unterhalb des Bugspriets nach oben, indem man dabei vermeidet, die unteren Enden derselben spitz auslaufen zu lassen. Mit Hilfe des vordersten Stückes sucht man der Seitenansicht des Gallions und dadurch der vorderen Begrenzung des Schiffes überhaupt ein möglichst

gefälliges Aussehen zu geben. Die oberen Enden der den Mittelkörper des Gallions bildenden fächerartig gestellten Hölzer endigen an einem ungefähr parallel zum Bugspriet verlaufenden Holze, dessen hinteres Ende gegen den Vorderstevan stösst.

Die den Schegg und den Mittelkörper des Gallions bildenden Hölzer werden unter einander und mit dem Stevan durch eiserne oder kupferne Bolzen verbunden. Dieselben erhalten binnenbords gewöhnlich Schrauben-

Fig. 7.



Seitenansicht des zum Vorderstevan gehörigen Systems von Hölzern eines Kriegsschiffes, nebst Bugspriet und Bugspriestuhl. Die vorderen Theile der Decks mit ihren Balken längsschiffs geschnitten.

gewinde und Muttern. Figur 7 wird das Gesagte weiter veranschaulichen. Die eingehendere Construction des Gallions soll weiter unten gegeben werden. Durch geeignete Wahl der Dimensionen des Scheggges, sowie der Ausladung des Gallions kann man unabhängig von der mehr oder weniger geneigten Lage des Stevans innerhalb weiter Grenzen eine passend erscheinende Curve für die Seitenansicht des vorderen Endes des Schiffes erhalten. Mit Bezug auf die dem Vorderstevan zu gebende Neigung ist zu bemerken, dass ein in der Nähe des Kiels nach vorn ausladender Stevan eine solidere Verbindung zwischen Kiel und Stevan gestattet. Im Uebrigen muss diejenige Form und Lage des Stevans als die beste gelten, welche dem spe-

Rammsteven. ciellen Zwecke, dem das Schiff dienen soll, am meisten entspricht. Ist das Schiff z. B. ein Kriegsschiff, dessen Offensivstärke zum Theil durch die Möglichkeit, einen Rammstoss ausführen zu können, bedingt ist, so muss der vorderste Punkt des Stevens, wenn nicht in einer gewissen Tiefe unter Wasser, so doch wenigstens in der oberen Wasserlinie liegen; von diesem Punkte ab muss der Steven sowohl über als unter Wasser nach hinten zurückweichen. Eine geeignete Armirung des vordersten Punktes des Stevens durch einen Beschlag aus Bronze, eine kräftige Abstützung im Innern des Schiffes, ferner ein fehlendes Gallion und einziehbares Bugspriet sind Erfordernisse, welche bei einem zum Rammen bestimmten Schiffe die Chancen auf Erfolg mit möglichst geringer eigener Beschädigung bedingen.

Material des Vorderstevens.

Als Material für die zum Vordersteven gehörigen Hölzer kommt bei unserer Kriegsmarine nur das beste Eichenholz in Betracht.

Der Hintersteven.

Der Hintersteven bildet den Schluss des Schiffskörpers an dessen hinterem Ende, indem er die dort endigenden Planken der Aussenhaut in seinen Sponungen aufnimmt; wenigstens gilt dies für die untere, grösstentheils unter Wasser befindliche Partie des Schiffskörpers. Ausser bei Schiffen mit einfacher Schraube dient der Hintersteven gleichzeitig zum Anbringen des Ruders. Ist dagegen ein Schraubenpropeller unmittelbar hinter dem Steven vorhanden, so fällt letztere Rolle einem besonderen, hinter dem Propeller befindlichen Rudersteven zu. Ist der Hintersteven gleichzeitig Rudersteven, wie bei Segelschiffen und Raddampfern, so ist die Form desselben eine verhältnissmässig einfache. Er besteht aus einem geraden und aus diesem Grunde nur einem Stücke in Richtung der Länge, dessen Querschnitt unten längsschiffs die grössere Dimension hat, während oben, wegen der dort vorhandenen volleren Wasserlinien, die grössere Dimension querschiffs liegt. Die geringste querschiffs Dimension ist natürlich gleich der des Kiels, in welchem der Hintersteven mittelst eines angehauenen Zapfens steht.

Rudersteven.

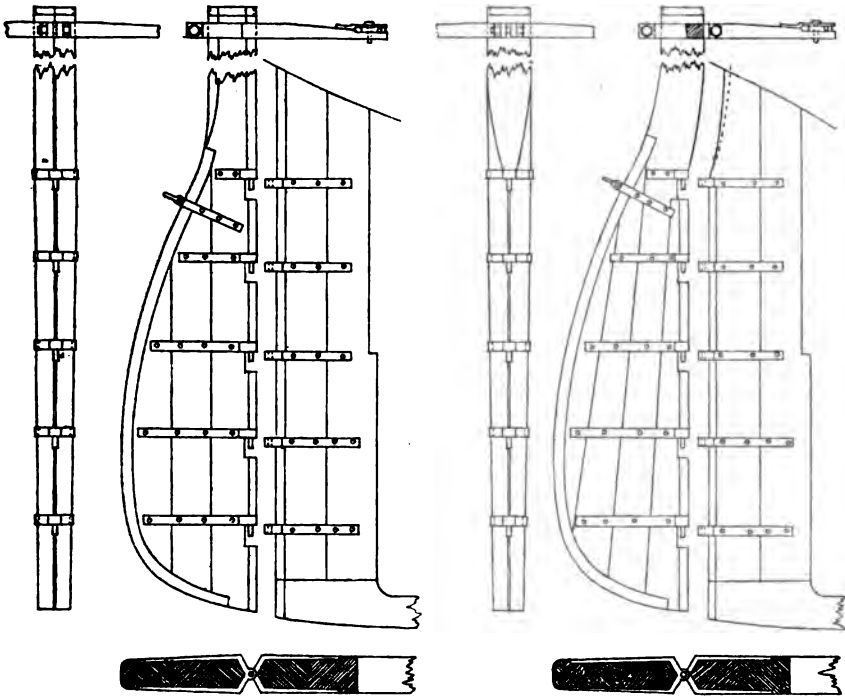
Die hintere Begrenzung ergiebt sich durch die Nothwendigkeit, dem Ruder eine zur Symmetrieebene des Schiffes geneigte Lage geben zu müssen, wie dies in Fig. 8 angedeutet ist. Um die Oeffnung für den Durchgang des Ruderhalses in das Innere des Schiffes so klein wie möglich zu bekommen, ist es nothwendig, den Ruderhals da, wo er durch den Schiffskörper hindurchgeht, als Umdrehungskörper zu gestalten, dessen Achse mit der Drehachse des Ruders zusammenfällt. Dieser Anforderung zu entsprechen, erscheint der Ruderkopf an der betreffenden Stelle in der Seitenansicht nach vorn gekrümmt. Um daher dem vor der Drehachse des Ruders liegenden Theile des Ruderkopfes Raum zu gewähren, muss ein entsprechendes Quantum Material vom oberen Ende des Hinterstevens in der Weise fortgenommen werden, dass die Hohlform für den Ruderkopf gebildet wird.

Das Hinterstevenknie.

Bei kleineren Schiffen liegt in dem Winkel zwischen der Vorderfläche des Hinterstevens und der oberen Fläche des Kiels das Hinterstevenknie, dessen Arme mit Kiel und Steven verbolzt sind. Bei grösseren Schiffen ist dagegen stets

ein Binnensteven vorhanden. Ein solcher steht an der Vorkante des eigentlichen Stevens, durch Bolzen und Cylinderzapfen mit demselben verbunden und ebenfalls mittelst Zapfen im Kiel. In dem Winkel zwischen der Vorderfläche des Binnenstevens und der oberen Fläche des Kiels findet demnächst das Stevenknie seine Stelle. Die Schwierigkeiten, für grosse

Fig. 8.



Aeltere Ruderform; Ruderkopf und -Hals liegen hinter der Drehachse.

Neuere Ruderform; die Mitte des Ruderkopfes liegt in der verlängerten Drehachse.

Schiffe ein geeignetes Hinterstevenknie im Holzlager zu finden, sind wö-möglich noch grösser, als beim Vordersteven. Man ist daher fast stets genöthigt, durch Aufwendung einer passenden Aufklotzung den Winkel dieses Knies so stumpf wie möglich zu machen. Bei der Zusammenfü-gung der Hölzer werden, soviel wie angängig, Cylinderzapfen zur An-wendung gebracht und das ganze System solide verbolzt.

Bei Schraubenschiffen tritt bezüglich der Form des Hinterstevens und der mit ihm im Zusammenhang stehenden Hölzer eine Complication hinzu, die dadurch veranlasst wird, dass die mit ihrer Achse in der Symmetrie-ebene des Schiffes liegende Schraubenwelle etwa in der Höhe des halben

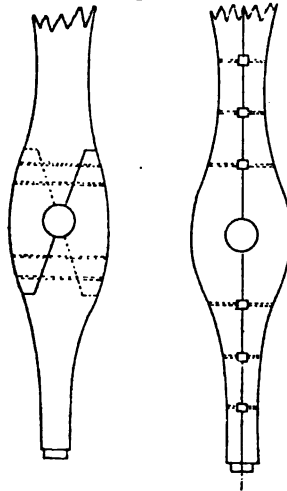
Hintersteven
von Schrauben-
schiffen.

Das Steven- oder Wellenrohr.

hinteren Tiefgangs den Hinterstegen durchdringt. Da, wo diese Durchdringung vor sich geht, ist die Schraubenwelle von einem Broncerohr umgeben, dessen hinteres Ende mit einem Pockholzlagerfutter für dieselbe versehen ist und dessen vorderes Ende innerhalb des Schiffes eine Stopfbüchse erhält, um das Eindringen des Seewassers durch dieses Rohr, das Steven- oder Wellenrohr, zu verhüten. Das Stevenrohr nun muss in seiner ganzen Länge in massivem Holz gebettet liegen. Die betreffende Aufklotzung muss daher bis zu einer entsprechenden Höhe hinauf und so weit nach vorne geführt werden, dass die Stopfbüchse des Stevenrohrs im Inneren des Schiffes befestigt und bedient werden kann. Im Steven muss seitlich vom Stevenrohr natürlich hinreichend Material zugegeben werden, um die durch das Ausbohren des Loches für das Hinterstegenrohr bedingte Schwächung zu compensiren. Die hintere Ansicht des Stevens wird daher der Fig. 9 entsprechen. Da bei grösseren Schiffen Hölzer von so bedeutenden Dimensionen, wie sie

Fig. 9.

Rechts:
mittelst Laschung für
zusammengesetzter
Schraubenstegen.



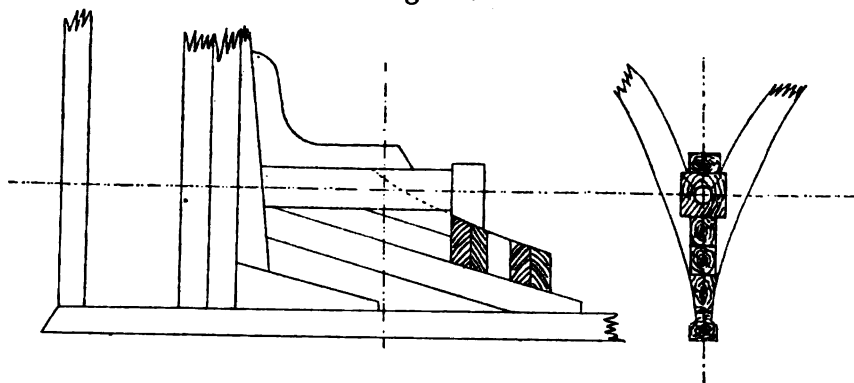
Links:
zusammengesetzter Schraubenstegen mit einer Fuge in der Symmetrieebene.

die Anschwellung für das Hinterstegenrohr bedingt, nicht gefunden werden können, so setzt man einen solchen Steven querschiffs aus zwei Stücken zusammen, so dass in der Richtung seiner Länge eine Fuge vorhanden ist, die übrigens nicht gerade in der Symmetrieebene des Schiffes zu liegen braucht. Eine eben solche Zusammensetzung findet beim Binnenstegen statt und werden alsdann sämtliche vier Hölzer mit einander unter Anwendung von Cylinderzapfen verbolzt. Bei kleineren Schiffen erreicht man die erforderliche Dicke des Stevens in der Höhe des Stevenrohrs unter Umständen auch durch Zusammensetzung in der Richtung der Länge, wie in Fig. 9. Wie ersichtlich, kreuzen sich die Laschenfugen des eigentlichen Stevens und seines Binnenstevens.

Was die Lagerung des Stevenrohrs in vollem Holz weiter nach vorne betrifft, so erreichte man bei den älteren Schraubenschiffen, deren Form in

der Höhenlage der Schraubenwelle bedeutend voller war, als dies bei unseren neuen Holzschiffen der Fall ist, und die daher mit einem kurzen Stevenrohr auskamen, den angegebenen Zweck, indem man vor den Binnenstevn noch einen zweiten Binnenstevn von hinreichend grossem Querschnitt stellte. Die in der Gegend des Wellenrohres scharf geformten Schiffe mit langen Wellenrohren werden dagegen, in der in Fig. 10 dargestellten Weise, in Holz gelagert. Das Stück Langholz, in dem das Rohr direct gelagert ist, heisst Wellenklotz; derselbe besteht der Höhe nach aus zwei Theilen, deren hintere Enden mittelst Zapfen im Binnenstevn und deren vordere Enden ebenso in einem querschiffs gelagerten Holz, dem Stopfbuchsenklotz, endigen. Der Raum unterhalb des Wellenklotzes wird durch das Stevenknie und eine geeignete Aufklotzung ausgefüllt. In dem Winkel zwischen der Vorderfläche des Binnenstevens und der oberen Fläche des Wellenklotzes ist ein Knie vorhanden, welches diesen Winkel constant zu erhalten bestimmt ist.

Fig. 10.



Schematische Skizze für die Anordnung der Hölzer im Bereich des Wellenrohres und unterhalb desselben.

Wenn irgendwo im Schiff, so sind Cylinderzapfen im Bereiche des Hinterstevens und der Aufklotzung bei Schraubenschiffen von Nutzen, und zwar wegen der bedeutenden durch die Schraube hervorgerufenen Vibrationen.

Der Ruderstevn von Schraubenschiffen steht in einem gewissen Abstand hinter dem Hinterstevn ebenfalls mittelst Zapfen im Kiel; zwischen demselben und dem Hinterstevn wird die Oeffnung für die Schraube — die Schraubenpforte — freigelassen. Er wird durch ein gerades Stück Holz von constantem Querschnitt mit der bekannten Abschrägung zum Legen des Ruders an der Hinterkante und der Aussparung für den Ruderkopf gebildet. Der Ruderstevn muss in einer solchen Entfernung unterhalb des Ruderkopfes binnenbords endigen, dass eine Ruderpinne oder ein Ruderjoch angebracht werden kann, welche Bemerkung übrigens auch für den Hinterstevn eines Nichtschraubenschiffs zutrifft. Um indessen die Gelegenheit, mit Hilfe des Ruderstevens den Verband des Hinterschiffes zu verstärken, nicht einzubüssen, besonders wenn das Schiff eine heraus-

Der Ruderstevn
bei Schraubenschiffen.

nehmbare Schraube und in Folge dessen einen Brunnen hat, so stellt man vor den Ruderstevan ebenfalls einen Binnenstevan, den man dann weiter in's Innere des Schiffes treten lässt, um ihn mit den Balken von einem oder mehreren Decks in Verband zu bringen. Bei der Verbolzung des Ruderstevens mit seinem Binnenstevan sind natürlich Cylinderzapfen am Platze. Die untere Begrenzung der Oeffnung für die Schraube wird durch den Kiel gebildet, der an dieser Stelle und auf eine gewisse Distanz weiter nach vorn übrigens der Loskiel entbehrt. Die Chance der Beschädigung dieser besonders empfindlichen Stelle durch Grundberührungen sucht man dadurch zu verkleinern, dass man die Unterkante des Kiels etwa von der Stelle an, wo noch Loskiel vorhanden ist, hinterwärts etwas nach oben gehen lässt, sodass jene Stelle sich am tiefsten unter Wasser befindet.

Hinterstevan-
Beschläge.

Zur Verstärkung erhalten Kiel und Stevan da, wo sie zusammenstossen, seitlich liegende geeignete Bronzebeschläge, die dem Ganzen erst einen soliden Verband gewähren. Ist die Reducirung des hinteren Tiefganges auf ein Minimum, sowie ein möglichst grosser Durchmesser der Schiffsschraube eine unumgängliche Bedingung, so lässt man das Stück Kiel zwischen dem Hinterstevan und dem Ruderstevan ganz fort und ersetzt dasselbe durch ein Broncestück mit entsprechenden Hohlformen für die beiden Stevan, deren untere Enden in ihm durch kupferne oder bronzene Bolzen befestigt werden. Das horizontale Zwischenstück kann in seiner vertikalen Dimension entsprechend seiner grösseren Festigkeit kleiner gemacht werden, als das Stück des Kiels, welches es ersetzt. Hinter die Hinterfläche des Hinterstevens und vor die Vorderfläche des Ruderstevens werden, soweit der Gang der Schraube dadurch nicht beeinträchtigt wird, Holzstücke von nahezu dreieckigem Querschnitt befestigt, welche den Zweck haben, den Widerstand des Wassers, wenn das Schiff in Fahrt ist, zu vermindern.

Material des
Hinterstevens.

Der Hinterstevan und die zu ihm gehörigen Hölzer werden gewöhnlich aus bestem Eichenholz gefertigt. Wegen der geraden Form und grossen Dimensionen kann man indessen auch mit Vortheil Teakholz verwenden.

Die Spanten.

Die Spanten, auch Spanthölzer, Inhölzer oder schlechtweg die Hölzer genannt, bilden vom Skelett des Schiffsrumpfs die Rippen, welche dem Kiel, als dessen Rückgrat, angefügt sind. Sie sind als solche bestimmend für die Form des Schiffskörpers, demselben gleichzeitig Widerstandsfähigkeit gegen Kräfte gewährend, welche in ihrer Ebene wirken. Auf der äusseren Fläche der Spanten wird die äussere Beplankung des Schiffskörpers angebracht, deren wichtigste Funktion darin besteht, den inneren Schiffsraum wasserdicht nach aussen hin abzuschliessen. Mit Rücksicht darauf muss die Unterstützung der Beplankung von Seiten der Spanten eine möglichst continuirliche sein, um zu verhindern, dass das Dichtungsmaterial in den Fugen zwischen den Planken nach innen hinein getrieben wird. Hieraus erklärt sich die überaus grosse Anzahl der Spanten. Die innere Fläche der Spanten dient zur Aufnahme der inneren Beplankung des Schiffes,

deren Hauptfunktion darin besteht, dem Schiffe den erforderlichen Längsverband zu liefern. Die Spanten befinden sich somit zwischen zwei Plankenlagen gebettet, welche fast durchweg mittelst gemeinschaftlicher Befestigungsmittel durch die Spanten hindurch mit einander verbunden werden. Auf diese Weise ist ersichtlich, wie die Spanten die Uebertragungen von Zug- und Druckspannungen zwischen der äusseren und inneren Bepankung und besonders von einer Reihe Planken auf die andere vermitteln, oder was dasselbe ist, die durch jene Zug- und Druckspannungen hervorgerufenen Schubspannungen aufnehmen. Wegen der dem Querschnitt des Schiffes entsprechenden gekrümmten Form muss jedes Spant in der Richtung seiner Peripherie aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden, welche dadurch unter einander verbunden werden, dass man neben die Stossstellen ein ebenfalls gekrümmtes volles Holz legt, mit dem die zu verbindenden Stücke verbolzt werden. Denkt man sich die sämtlichen Verbindungsstücke dieser Art auf eine Seite des Spants gelegt, und so lang gewählt, dass sie ihrerseits zusammenstossen, so hat man eine zweite Gruppe von gekrümmten Hölzern, die in der Richtung der Spantebenen liegen und sich von der ersteren nur durch die Anordnung der Stösse unterscheiden. Hiernach ist es verständlich, wenn es bei der Beschreibung der Zusammensetzung eines Spants heisst: Jedes Spant besteht aus einer vorderen und einer hinteren Lage von Hölzern, von denen jede in der Richtung der Peripherie aus mehreren Stücken besteht, deren Stossstellen gegen einander verschiessen. Die einzelnen Stücke eines Spants jeder Lage haben verschiedene Bezeichnungen. Die unmittelbar auf dem Kiel liegenden Hölzer heissen Bodenwrangen, an diese schliessen sich die Boden- resp. Kimmstücke, je nachdem dieselben mehr dem Boden oder der Kimm, d. h. der Uebergangsstelle vom Boden in die Seitenfläche des Schiffes angehören; auf die Kimmstücke folgen die Auflanger, die als erster, zweiter u. s. w. Auflanger unterschieden werden. Was die Dimensionen der Spanten betrifft, so sind die Bodenwrangen am stärksten. Entsprechend der kleiner werdenden Beanspruchung weiter nach den Seiten und nach oben nehmen die Dimensionen des Querschnitts ab, und zwar in der Richtung normal zur Peripherie allmählich, in der Richtung längsschiffs stufenweise, sodass jedes einzelne Spantholz seitlich durch zwei parallele Ebenen begrenzt wird, die bei den Bodenwrangen am weitesten von einander, bei den obersten Auflangern einander am nächsten stehen. Die vorderen Flächen der Hölzer der vorderen Lage und die hinteren Flächen der Hölzer der hinteren Lage jedes Spants liegen in Ebenen, welche normal zum Kiel stehen. Sie werden als die vordere und hintere Mall-

Zusammensetzung eines Spants.

Die Bodenwrangen, Kimmstücke und Auflanger.

Die Mallkanten.

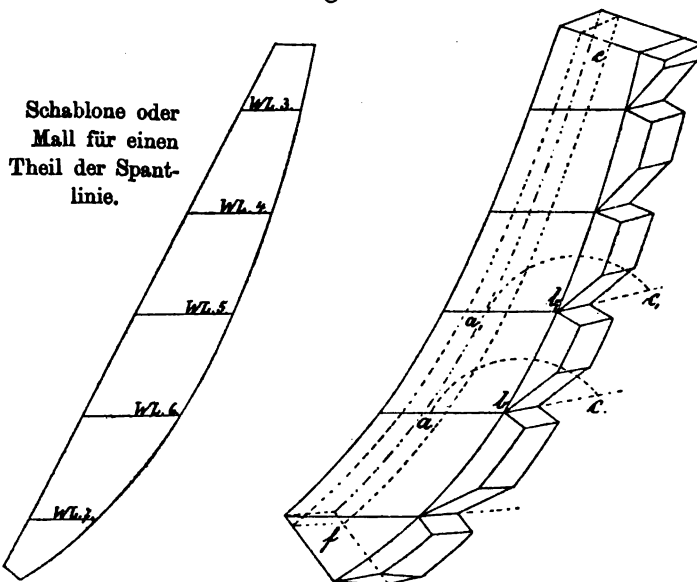
schiffs-Dimension der Bodenwrangen bestimmt, die sich in der Mittelebene des Spants berühren. Wegen der Abnahme der entsprechenden Dimensionen der übrigen zu einem Spant gehörigen Hölzer entsteht zwischen den beiden Lagen eines Spants ein von unten nach oben sich stufenartig verbreiternder Zwischenraum, der die Verbindung der übrigen Hölzer des Spants besonders erschwert. Man verfährt bei der Verbolzung beider Lagen in der Weise, dass man mittelst passend vertheilter Füllstücke die Distanz der Mallkanten zu wahren sucht; sehr zweckmässig sind zu dem Ende Füllstücke mit Zapfen, welche in die zu verbolzenden Hölzer um einige Centimeter hineinragen. Da die Bodenwrangen der beiden Holzlagen sich gegenseitig berühren, so treten dort an Stelle dieser Füllstücke einfache Cylinderzapfen. Die Bolzen selbst sind gewöhnlich aus Eisen mit quadratischem Querschnitt; sie werden, um das Rosten zu verhüten, vor der Verwendung verzinkt. Eine besondere Betrachtung erheischt die Form des Querschnitts der einzelnen zu einem Spant gehörenden Hölzer. Derselbe ist nicht allein wegen der weiter oben erwähnten Abnahme der Dimensionen variabel, sondern auch wegen der continuirlich veränderlichen Form des Schiffes. Am einfachsten erhält man in dieser Beziehung eine richtige Vorstellung, wenn man die Schnittfiguren der Spanthölzer mit den Wasserlinien ermittelt. Dieselben sind Parallelogramme, deren eines Paar Seiten normal zur Symmetrieebene des Schiffes gerichtet ist, während die beiden anderen Seiten parallel zu den betreffenden Wasserlinien auf Aussenkante-Hölzer, an der Stelle, wo sich das betreffende Spant befindet, sind. Hieraus folgt, dass an solchen Stellen, wo die Wasserlinien parallel zur Symmetrieebene verlaufen, der Querschnitt der Spanten rechteckig ausfallen wird. Dies trifft jedoch nur für einen beschränkten Theil des Schiffskörpers zu; im Allgemeinen ist die Form der Holzschiffe so beschaffen, dass die Tangenten zu den Wasserlinien allenthalben mehr oder weniger geneigt zur Symmetrieebene verlaufen, sodass die Querschnitte der Spanten in den Wasserlinien mehr oder weniger vom Rechteck abweichen, oder, wie der Ausdruck lautet, mehr oder weniger Schmiege haben oder geschmiegt sind. Die Erzielung der richtigen Schmiege eines Spantholzes macht die Ausarbeitung eines solchen, wenn auch nicht gerade schwierig, so doch umständlich und ist mit einem grossen Verbrauch an Holz verknüpft. Nachdem man ein im Allgemeinen der gewünschten Form entsprechendes Krummholz gefunden hat, wird die Mall- und die zu ihr parallele Ebene an demselben hergestellt; ist dies geschehen, so verzeichnet man mit Hilfe einer auf dem Schnürboden angefertigten Schablone auf der Mallfläche des Holzes die Contur der Spantlinie, indem man gleichzeitig die auf dasselbe entfallenden Wasserlinien einreisst. Demnächst wird das in der Bearbeitung begriffene Holz auf der Seite, welche die Aussenfläche des Spants werden soll, mit eingehauenen Kerben versehen, deren Kanten, in der Ebene der Wasserlinien gelegen, mit der Mallebene dieselben Winkel einschliessen wie

Spantbolzen.

Die Schmiege
der Spanten.

die Tangenten der Wasserlinien. Endlich wird das zwischen den einzelnen Kerben stehengebliebene Holz in solcher Weise entfernt, dass man den auf der Mall- und der ihr parallelen Fläche aufgezeichneten Spantlinien folgt. Fig. 11 giebt von der beschriebenen Operation eine Anschauung. In derselben sind $a b c$, a', b', c' , u. s. w. die Winkel zwischen der Mallfläche $e f$ und den Tangenten der Wasserlinien in deren Ebenen. Die Ausarbeitung der inneren Fläche eines Spantholzes geschieht in ähnlicher Weise unter Ausnutzung solcher Vereinfachungen, wie sie eventuell durch die bereits vorhandene äussere Begrenzungsfläche des Spantholzes geboten werden. Uebrigens kann man sich statt der Wasserlinien auch mit Vortheil der Sentebenen bedienen.

Fig. 11.



Behufs Vertheilung der Stösse der beiden Holzlagen eines Spants kann man so verfahren, dass in der einen Lage ein Stoss auf den Kiel fällt, wodurch sämtliche Stücke beider Lagen auf Steuerbord und Backbord nahezu symmetrisch werden; in der einen Lage hat man dann zwei sogenannte „halbe Bodenwrangen“, in der anderen Lage eine „gleicharmige Bodenwrange“. Will man dagegen einen Stoss auf dem Kiel vermeiden, so erhält man entweder in beiden Lagen gleicharmige oder in beiden Lagen ungleicharmige Bodenwrangen. In der Praxis ist gewöhnlich der grössere oder geringere Bestand an geeigneten Krummhölzern entscheidend für die Bevorzugung der einen oder anderen Methode. Unsere Kriegsschiffe sind vorzugsweise mit ungleicharmigen Bodenwrangen gebaut. Nachdem ein Spant in kunstgerechter Weise zusammengelegt und verbolzt ist, wird derselbe etwa 1 Meter unterhalb der Stelle, wo nachher

Halbe Bodenwrangen,
u. s. w.

Aufstellung der Spanten.

die Deckbalken zu liegen kommen, mittelst querschiffs aufgenagelter Latten oder Planken abgesteift, die ihrerseits in der Symmetrieebene wieder nach unten hin abgestützt werden. Demnächst wird zur Aufstellung des Spants geschritten, welche mittelst zweckentsprechender Hebezeuge in der Weise bewirkt werden muss, dass ein Verzerren der Form des Spants vermieden wird. Der Umstand, dass die Mittelebene des Spants senkrecht zum Kiel stehen muss, beansprucht eine besondere Vorsicht bezüglich des Ausrichtens und Abstützens. Beim Ausrichten bedient man sich eines Loths, welches von der auf der obersten Spreitzlatte markirten Spantmitte herunterhängt und bei der richtigen Position des Spants unter einem bestimmten Winkel mit der Oberfläche des Kiels auf dessen Mittellinie einspielen muss. Zur Constatorung von unsymmetrischen Verzerrungen des Spants während des Aufrichtens oder in Folge der Unterstüzung untersucht man mittelst einer gespannten Schnur, ob die Entfernungen von symmetrisch gelegenen Punkten des Spants bis zu einem in der Mittellinie des Kiels gelegenen Punkte gleich sind oder nicht; etwa nothwendige Correcturen bewirkt man durch schärferes Antreiben resp. Lockern der Stützen. Eine unverrückbare Position des Spants auf den Kiel sowohl der Länge als auch der Quere nach erreichte man früher dadurch, dass man auf einige cm Tiefe aus der Oberfläche des Kiels soviel Material herausstemmte, dass das Spant mit seinen Bodenwrangen in diese Vertiefung eingelassen werden konnte, dass man ferner in den Bodenwrangen für den Kiel eine entsprechende Oeffnung herstellte und beide Theile gegenseitig über einander greifen liess, wie solches die obere Skizze von Fig. 12 andeutet. Sowohl der Kiel als auch die Bodenwrangen wurden durch dies Verfahren nicht unwesentlich geschwächt. Bei den neueren Holzschiffen erreicht man den angegebenen Zweck in einfacherer Weise durch Einschaltung von Cylinderzapfen zwischen Kiel und Bodenwrangen analog der unteren Skizze von Fig. 12. Zur Verbindung des Spants mit dem Kiel erhält zunächst die Bodenwrange der einen Lage einen Klinkbolzen.

Ausrichten derselben.

Sicherung gegen Verschiebung quer- und längschiffs.

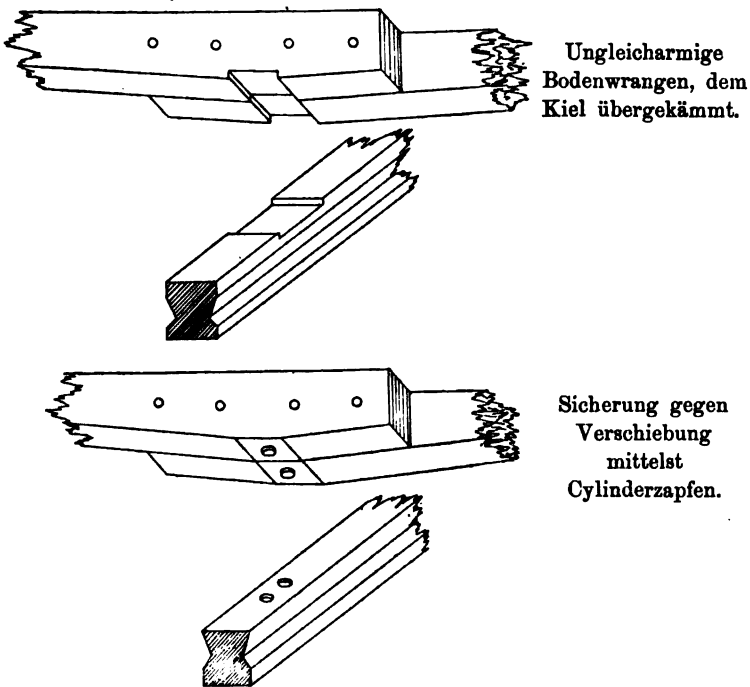
Das erste Spant, welches zur Ausarbeitung und Aufrichtung kommt, ist natürlich das Hauptspant. An dasselbe schliessen sich die Spanten der vorderen und hinteren Schiffshälfte an, deren Aufstellung und Ausrichtung wegen des bereits stehenden Hauptspants sich etwas einfacher gestaltet. Sobald mehrere Spanten stehen, erhalten dieselben vermittelst in der Richtung der Senten aufgenagelter Sentlatten eine provisorische Verbindung unter einander, gegen welche man auch die Abstützung zu Wege bringt.

Je weiter man mit den Spanten nach den Enden des Schiffes vorrückt, um so grösser werden die Schwierigkeiten, passende Hölzer für die Bodenwrangen zu finden, und um so grösser wird die Schmiege der Spanten, mit anderen Worten, auch der Verschnitt an Holz.

Von einer gewissen Stelle im Vor- resp. Hinterschiff an ist man daher genöthigt, die über dem Kiel durchgehenden Bodenwrangen gänzlich

fallen zu lassen und in beiden Holzlagen des Spants halbe Bodenwrangen zur Anwendung zu bringen. Nachdem man sich aber von den durchgehenden Bodenwrangen losgesagt hat, ist es nicht mehr nothwendig, die Mittelebene des Spants normal zur Symmetrieebene zu stellen. Man dreht dieselbe daher um einen gewissen Winkel aus dieser rechtwinkeligen Position heraus, im Vorschiff nach vorn, im Hinterschiff nach hinten, wodurch man die Schmiege des Spants um einen ebenso grossen Winkel verringert. Spanten dieser Art heissen im Gegensatz zu denen, deren Mittelebene senkrecht zur Symmetrieebene gerichtet ist und daher Winkelspanten genannt werden, Kantspanten.

Fig. 12.



Das Kanten der Spanten nimmt nach den Enden des Schiffes hin allmählich zu, indem man dabei stets den Zweck im Auge behält, möglichst wenig Schmiege zu bekommen. Im Bereiche der Kantspanten erhält der Kiel eine der Breite nach mit ihm übereinstimmende Aufklotzung, Todholz genannt, von solcher Höhe, dass die unteren Enden der Kantspanten voll dagegen stossen und in dasselbe um einige cm eingelassen werden können. Der durch den Fortfall der querschiffs durchgehenden Bodenwrangen aufgehobene Verband wird dadurch wieder hergestellt, dass die Füsse der Kantspanten querschiffs durch das Todholz hindurch mit einander durch kupferne Klinkbolzen verbunden werden. Für den Fall, dass die Mittellinien der Kantspanten zu

Das Todholz.

sehr divergiren, der Art, dass in den höher gelegenen Theilen des Schiffes die Entfernung zwischen den Mallflächen zweier benachbarten Spanten zu gross wird, werden einzelne Hölzer dazwischen gesetzt, deren untere Enden gegen entsprechende Hölzer von Kantspanten stossen, um dadurch den Zwischenraum zwischen den Spanthölzern möglichst gleichmässig zu vertheilen.

Ohrhölzer.

Als vorderste Kantspanten können die mit ihren vorderen Mallflächen direct neben dem Vorderstevan liegenden Hölzer betrachtet werden, deren Kantung mithin 90° betragen würde. Sie heissen Ohrhölzer, weil sie gewöhnlich so weit hinauf geführt werden, dass sie, oberhalb des Stevens die seitliche Begrenzung für die Oeffnung des Bugspriets bildend, in ihren oberen Enden zu Belegpollern geformt, ohrartig am vorderen Theile des Schiffes hervorragen. Die Ohrhölzer sind mittelst durchgehender Bolzen seitlich am Vorstevan befestigt und bilden dort eine vergrösserte Auflagefläche der vorderen Plankenenden der Aussenhaut, die ohne die Ohrhölzer nur auf den Sponungsflächen des Stevens liegen würden. Seitlich von der Oeffnung für das Bugspriet, etwas darüber und darunter, lässt man die Ohrhölzer wohl um die Dicke der Planken stärker, indem man den dort endigenden Planken in den Ohrhölzern eine Sponung giebt, wie solches durch Fig. 13 veranschaulicht wird.

Die Klüshölzer.

Als Kantspanthölzer von besonderem Interesse mögen noch die Klüshölzer erwähnt werden. Es sind diejenigen, welche von den Ankerklüsen durchdrungen werden. Mit Rücksicht auf ihren Zweck werden dieselben von solchen Dimensionen gewählt, dass die aus gusseisernen Rohren bestehenden Klüsen in ihnen überall von massivem Holz umgeben sind, und dass die beim Ankermanöver auftretenden heftigen Stösse von einem möglichst grossen Theil des Schiffskörpers aufgenommen werden.

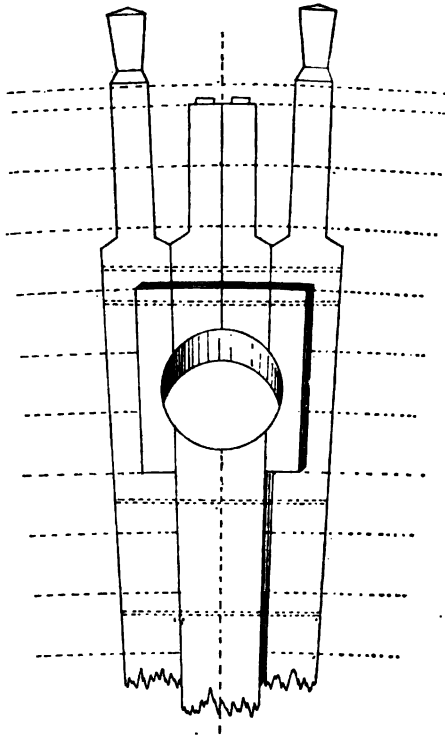
Die Kantspanten des Hinterschiffs.

Zur Formirung des Spantensystems des Hinterschiffs, speciell des Theiles des letzteren, welcher Heck genannt wird, spielen die Kantspanten eine ebenso wichtige Rolle, wie im Vorschiff. Je nachdem das Schiff ein flaches Heck oder Spiegel oder ein rundes Heck bekommen soll, variiren die Detailconstructions.

Ein rundes Heck erscheint mit Bezug auf die zu seiner Formirung nothwendigen Spanthölzer jedenfalls als das einfachere. Seine Spanten bestehen aus lauter Kantspanten, die, von oben gesehen, einen Theil des Todholzes und den Hinterstevan fächerartig umgeben, wobei jedoch nicht ausgeschlossen ist, dass die Fusspunkte einzelner Spanthölzer an anderen ihre Unterstützung finden. Die unmittelbar neben dem Hinterstevan befindlichen Kantspanten des Hecks werden vorzugsweise die Heckstützen genannt, ihre unteren Enden werden direct mit dem Stevan verbolzt und sind dadurch geeignet, den grösseren Beitrag zur Festigkeit des Hecks zu liefern. Die Seitenansicht der Heckstützen ist wesentlich für ein mehr oder weniger ansprechendes Aussehen des Hecks. Die äussere Begrenzung

des unteren Theiles der Heckstützen fällt mit der Innenkante der Hinterstevensponung zusammen, welche sie an der Hinterkante des Stevens in der Richtung der Tangente und in passender Curve schräg aufsteigend verlässt, um in den oberen Theil über zu gehen, der mit dem bisherigen Verlauf einen stumpfen Winkel bildet. Zwischen den beiden bisher beschriebenen Heckstützen befindet sich, an der Hinterseite des Stevens eine Oeffnung für den Ruderkopf freilassend, ein entsprechend geformtes, mit den Heckstützen verbolztes Füllstück, während seitlich von ihnen sich die übrigen Heckstützen anschliessen.

Fig. 13.



Die einfach punktirten Linien stellen die Näthe der am Vorderstevens resp. in der Sponung der Ohrhölzer endigenden Planken dar.

Die doppelt punktirten sind Bolzen zur Verbindung der Ohrhölzer mit dem Steven und untereinander.

Oberhalb der Oeffnung für das Bugspriet befinden sich zwischen den Ohrhölzern zwei Füllstücke, welche in Zapfen für den Schandeckel oder die Railing endigen.

Soll ein Schiff ein flaches Heck erhalten, so bedient man sich der Der Heckbalken. älteren Construction, die sich durch die Anwendung eines sogenannten Heckbalkens charakterisirt. Unter einem solchen versteht man einen an dem oberen Ende des Stevens an dessen Vorkante querschiffs befindlichen Balken von doppelter Krümmung, der Art, dass er in der hinteren Ansicht seine convexe Seite nach oben, in der oberen Ansicht nach hinten hat.

Beide Krümmungen, sowie die Länge des Balkens, sind abhängig von der Schiffsform. Kantspanten sind soweit vorhanden, bis deren hintere Mallfläche mit dem Heckbalken zusammentrifft, woselbst eine Verbindung

beider Theile mittelst Schwalbenschwanz oder Cylinderzapfen nebst Verbolzung stattfindet. Die Heckstützen stehen sämmtlich mit ihren unteren Enden auf dem Heckbalken, den Spiegel und den zwischen Spiegel und Heckbalken gelegenen Theil „die Wölbung“ dadurch bildend, dass eine derselben senkrecht zur Symmetrieebene mit ihrem untern Ende auf dem Heckbalken bewegt gedacht wird.

Die Oberfläche des Hecks wird von der Aussenfläche der hintersten Kantspanthölzer oberhalb des Heckbalkens in einer Linie doppelter Krümmung geschnitten, welche dem sogenannten Randsohmholz angehört. Dieses bildet die obere Fortsetzung des letzten Kantspants und dient zur Aufnahme der querschiffs vorlaufenden Beplankung des Hecks und der seitlichen Beplankung des Schiffes. Der Heckbalken und das Randsohmholz besitzen an ihrer äusseren Begrenzung keine ebenen Flächen, welche man als Mallebenen benutzen könnte; ihre Ausarbeitung ist somit ausserordentlich schwierig. Zur Schliessung des Theiles des Spantensystems zwischen dem hintersten Kantspant und dem Hinterstevan einerseits und dem Heckbalken und dem Kiel resp. Todholz andererseits kann man entweder so verfahren, dass man vom Todholz bis zum Heckbalken reichende Kantspanten aufstellt, oder dass man unterhalb des Heckbalkens die sogenannten Worpen anwendet, welche als Wiederholungen des Heckbalkens angesehen werden können, sich von demselben aber dadurch unterscheiden, dass sie eine obere und untere Mallebene besitzen und nach unten hin mit der Schiffsform an Schärfe zunehmen. Heckbalken und Worpen sind sämmtlich über den Steven bis zur Innenkante-Sponung übergekämmt und mit demselben verbolzt. Die Verbindung der Worpen mit dem hintersten Kantspant erfolgt in derselben Weise wie beim Heckbalken.

Die Heckspanten
von Schraubenschiffen.

Die Construction der Heckspanten von Schraubenschiffen wird dadurch wesentlich schwieriger, dass das Heck um die längsschiffs Dimension der Schraubenöffnung mehr ausladet, welche Schwierigkeit noch gesteigert wird, wenn ein Schraubenbrunnen vorhanden ist. Jedenfalls ist die Anwendung eines Heckbalkens bei Schraubenschiffen principiell ausgeschlossen, weil er eine Minimalausladung des Hecks voraussetzt. Da die Heckconstruction eines Schraubenschiffes ohne Brunnen ein specieller Fall eines solchen mit Brunnen ist, so wollen wir nur auf die letztere näher eingehen. Es ist selbstverständlich, dass der horizontale Querschnitt des Brunnens ein Minimum sein muss und dass von einem Brunnen nur bei einer zweiflügeligen Schraube die Rede sein kann, es sei denn, dass bei der vierflügeligen Schraube die Flügel paarweise hinter einander, sonst aber diametral einander gegenüber stehen, wie solches bei der Manginschraube der Fall ist. Es bedarf ferner kaum der Erwähnung, dass die Schraube mit vertikal stehenden Flügeln geheisst werden muss, da in dieser Stellung die Horizontalprojection ein Minimum wird und somit den kleinsten Brunnen beansprucht. Von den den Brunnen begrenzenden Hölzern sind diejenigen die

Construction
des Schrauben-
brunnens.

wichtigsten, welche denselben an der breitesten Stelle flankiren. Sie werden durch heckstützenartig geformte Kantspanten gebildet, deren Mallflächen im Bereiche des Brunnens parallel zur Symmetrieebene sind, vor und hinter dem Brunnen dagegen nach Art der doppelten resp. dreifachen Kantspanten zweckmässig verlaufen. Wie die übrigen Kantspanten, zeigen dieselben in der oberen Ansicht zwei Holzlagen, deren vordere Endpunkte gegen das letzte am Todholz stehende Kantspant endigen. Der Raum zwischen den Mallflächen und dem Hintersteven wird durch passend geformte Füllstücke eventuell als Theil der inneren Beplankung des Brunnenschachts, der Zwischenraum neben dem Rudersteven dagegen durch solche Hölzer ausgefüllt, welche ebenfalls die Gestalt von Heckstützen haben. Durch diese Füllstücke hindurch findet, unter zweckentsprechender Anwendung von Cylinderzapfen, die Verbolzung mit dem Rudersteven und dem Hintersteven statt. Im Inneren des Schiffes erhält unser zur Seite des Brunnens liegendes Paar Kantspanten demnächst eine Verstärkung in Form eines aufgelegten Holzes, welches, am hinteren Ende des Brunnens beginnend, mit seinem vorderen Ende über eine gewisse Anzahl der übrigen Kantspanten reicht, mit denen es verbolzt wird. Auf der Aussenfläche wird dagegen eine Planke von passender Breite mit den betreffenden Spanten und der binnenbords liegenden Verstärkung verbolzt. Die Dicke dieser Planke ist gleich derjenigen der seitlich vom Brunnen endigenden Planken der Aussenhaut, deren Hirnenden sie sponungartig verdecken soll. Nach dem Innern des Brunnens wird mit Hilfe dieser Planke ebenfalls eine Art Sponung gebildet und zwar für die den Brunnenschacht bildenden vertical stehenden Planken, deren untere Enden gegen die Mallflächen der Brunnenspanten gebolzt werden. Gegen die seitlich vom Brunnen liegenden Kantspanten stossen ferner die Fusspunkte der noch fehlenden Kantspanten des Hecks. Uebrigens ist der Querschnitt des Brunnens in den seltensten Fällen ein Rechteck. Gewöhnlich bietet derselbe die Gestalt eines Kreuzes, dessen längsschiffs liegender Arm am Hintersteven so breit ist, dass er die Kuppelungsscheibe der Schraubenachse und das vordere Halslager des Heberahmens passiren lassen kann, während die Breite vor dem Rudersteven genügt, um das hintere Halslager des Heberahmens durchzulassen. Die Dimensionen des querschiffs liegenden Armes des vom Brunnen gebildeten Kreuzes hängen nur von den Dimensionen der Schraubenflügel ab. Was die in verticaler Richtung stehende innere Beplankung des Brunnens betrifft, so bildet dieselbe ein willkommenes Verstärkungsmittel des Heckverbandes. Unter Anwendung von stärker gehaltenen Eckpfosten werden die einzelnen Planken spundwandartig zusammengefügt, wo angängig, mit Cylinderzapfen versehen und unter einander, sowie mit dem Steven durch horizontal geschlagene Bolzen verbunden. An solchen Stellen, wo der Brunnen ein Deck durchdringt, und an demjenigen, an dem er endigt, bringt man die Brunnenbeplankung durch Anwendung geeigneter, eiserner Beschläge in einen möglichst innigen Verband mit jenen

Querschnitt des
Brunnens.

Beplankung des
Brunnens.

Decks. Allein wie sorgfältig man in dieser Beziehung auch zu Werke geht, so lange man ausschliesslich Holz als Baumaterial zur Construction des Hecks von Schraubenschiffen mit Brunnen verwandte, blieb dieselbe sehr unvollkommen und zu häufigen Reparaturen Veranlassung gebend, so dass man nicht nur keine grösseren Schiffsgeschwindigkeiten zu erzielen vermochte, sondern auch auf eine möglichst leichte Heckarmirung des Schiffes beschränkt wurde. Es muss daher die bei den neuesten Schiffen ausgeführte Brunnen-Construction aus Eisen als ein bedeutender Fortschritt bezeichnet werden. Sie gewährt nicht nur eine erhöhte Festigkeit des ganzen Hecks, sondern combinirt diesen Vortheil noch mit einem geringeren Gewicht, so dass es möglich geworden ist, auch den Holzschiffen mit gepanzerten Hecks einen Brunnen zu geben. Was die bauliche Ausführung eines eisernen Brunnens betrifft, so ist dieselbe ausserdem noch sehr einfach. Man denke sich an der Hinterfläche des Hinterstevens und an der vorderen Fläche des Ruderstevens je ein aus Platten hergestelltes Schott befestigt, welches den ganzen inneren Querschnitt des Schiffes ausfüllt und die vordere resp. hintere Begrenzung des Brunnens bildet. Die Befestigung dieser Schotte an den Steven geschieht dadurch, dass man auch die übrigen Flächen derselben mit Platten belegt, die mittelst Winkeleisen unter einander verbunden sind. Die so geformten schmiedeeisernen Rohre von rechteckigem Querschnitt werden mittelst zahlreicher Schraubbolzen mit den in ihnen steckenden oberen Enden der Steven verbunden. —

Brunnen-
construction
aus Eisen.

Die Peripherie der Schotte wird mit einem Winkeleisen umgeben, welches ihre Verbindung mit der Schiffswand vermittelt. Um die seitliche Begrenzung des Brunnens zu bilden, bedarf es demnächst nur noch des Erbauens zweier Längsschotte in passender Entfernung von der Symmetrieebene, deren Verbindung mit den Querschotten mittelst Winkeleisen geschieht. Die untere Begrenzung dieser Längsschotte erhält ein Winkeleisen zur Aufnahme der Fusspunkte der in Anwendung kommenden Kantspanten. Mit einem in dieser Weise gebildeten eisernen Schraubbrunnen combinirt man, wenigstens in dessen Bereich, eiserne Deckbalken und auf denselben eine eiserne Decksbeplattung, mit denen die Quer- und Längsschotte des Brunnens durch Winkeleisen verbunden werden können. Die durch die Querschotte abgetrennten Räume im Innern des Schiffes macht man wieder zugänglich, indem man Oeffnungen von hinreichender Grösse einschneidet, die dadurch bewirkte Schwächung durch um den Rand der Oeffnung genietet Winkeleisen compensirend.

Schiff in Spanten.

Nachdem sämmtliche Spanten des Schiffes zur Aufstellung gelangt sind, sagt man, „das Schiff steht in Spanten“, ein Baustadium, in dem man dasselbe längere oder kürzere Zeit verharren lässt, um den Hölzern Gelegenheit zum Austrocknen zu geben. Angenommen, dies sei geschehen, so ist die nächste Arbeit das Schlichten der Spanten und zwar zunächst von innen. Man versteht darunter das Weghauen des überflüssigen Holzes,

Schlichten der
Spanten.

welches vermöge der Unvollkommenheit der bei der Ausarbeitung angewandten Methode noch stehen geblieben ist, und wodurch man eine continuirlich verlaufende Oberfläche der Hölzer erzielt, an welcher sich die Längsverbandstücke möglichst ungezwungen anschliessen. Man bedient sich behufs Constatirung eines tadellosen Verlaufs der Oberfläche der Hölzer während des Schlichtens und nach demselben einer biegsamen Latte von hinreichender Länge, welche man in der betreffenden Richtung auf die zu controllirende Stelle bringt. Hat die Latte den richtigen Querschnitt, sodass sie nicht zu biegsam ist, so markiren ihre Kanten stets rein verlaufende Curven, gegen welche etwaige Unregelmässigkeiten auf der Oberfläche der Hölzer, selbst ganz unbedeutende, scharf contrastiren.

Nach erfolgtem Schlichten schreitet man zum Einbau der inneren Das Kielschwein. Längsverbandstücke, von denen das Kielschwein eine hervorragende Wichtigkeit besitzt. Es nimmt auf der inneren Fläche der Bodenwrangen dieselbe Stelle ein, wie der Kiel auf deren Aussenfläche. Das beim Kiel bezüglich dessen Beanspruchung auf Zug und Druck Gesagte gilt im Allgemeinen auch für das Kielschwein. Folglich kommen bei ihm auch die für den Kiel gegebenen Bemerkungen über die Länge der einzelnen Stücke und deren Verbindung mittelst Laschen zur Geltung. Die Laschen des Kielschweins müssen jedoch mit denen des Kiels verschossen. Bei den älteren Schiffen wurde das Kielschwein über die Bodenwrangen gekämmt, d. h. an der unteren Fläche desselben wurde bis zur Tiefe von einigen Centimetern ein gewisses Quantum Holz herausgenommen, um Raum für die Bodenwrangen zu schaffen, sodass das stehengebliebene Holz als Distanzstück zwischen zwei auf einander folgenden Spanten fungirte.

Bei den neueren Schiffen bedient man sich zur Erreichung desselben Zweckes anderer Mittel und vermeidet die durch das ältere Verfahren bedingte Schwächung des Kielschweines. Die Befestigung des Kielschweins erfolgt mittelst Klinkbolzen und Cylinderzapfen in denjenigen Bodenwrangen, welche noch keine Bolzen durch den Kiel erhalten haben. Die Klinkung erfolgt an der unteren Seite des Kiels. Das Kielschwein erstreckt sich längsschiffs vom hinteren Todholz bis zum vorderen, auf beide eine hinreichende Strecke hinauflaufend. Bei Schraubenschiffen ist der hintere Endpunkt des Kielschweins dadurch gegeben, dass derselbe vor dem Stopfbuchsenklotz, d. h. derjenigen Stelle liegen muss, wo die Schraubenwelle ins Schiff hineintritt. Der Querschnitt des Kielschweins ist abhängig von seiner grösseren oder geringeren Beanspruchung und zwar vorzugsweise Zugbeanspruchung. Wird letztere sehr gross, so kann es nothwendig werden, zur Formirung des Querschnitts mehrere Hölzer zur Anwendung zu bringen, die man dann mit verschliessenden Laschen auf einander oder neben einander legen kann.

Der übrige Theil der innerhalb des Spantensystems gelegenen Längs- Die Wegerung. verbandstücke trägt die allgemeine Bezeichnung „Wegerung“. Die zu ihr

gehörigen Theile sind in Fig. 3 mit den Zahlen 10 bis 19 bezeichnet. Im Allgemeinen kommt den die Wegerung bildenden Hölzern die Bezeichnung Planken zu, weil die Dimensionen ihres Querschnitts wie bei Planken differiren. Fasst man vorzugsweise die Funktion der Wegerung, als Längsverbandsorgane zu dienen, ins Auge, so ergeben sich ähnliche Anforderungen an die zu ihr gehörigen Hölzer wie beim Kiel resp. Kielschwein. Zunächst ist klar, dass die auf Zug kommenden Hölzer in möglichst grossen Längen und womöglich mit Laschen an den Stellen, wo ihrer zwei zusammenstossen, längsschiffs durchgehen müssen, derart, dass die vorderen und hinteren Enden sich den Steven anschliessen. Eine solche von Steven zu Steven reichende Folge plankenartiger Hölzer, deren Längskanten, der Krümmung des Schiffes entsprechend, continuirlich verlaufende Curven bilden, wird „ein Gang“ genannt. Es ist demnächst zwischen den Wegerungsgängen der oberen und denen der unteren Hälfte des Schiffes der wesentliche Unterschied vorhanden, dass erstere fast ausschliesslich auf Zug und nur ausnahmsweise auf Druck, und dann auch nur in geringem Maasse, beansprucht werden, während für letztere der umgekehrte Fall zutrifft. Mithin müssen zur Bildung der Wegerungsgänge der oberen Schiffshälfte grösste Längen und Zug übertragende Laschungen angewandt werden, welche letztere ausserdem gut verschliffen müssen; für die untere Schiffshälfte sind dagegen kürzere Längen und stumpfe Stösse statthaft, deren Verschleiss jedoch wegen der möglichen Beanspruchung auf Zug allerdings auch geboten ist. Vorausgesetzt, dass die Wegerung als integrierender Theil des Schiffskörpers an dem Widerstande gegen eine Deformation desselben Theil nimmt, wachsen bekanntlich die Spannungen in den einzelnen Gängen proportional mit deren Entfernung von der neutralen Schicht. Es erscheint daher zweckmässig, wenigstens den auf der Zughälfte des Schiffskörpers gelegenen Wegerungsplanken einen proportional mit ihrer Entfernung von der neutralen Schicht wachsenden Querschnitt zu geben, um dadurch die Zugbeanspruchung pro Flächeneinheit des Querschnitts klein und überall gleich gross zu bekommen. Natürlich gilt das bezüglich der Anzahl, Construction und Anordnung der Laschen Gesagte für diejenigen Wegerungsgänge in erhöhtem Maasse, welche am weitesten von der neutralen Schicht entfernt sind. Von einem Wachsen der Spannungen in den einzelnen Gängen kann indessen nur dann die Rede sein, wenn die benachbarten Gänge sich nicht gegenseitig verschieben können, d. h., wenn die zwischen zwei Wegerungsgängen auftretenden Schubspannungen aufgenommen sind. Ist letzteres nicht der Fall, so ist der Widerstand, den die Wegerung einer Deformation des Schiffes entgegensetzt, lediglich proportional mit der einfachen Anzahl der Gänge, während anderenfalls, wie später gezeigt werden soll, eine Proportionalität mit dem Quadrate der Anzahl Gänge eintritt. Wie weiter oben angedeutet wurde, treten Schubspannungen am intensivsten in der neutralen Faserschicht auf und nehmen in den übrigen Faserschichten mit deren Entfernung von der

neutralen ab; ferner sind die Maximalschubspannungen in der neutralen Schicht ihrerseits variabel, derart, dass die grössten Maxima ungefähr auf ein Viertel der Schiffslänge, von den Enden an gerechnet, liegen, während die kleinsten, mit dem absoluten Werthe Null, mittschiffs und an den Enden gelegen sind.

Mit Bezug hierauf ist die Wegerung mit Organen zur Aufnahme der Schubspannungen zu versehen. Dieselben werden in erster Linie gebildet durch die Befestigungsmittel der Wegerungsplanken an den Spanthölzern. Diese werden an der Stelle, wo sie aus dem Längs- in das Querverbandstück übergehen, auf Abscheeren beansprucht.

Befestigung der
Wegerung.

Mit Rücksicht auf das, was vorstehend über die Vertheilung der Schubspannungen gesagt worden ist, ergibt sich sowohl die Minimalzahl der Befestigungsmittel, als auch eine rationelle Bemessung des Querschnitts jedes einzelnen und eine Uebersicht darüber, wo die Zahl derselben pro Längeneinheit eine grössere sein muss und wo man mit nur wenigen Bolzen auskommt. Das Spantensystem eines Holzschiffes ist jedoch keineswegs von hinreichender Festigkeit, wenigstens nicht auf längere Zeit, um andere Mittel zur Aufnahme der Schubspannungen entbehrlich zu machen, wozu sich noch der Umstand gesellt, dass die Befestigungsmittel gewöhnlich aus einem härteren Material bestehen, als dasjenige, in dem sie sitzen, mithin letzteres während der Aufnahme der Schubspannungen auf entgegengesetzten Seiten des Querschnitts comprimiren. Ist dies geschehen, so ist damit ein entsprechender Theil des Widerstandes gegen die Schubspannungen verbraucht. Man würde den schädlichen Vorgang verhindern, indem man an den gefährdeten Stellen Cylinderzapfen anbrächte. Bei den mittschiffs mehr oder weniger gerade vorlaufenden Wegerungsgängen lässt sich dieses Mittel auch anwenden; aber gerade diese Stellen bedürfen desselben am wenigsten. Wo dagegen wegen der auftretenden Maximal-Schubspannungen Cylinderzapfen zwischen Wegerung und Aussenhaut vorzugsweise von Nutzen sein würden, ist im Allgemeinen die Schiffsform so stark gekrümmt, dass das Einsetzen von Cylinderzapfen practisch unmöglich wird. Man erreicht daher den betreffenden Zweck gewöhnlich in der Weise, dass man die neben einander liegenden Gänge, soweit solches angängig, durch Bolzen mit einander verbindet, welche parallel zur Spantfläche geschlagen werden. Statt der Cylinderzapfen in den Fugen kann man sich auch der Schlosshölzer bedienen, die den Vortheil gewähren, dass sie an jeder Stelle im Schiffe und jederzeit eingesetzt werden können. Schlosshölzer für den vorliegenden Zweck müssen aus einer sehr widerstandsfähigen Holzsorte gefertigt werden und beim Einsetzen vollkommen trocken sein, ihr Querschnitt ist rechteckig mit der grösseren Dimension von 3 bis 5 cm.; die Länge ist etwas grösser, als die Dicke der betreffenden Planken.

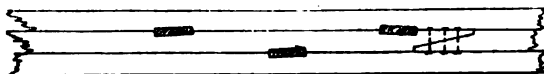
Schlosshölzer
in den Fugen der
Wegerung.

Die Oeffnung zur Aufnahme von dergleichen Schlosshölzern muss dem Querschnitte vollkommen genau entsprechen und in der Weise zur

einen Hälfte in der oberen, zur anderen in der unteren Planke liegen, dass die Diagonale in die Plankennaht fällt. Die andere Diagonale des Querschnitts muss so liegen, dass letzterer mit seiner grösseren Dimension auf Druck kommt, wenn die Maximalschubspannung eintritt. Für die Wegerung des Vorschiffs und den Fall, dass sich das Schiff mit der Mitte auf einem Wellenberge befindet, würde demnach der Querschnitt der Schlosshölzer nach vorn abwärts geneigt sein müssen, während im Hinterschiff die umgekehrte Lage zutreffen würde. Fig. 14 veranschaulicht einige mit Schlosshölzern versehene Wegerungsgänge. Auch die Reibung zwischen zwei benachbarten Planken in den Nähten widersetzt sich einer relativen Bewegung derselben in ihrer Längsrichtung und nimmt somit einen Theil der Schubspannungen auf. Man pflegt diesen Widerstand dadurch zu vergrössern, dass man auch die Nähte der Wegerung abdichtet, was ja behufs Erzielung eines wasserdichten Schiffes nicht absolut nothwendig ist.

Abdichtung der
Wegerung.

Fig. 14.



Der Balkweger,
Nr. 10, 12 u. 15
in Fig. 3.

Bevor wir zur Erörterung des Hauptmittels, die Schubspannungen aufzunehmen, nämlich des Diagonalverbandes übergehen, seien noch die besonderen Functionen einzelner Wegerungsgänge erwähnt. Zunächst die der Balkweger, welche als Zwischendecks-, Batterie- und Oberdecks-Balkweger unterschieden werden. Ihre besondere Function besteht darin, die Enden der Decksbalken aufzunehmen. Dementsprechend ist ihr Querschnitt gewöhnlich ein Trapez mit der grösseren Breite unter den Balken. Um eine Bewegung der Balkenenden längsschiffs zu verhindern, wurden diese bei den älteren Schiffen um einige cm. in die Oberfläche des Balkwegers eingelassen, indem man behufs Erreichung desselben Zwecks querschiffs die obere Ansicht der erforderlichen Vertiefung und die entsprechende Partie des Balkenendes schwalbenschwanzförmig gestaltete. Bei den neueren Schiffen erreicht man dasselbe durch Einschaltung eines Cylinderzapfens zwischen Balken und Balkweger.

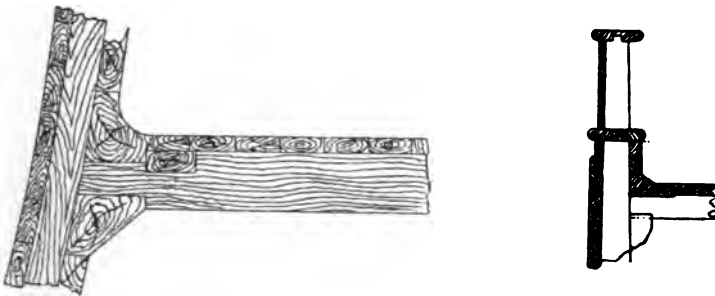
Der Wassergang,
Nr. 6, 8 u. 13
in Fig. 3.

Der Wassergang liegt mit seiner unteren Fläche auf den Balkenenden und mit seiner äusseren Fläche an der Innenseite der Spanthölzer. Die Bezeichnung „Wassergang“ deutet auf den Zweck, für das, besonders bei überliegendem Schiff an den Seiten der Decks eventuell vorhandene Wasser, eine Rinne zu bilden. Derselbe muss so geformt sein, dass einerseits die Naht zwischen ihm und der nächsten Deckplanke, andererseits diejenige, welche der oberhalb befindliche Wegerungsgang mit ihm bildet, bequem abgedichtet werden können.

Diesen Anforderungen entspricht eine der in Fig. 15 dargestellten Formen, welche ausserdem die Querschnitte von Balkwegern zeigen. Zur Erreichung ähnlicher Zwecke wie beim Balkweger wird der Wassergang entweder über die Balkenenden übergekämmt oder an dieser Stelle mit Cylinderzapfen versehen. Beide Wegerungsgänge werden ausserdem unter einander durch vertical geschlagene Bolzen, welche gleichzeitig die Balkenenden durchdringen, verbunden.

Die Befestigung der Wegerung ist zunächst eine provisorische, mittelst verzinkter eiserner Stumpfbolzen oder Spieker, welche später durch auch die Aussenhaut durchdringende, von aussen zu schlagende und binnenswärts zu klinkende stärkere Bolzen aus Eisen, Kupfer- oder Münzmetall ersetzt werden. Balkweger und Wassergang sind übrigens für das Batterie- und Oberdeck wegen der grösseren Belastung dieser Decks von besonders grossem Querschnitt.

Fig. 15.



Zwischen dem obersten Setzweger und dem untersten Balkwegergang des nächst höher gelegenen Decks bleibt ein Theil der Innenfläche der Spanthölzer entweder ohne Wegerungsplanken oder etwa vorhandene sind zum Herausnehmen eingerichtet, um Gelegenheit zur Ventilation zwischen den Spanthölzern zu geben.

Der Boden des Schiffes wird besonders bei Kriegsschiffen und solchen Handelsschiffen, die ebenfalls Füllhölzer zwischen je zwei auf einander folgenden Spanten haben, nur in Gruppen von zwei und mehr neben einander liegenden Plankengängen ausgewegert, etwa wie in Fig. 3 auf Seite 12 angedeutet ist. Sind Füllhölzer nicht vorhanden, so ist es nothwendig, die ganze Bodenfläche auszuwegern, um zu verhindern, dass die Ladung zwischen die Spanthölzer gelangt.

Die natürliche Reihenfolge der Ausarbeitung und Einbringung der Wegerung ist folgende: Der Zwischendecksbalkweger mit den darunter befindlichen Gängen, dann der Zwischendecksbalken, der Zwischendeckswassergang mit den über demselben befindlichen Gängen, den Setzwegern, der Batteriedecksbalkweger u. s. w.

Fundamente für
Maschinen und
Kessel, Druck-
lager etc.

Ist das Schiff ein Schraubenschiff, so muss dasselbe eine geeignete Fundamentirung für Maschinen und Kessel, sowie für die Druck- und Lauflager erhalten. Es kommt dabei darauf an, für die genannten maschinellen Einrichtungen eine ebene Plattform herzustellen, auf welcher dieselben stehen resp. befestigt werden können. Die Fundamentirung dient jedoch gleichzeitig dazu, mit den bedeutenden Gewichten von Maschinen und Kessel wenigstens die Länge von Vorkante-Kesselraum bis Hinterkante-Maschinenraum in der Weise in Anspruch zu nehmen, dass eine zu grosse Concentration derselben auf einen kürzeren Theil der Schiffslänge an dieser Stelle vermieden wird. Werden die zum Fundamente der Maschinen und Kessel einzubauenden Hölzer ausserdem zweckmässig arrangirt und am Schiffskörper befestigt, so betheiligen sich dieselben auch an dem Widerstande des Schiffskörpers als Ganzem gegen eine Deformation, d. h. sie kommen mit auf Zug und Druck, je nachdem die untere Schiffshälfte sich zu verlängern oder zu verkürzen bestrebt ist. Hieraus ergiebt sich die Nothwendigkeit, dass die unterste Lage der in Rede stehenden Hölzer jedenfalls parallel zum Kielschwein liegen muss, dass sie ferner entweder über die Bodenwrangen übergekämmt oder durch Cylinderzapfen mit ihnen in Zusammenhang gebracht werden muss, dass endlich ihre Verbolzung mit dem Schiffskörper mit einer hinreichenden Zahl von Durchbolzen herzustellen ist. Da, wo bereits durchgehende Wegerungsgänge vorhanden sind, werden die Fundamentbalken auf diese gelegt, indem ihre Unterkante entsprechend geformt wird. Das Kesselfundament erstreckt sich im Querschnitt nur bis zur Vorderfront der Kessel, letztere längsschiffs gedacht, um von da bis zum Kielschwein den erforderlichen Raum für verschiedene Rohrstränge frei zu lassen. Dieser Raum wird unter Anwendung kurzer Träger aus Holz oder Eisen, die auf dem Kielschwein und den Fundamentbalken der Kessel Auflage finden, mit Flurplatten zugedeckt.

Befestigung der
Maschinen auf den
Fundamenten.

Bei den Maschinenfundamenten sind stets mehrere Holzlagen erforderlich, von denen die unterste, wie gesagt, zweckmässiger Weise längsschiffs gerichtet ist; die oberste kann dagegen im Allgemeinen kaum anders liegen als querschiffs, wie solches durch die Anordnung der Cylinder, Kurbellagerböcke und Condensatoren bedingt ist. Um die während des Ganges der Maschine in der Querschiffsrichtung auftretenden Schubbeanspruchungen in wirksamer Weise aufzunehmen, müssen die in derselben Richtung liegenden Balken über die unter ihnen befindlichen und sie rechtwinklich kreuzenden gekämmt oder in dieselben eingelassen werden; zu ihrer Befestigung am Schiff dienen Durch- und Stumpfbolzen. Die Maschine selbst wird an den Fundamentbalken, nachdem zwischen ihren Befestigungsflanschen und ersteren eine Anzahl Keile aus Eisen zur Fixirung der genauen Position untergebracht ist, mittelst kräftiger Holzschrauben befestigt und der zwischen den Schrauben freibleibende Raum mit Keilen aus Teakholz ausgefüllt, deren Köpfe, nachdem sie scharf genug angetrieben sind, sauber abgestochen werden.

Das Drucklagerfundament muss nach Form, Dimensionen und Befestigung von dem Gesichtspunkte aus angeordnet werden, dass es Schubbeanspruchungen aufzunehmen im Stande ist, die in der Richtung der Schraubenwelle mit grosser Intensität erfolgen. Seine Ausdehnung parallel zur Schraubenwelle muss daher eine relativ bedeutende sein, um den dasselbe bildenden Hölzern möglichst viel Gelegenheit zu Schubspannungen aufnehmenden Befestigungen zu geben. Die unterste, gewöhnlich querschiffs gerichtete Holzlage besteht aus drei bis vier schweren Hölzern mit passenden Zwischenräumen, die über das Kielschwein gekämmt und an der Berührungsfläche mit diesem und der Wegerung mit zahlreichen Cylinderzapfen versehen sind. Auf ihnen liegen zwei bis drei Langhölzer dicht neben einander, über die untere Lage gekämmt und auf diesen wieder eine Querlage von solcher Ausdehnung, dass das Drucklager auf ihrer oberen Begrenzung genügend Raum hat. Diese letzte Holzlage ist in die darunter befindliche um einige cm eingelassen. Das ganze Holzsystem wird mit zahlreichen Durchbolzen, die womöglich auch die zur Anwendung gekommenen Cylinderzapfen durchdringen, befestigt. Diejenigen Befestigungsbolzen des Drucklagerfundaments, welche auch den Kiel durchdringen, sind die längsten, welche am ganzen Schiffe vorkommen; um sie zu schlagen, oder besser gesagt, einzurammen, ist die grösste Vorsicht erforderlich, da ein Missglücken der Operation von unberechenbaren Folgen begleitet sein kann. Unter anderem ist es nothwendig, die Oeffnungen für dergleichen lange Bolzen mit verschiedenen calibrirten Bohrern vorzubohren, da der Bolzen während des Eintreibens von dem geschlagenen Ende an conisch wird. Die Befestigung des Drucklagers selbst erfolgt ähnlich wie die der Maschine, nur dass ausser den Holzschrauben noch eine gewisse Anzahl von Schraubbolzen zur Anwendung kommen, deren Muttern sich unterhalb der Längsbalken des Fundaments befinden. Diese Muttern müssen, während das Schiff sich auf einer längeren Reise befindet, von Zeit zu Zeit nachgesehen werden, da es vorkommen kann, dass sie sich in Folge der continuirlichen Vibration des Drucklagers lockern und sogar ganz abfallen. Die Fundamentirung der Lauflager kann eine sehr einfache sein, da ihre Funktion darin besteht, einen relativ kleinen Druck auf den Schiffskörper zu übertragen. Dieselbe besteht daher gewöhnlich aus verschiedenen über einander und querschiffs liegenden Hölzern, die mit Cylinderzapfen und Bolzen unter einander und mit dem Schiffskörper verbunden sind.

Der Diagonalverband besteht dem Material nach zum Theil aus Eisen und zum Theil aus Holz.

Der Diagonal-
verband.

Soweit derselbe aus Eisen ist, wird er durch Schienen von rechteckigem Querschnitt gebildet, welche etwa unter 45° die Spantbölzer kreuzend um ihre ganze Dicke gewöhnlich in die innere Fläche der Spantbölzer eingelassen sind. Sie befinden sich somit zwischen der Wegerung und den Spantbölzern und müssen daher vor der ersteren angebracht werden.

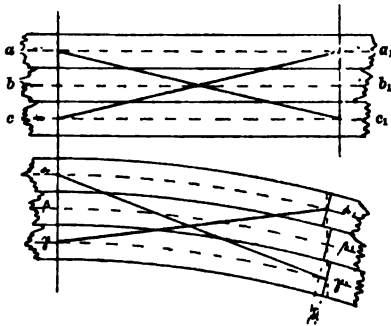
Die Beschreibung des eisernen Diagonalverbandes vor der der Weigerung ist unterblieben, um bei der Betrachtung der letzteren erst einige Anschauungen bezüglich der Schubspannungen zu gewinnen, zu deren Aufnahme der Diagonalverband hauptsächlich dient.

Angenommen, ein Schiff von zu geringer Festigkeit befindet sich mit seiner Mitte auf einem Wellenberge, so wird dasselbe bekanntlich eine mit der convexen Seite nach oben gekehrte, gebogene Form annehmen, wenn es dieselbe nicht schon vorher besass. Ferner angenommen und als möglich vorausgesetzt, an den Berührungsstellen benachbarter Längsverbandstücke seien keine Organe zur Aufnahme von Schubspannungen vorhanden, so würde die gebogene Form des Schiffes dadurch zu Stande gekommen sein, dass jedes Längsverbandstück sich unabhängig von den übrigen biegt; die Längsverbandstücke würden gewissermassen ein Bündel loser Fasern darstellen, die einzeln genommen ihre neutrale Schicht, ihre Zug- und ihre Druckseite haben, während bei dem Schiffe, dem sie angehören, weder von einer Zug- resp. Druckseite, noch auch von einer neutralen Schicht die Rede sein könnte. Stellen wir uns die Aufgabe, ohne Anwendung der Mittel, die wir bereits kennen gelernt haben, jenes Bündel Längsverbandstücke zu veranlassen, sich als Ganzes der Annahme einer gebogenen Form zu widersetzen.

Zu dem Ende nehmen wir von dem Umstande Notiz, dass bei unserem angenommenen zu schwachen Schiffe nach Eintritt der gebogenen Form die neutralen Schichten der einzelnen Längsverbandstücke parallel sein werden, wenn sie es vorher waren. In Fig. 16 seien z. B. aa_1 , bb_1 , cc_1 die neutralen Schichten dreier auf einander folgender Längsverbandstücke vor der Biegung; die Diagonalen des von den Punkten aa_1 , cc_1 gebildeten Vierecks haben gewisse bestimmte Längen, die sie beibehalten würden, wenn keine Biegung einträte. Nach der Biegung ist jedoch das Viereck aa_1 , cc_1 in die allerdings übertrieben verzerrte Form $\alpha\alpha_1$, $\gamma\gamma_1$ übergegangen, wodurch die Diagonale ac_1 die grössere Länge $\alpha\gamma_1$ und die Diagonale ca_1 die kürzere Länge $\gamma\alpha_1$ angenommen hat. Verhindere ich demnach diese Längenänderungen, indem ich in der Richtung der Diagonale ac_1 ein solches Verbandstück einfüge, welches einem Längerwerden einen grossen Widerstand entgegengesetzt und in der Richtung ca_1 ein solches anbringe, welches einem Kürzerwerden sich widersetzt, so verhindere ich dadurch gleichzeitig den Uebergang des Vierecks aa_1 , cc_1 in das Viereck $\alpha\alpha_1$, $\gamma\gamma_1$ und somit die in der Biegung bestehende Formveränderung. Die Formveränderung konnte jedoch nur dadurch eintreten, dass sich der Gang $\beta\beta_1$ auf dem Gange $\gamma\gamma_1$ um das in der Figur mit δ bezeichnete Stück verschoben hatte. Somit habe ich durch Verhinderung der Biegung diese Verschiebung unmöglich gemacht, d. h. ich habe durch die Einfügung der Zug-, resp. Druckorgane in der Richtung der Diagonalen des Vierecks aa_1 , cc_1 Organe zur Aufnahme der in den Fugen der Planken

auf tretenden Schubspannungen geschaffen. Dass übrigens auch das Spantensystem durch Hinzufügung des Diagonalverbandes wesentlich an Festigkeit gewinnt, geht daraus hervor, dass sowohl durch eine Diagonalschiene als auch eine Diagonalstütze die Lage zweier Spanten gegeneinander in ähnlicher Weise gewahrt bleibt, wie dies für zwei Längsverbandstücke der Fall ist und dass auch hier die Diagonalverbandstücke die Organe zur Aufnahme von Schubspannungen sind, welche zwischen zwei benachbarten Spanten auftreten, wenn das Schiff eine gebogene Form annehmen will. Wenn übrigens wegen nicht vorhandenen Diagonalverbandes oder anderer entsprechender Vorkehrungen ein Spant sich in vertikaler Richtung relativ zu einem anderen verschiebt, so findet dasselbe auch für denjenigen Querschnitt des auf ihm befestigten Längsverbandstückes statt, in dessen Ebene der Verbindungsbolzen liegt, das heisst in den Querschnitten der Längsverbandstücke treten ebenfalls Schubspannungen auf. Die Intensität derselben ergibt sich aus dem in der Festigkeitslehre nachgewiesenen Satze,

Fig. 16.



dass bei einem gebogenen Körper die Schubspannung pro Flächeneinheit des Horizontalschnitts gleich der Schubspannung pro Flächeneinheit des Querschnitts ist; jene beiden Schnitte durch einen beliebigen Punkt parallel und normal zur neutralen Schicht gelegt gedacht.

Als Schluss der vorstehenden Erörterungen möge noch darauf hingewiesen werden, dass der Diagonalverband, als zur Aufnahme von Schubspannungen bestimmt, nur da einen Zweck hat, wo Beanspruchungen auf Schub überhaupt vorhanden sind; dass ferner an den Stellen, wo die Maximalschubbeanspruchungen liegen, grössere Querschnitte zur Anwendung kommen oder eine grössere Anzahl von Diagonalverbandstücken vorzusehen ist. Um nunmehr auf die praktische Ausführung zunächst des eisernen Diagonalverbandes überzugehen, so ist bereits weiter oben bemerkt, dass derselbe aus eisernen Schienen von rechteckigem Querschnitt besteht. Dieselben wurden früher, wie gesagt, stets auf der Innenfläche der Spanthölzer angebracht, in neuerer Zeit hat man sie indessen auch auf der äusseren Fläche der

Diagonalschienen
auf der äusseren
oder inneren
Fläche der Spant-
hölzer.

Innhölzer verwendet, entsprechend der grösseren Wirksamkeit an dieser Stelle; letzteres ergibt sich daraus, dass bei Eintritt der Zugspannung in den Schienen in denselben das Bestreben auftritt, sich von einem Befestigungspunkte bis zum nächsten gradlinig zu spannen; dies bewirkt bei innen liegenden Schienen ein Abheben von der concaven Oberfläche der Spanthölzer, während es bei aussen liegenden Schienen ein festes Anschmiegen derselben an die convexe Fläche der Spanthölzer zur Folge hat. — Man lässt die Schienen gewöhnlich mittschiffs in der Nähe des Oberdecks beginnen und unter 90° nach vorne und hinten divergiren, so dass sie sowohl die Längsverbandstücke als auch die Spanten wenigstens im mittleren Theile des Schiffes unter 45° schneiden. Da wo die Diagonalschienen die stark gekrümmte Kimm passiren, ist es zweckmässig, ihren Verlauf so anzuordnen, dass sie sich möglichst ungezwungen der Oberfläche der Spanthölzer anschmiegen. Man erreicht dies dadurch, dass man ihre Lage mit Hilfe von biegsamen Latten vorzeichnet. Die Schienen lässt man soweit nach unten gehen, dass noch eine Befestigung derselben an den Bodenwrangen erfolgen kann. Früher war es häufig der Fall, dass die Diagonalschienen wegen zu grosser Länge aus zwei Stücken zusammengesetzt werden mussten; man verfuhr dann so, dass man die zu verbindenden Stücke an den Stossstellen nicht auf einander, sondern neben einander legte, indem die beiden Enden wenigstens zwei Spanten gemeinschaftlich deckten. Der leichteren Ausführbarkeit wegen und weil die Spanthölzer da, wo die Schienen liegen, eher eine Verringerung des Querschnitts erleiden können, als die Längsverbandstücke, werden die Diagonalschienen um ihre ganze Dicke in die Spanthölzer eingelassen. Was die Befestigung der Diagonalschienen betrifft, so kann dieselbe auf dreierlei Weise erfolgen.

Befestigung
der Diagonal-
schienen.

Erstens nur mit den Spanthölzern und zwar mittelst Klinkbolzen, die von aussen geschlagen und auf den Schienen geklinkt werden, oder mittelst Holzschrauben mit zu versenkenden conischen Köpfen mit Schlitz. Bei dieser Befestigungsart werden die Schubbeanspruchungen zwischen den Spanten direct von den Schienen aufgenommen, diejenigen zwischen den Längsverbandstücken, d. h. also den Wegerungs- und Aussenhautplanken, dagegen nur indirect, weil letztere mit den Spanthölzern verbolzt sind.

Zweitens durch Bolzen, welche ausser den Spanthölzern auch die Wegerungsplanken durchdringen, in welchem Falle die Schubbeanspruchungen der Spanten und Wegerung direct, diejenigen der Aussenhaut indirect aufgenommen werden. Diese Art der Befestigung ist besonders leicht ausführbar, wenn die Schienen auf der Aussenfläche der Spanten liegen.

Drittens: Die Befestigungsbolzen durchdringen die Aussenhaut, die Spanthölzer und die Wegerung; diese Methode würde die vollkommenste sein, wenn nicht die Bolzen, welche unter Wasser zu Tage treten, aus Kupfer sein müssten, was abgesehen von der geringeren Scheerfestigkeit dieses Materials die eisernen Schienen an der Durchgangsstelle des Bolzens

zu rapidem Rosten bringen würde. Ueber Wasser, wo eiserne Bolzen verwendet werden können, steht der Methode indessen nichts im Wege. Das Einbringen eines Bolzens bei innen liegender Schiene würde in folgender Weise zu bewirken sein: Die Oeffnung in der Schiene ist vorhanden; durch dieselbe hindurch wird das Loch durch das Spantholz gebohrt. Nach Einbringung der Wegerung wird demnächst von aussen her das Loch im Spantholz als Führung benutzt, um die Oeffnung für den Bolzen durch die Wegerung herzustellen, und endlich nach Anbringung der Aussenhaut würde man von innen her, den bis dahin vorhandenen Theil des Bolzenloches als Führung benutzend, die Aussenhaut durchbohren können, um nunmehr den Bolzen von aussen zu schlagen und auf der Wegerung zu klinken. Was die Anzahl der Befestigungsbolzen betrifft, so kann dieselbe füglich nicht geringer sein, als ein Bolzen pro Spant. Berücksichtigt man jedoch, was wir über die Lage der Maxima der Schubbeanspruchungen kennen gelernt haben, so wird es sehr zweckmässig erscheinen, wenn man in der Mitte von Vor- und Hinterschiff und zwar in der Nähe der neutralen Schicht die Zahl der Befestigungsbolzen verdoppelt, indem man einen Befestigungsbolzen pro Spantholz nimmt.

In der weiter oben gegebenen Erörterung über die Aufnahme der Schubspannungen durch den Diagonalverband ist gezeigt, dass dieselbe auch durch Druckorgane geschehen kann und dass die auftretende Druckrichtung mehr oder weniger rechtwinklig zu den in diagonaler Richtung auftretenden Zugspannungen ist. Bei einem auf einem Wellenberge liegenden Schiffe würde diese Richtung daher mit der einer Linie zusammenfallen, welche mitschiffs unten beginnend nach vorn und hinten schräge aufsteigt.

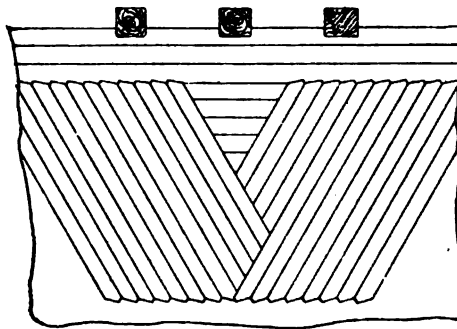
Dies ist daher die Richtung, in welcher gewöhnlich der hölzerne Diagonalverband zur Anwendung kommt. Als Druckorgan, und weil aus Holz hergestellt, beansprucht der hölzerne Diagonalverband jedoch bei weitem mehr Raum als der eiserne Diagonalverband und es wird daher von demselben weniger allgemein Gebrauch gemacht. Hierzu gesellt sich noch der Umstand, dass bei den Schiffen der gewöhnlichen Bauart, um deren Beschreibung es sich augenblicklich handelt, diejenigen Stellen, wo sich eine Diagonalwegerung anbringen lässt, schon in zu grosser Entfernung von der neutralen Schicht gelegen sind. Man findet den hölzernen Diagonalverband nämlich gewöhnlich auf dem nicht durch Längsverbandstücke ausgewegerten Theile der inneren Fläche der Spanthölzer angebracht, der von der Unterkante des untersten Ganges der Zwischendecksbalkweger bis zum obersten Gange der nächsten Wegerungsplanken-Gruppe reicht. Siehe Fig. 3 auf Seite 12.

Zur Aufnahme der Schubspannungen zwischen den beiden genannten Gruppen von Wegerungsgängen werden die Enden der Diagonalwegerungsplanken so geformt wie Fig. 17 andeutet und die Längsverbandstücke mit entsprechenden Kerben versehen. Man ordnet die einzelnen Planken in

Der hölzerne Diagonalverband.

Gruppen von je drei bis fünf, den freibleibenden Theil der inneren Fläche durch dünnere wegnehmbare Planken ausfüllend. Wo die Form des Schiffes gekrümmte Diagonalwegerungsplanken erfordert, ist es eine wesentliche Bedingung, dass die Holzfasern ununterbrochen von einem Ende bis zum anderen durchgehen; es sind daher krumm gewachsene oder entsprechend gebogene Hölzer zu verwenden. Sollte die Schiffsförm Diagonalwegerungsplanken erfordern, deren convexe Seite nach dem Inneren des Schiffes hinliegt, so kann man von derartig geformten Druckorganen keine grosse Wirksamkeit beanspruchen, da sie sich, wenn sie in Funktion treten, von den Spanten abheben. Was die Befestigung der Diagonalwegerungsplanken

Fig. 17.



betrifft, so genügt eine solche, welche hinreicht, dieselben in ihrer Lage zu erhalten, d. h. sie am Herausfallen verhindert, wenn etwa bei über einem Wellenthale befindlichen, langen Schiffen eine Zugspannung in ihre Richtung fällt. Für eine solidere Verbindung mit den Spanten, etwa Klinkbolzen statt der üblichen Stumpfbolzen oder Spieker könnte zwar geltend gemacht werden, dass die in Betracht kommenden Hölzer gegebenen Falls auch eine Zugbeanspruchung aufnehmen können, allein ein solcher Vortheil bleibt illusorisch, weil der Anschluss der Diagonalwegerung an die Längsverbandstücke nur für eine Druckübertragung geeignet ist.

Einen bedeutend grösseren Nutzen gewährt eine Diagonalwegerung, welche sich nicht wie bei dem vorstehend betrachteten Falle nur auf der unteren Seite der neutralen Faserschicht befindet, sondern gleichzeitig auch auf der oberen Seite derselben. Dies würde z. B. dadurch zu erreichen sein, dass man die oberen Enden der betreffenden Planken statt an der Zwischendecksbalkwegerung an der Wegerung des zunächst höher gelegenen Decks abstossen lässt, indem man die Zwischendeckswegerungsplanken, den betreffenden Wassergang etc. statt direct auf den Spanten auf der Innenfläche der Diagonalwegerung anbringt.

Bei solcher Anordnung werden die Befestigungsbolzen der zuletzt genannten Längsverbandstücke, welche die Diagonalwegerung, die Spanthölzer

und die Aussenhaut durchdringen, nicht nur die Schubbeanspruchungen der Längsverbände, sondern auch die der Querverbände nämlich der Spanthölzer auf die Diagonalwegerung vermitteln. Vergegenwärtigt man sich, dass die neutrale Schicht ungefähr mit der Fläche des Zwischendecks zusammenfällt, so ist klar, dass für den hölzernen Diagonalverband keine zweckmässigere Anordnung getroffen werden kann. S. M. Kreuzer-Corvette „Freya“ ist in dieser Weise mit einem hölzernen Diagonalverband versehen. Bei sehr langen Schiffen mit leichten Enden und schweren Gewichten in der Mitte ist bekanntlich im Falle, dass das Schiff über einem Wellenthale liegt, eine Deformation des Schiffskörpers zu befürchten, die der im Vorstehenden vorzugsweise in Betracht gezogenen entgegengesetzt ist, indem der Schiffskörper seine convexe Seite nach unten hat. Da alsdann die Spannungen in den Längsverbandstücken sich umkehren, so wird auch die Richtung der Schubbeanspruchungen die entgegengesetzte, und will man letztere ebenfalls durch Diagonalverband aufnehmen, so folgt daraus, dass die entsprechenden Organe in entgegengesetzter Richtung angeordnet werden müssen. Man würde demnach zwei Systeme von sich rechtwinklig kreuzenden Diagonalschienen und zwei Lagen von Diagonalwegerungsplanken haben, die sich ebenfalls rechtwinklig kreuzen. Verzichtet man demnächst auf die eisernen Schienen und modificirt man die zwei Lagen von Diagonalwegerung in der Weise, dass sie vom Kiel bis zum Schandekel sich erstrecken, dass sie ferner statt an der Innenfläche der Spanten an deren Aussenfläche liegen u. s. w., so gelangt man schliesslich zum vollständigen Diagonalbau, derjenigen Baumethode, nach welcher unsere Barkassen und Pinassen, auch grössere Schiffe, wie unsere „Grille“ oder die englische Dampfyacht „Victoria und Albert“ gebaut wurden und von welcher weiter unten noch eingehender die Rede sein soll. Der Diagonalverband eignet sich übrigens in hohem Grade zu Nothverbandstücken und wird auch oft als solcher zur Anwendung gebracht. Die geeignetste Stelle würde gegebenen Falls die innere Oberfläche der Wegerung resp. der Spanthölzer sein, wo man dieselben häufig bei älteren Schiffen vorfindet, sowohl in Holz als in Eisen.

Diagonalverband
der „Freya“.

Der vollständige
Diagonalbau.

Der Zweck der Decksbalken besteht darin, die Beplankung der Decks aufzunehmen und dadurch die Decks selbst zu bilden. Als zu den Decks gehörig und als selbstständige Verbandstücke sind die Decksbalken nächst den Spanten die wichtigsten Querverbandstücke. Die Form der Decksbalken, ihre Abmessungen, Zahl und Anordnung, sind daher einerseits abhängig von den Bedingungen, welche die Decks zu erfüllen haben und werden andererseits bestimmt durch die Beanspruchungen als Querverbandstücke.

Die Decksbalken.

Die Functionen der einzelnen Decks eines Schiffes sind natürlich verschieden. Das Oberdeck soll in erster Linie einen wasserdichten Abschluss des inneren Schiffsraumes bilden, um zu verhindern, dass etwa überkommene Brecher ins Schiff gelangen.

Um ferner dem auf das Oberdeck gelangten Wasser einen schnellen

Die Decks- resp.
Balkenbucht.

Abfluss nach den Seiten des Schiffes zu sichern, giebt man demselben querschiffs eine gewölbte Form oder „Bucht“, deren höchster Punkt in der Symmetrieebene liegt. Da die Beplankung des Decks im Allgemeinen gleich dick ist, so haben die Balken desselben natürlich dieselbe Wölbung oder Bucht, deren Maass die Pfeilhöhe des Bogens ist, den die Oberkante des dem Hauptspant zunächst liegenden Balkens bildet. Die von der Oberkante dieses Balkens gebildete Curve, das sogenannte „Balkenmall“, erhält man unter anderen auf folgende Weise: Mit der Balkenbucht als Radius beschreibt man einen Quadranten, dessen Peripherie man in ebenso viele gleiche Theile theilt, wie mit der halben Balkenlänge geschehen ist. Die Entfernungen der Theilpunkte der Kreislinie von der geraden Linie des Decksbalkens werden dann als Ordinaten der Decksbalkencurve in den correspondirenden Theilpunkten der halben Balkenlänge benutzt. Die gefundene Curve dient für die Ausarbeitung sämtlicher Balken des betreffenden Decks, die sich somit bezüglich ihrer gekrümmten Form nur in so fern unterscheiden, als sie von jener Curve zu beiden Seiten der Symmetrieebene, nach den Enden des Schiffes hin, kürzere Längen benutzen. Durch dieses Verfahren würde die Oberfläche sämtlicher Balken eines Decks in der Mantelfläche eines geraden Cylinders liegen, wenn die in die Symmetrieebene des Schiffes fallenden Balkenmitten alle gleich hoch lägen.

Der Sprung des
Schiffes.

Statt in einer geraden Linie liegen die Balkenmitten indessen in einer Curve, deren convexe Seite nach unten und deren tiefster Punkt auf etwa $\frac{1}{3}$ der Schiffslänge vom hinteren Ende des Schiffes liegt. Diese Curve wird der Sprung des Decks genannt. Nach dem Gesagten ist es leicht, den Zusammenhang zwischen dem Sprung eines Decks und dem Vorlauf der Oberkante des zugehörigen Balkwegers, auf welcher die Enden der Decksbalken aufliegen, zu übersehen.

Der Querschnitt
der Decksbalken.

Der Querschnitt der Decksbalken ist rechteckig mit abgerundeten oder sonst zweckmässig profilirten unteren Ecken. Materialersparniss bei einem Maximum von Festigkeit würde erfordern, die grössere Dimension des Querschnitts vertikal zu nehmen. Andere Gründe, z. B. höherer Raum unterhalb der Balken, breitere Auflagefläche für die Decksplanken bedingen dagegen, dass die grössere Dimension horizontal liege. Im gegebenen Falle ist es leicht, die vorhandenen Gründe in der Weise zu berücksichtigen, dass der Querschnitt der Balken zweckmässig gewählt erscheint. Kann ein Balken wegen zu grosser Länge nicht aus einem Stück bestehen, so werden zwei Stücke mittelst Balkenlasche verbunden, deren Fuge stets vertikal steht. Dabei kann man so verfahren, dass die Laschen sämtlicher Balken mittschiffs liegen, oder dass sie abwechselnd auf Steuerbord oder Backbord liegen. Fig. 18 zeigt die Seiten- und oberen Ansichten von zwei zweckmässigen Balkenlaschen; die angedeuteten Verbindungsbolzen mit Cylinderezapfen sitzen abwechselnd etwas oberhalb und unterhalb der halben Höhe des Balkens. Von der Verbindung der Enden der Balken mit den Schiffs-

seiten ist bereits bei den Balkwegern die Rede gewesen. Dieselbe wird noch bedeutend verstärkt durch hölzerne oder eiserne Kniee, von denen weiter unten das Nöthige gesagt werden soll. Was die Anordnung der Balken eines Decks betrifft, so sind die Querschiffsbegrenzungen der in einem Deck vorhandenen Luken zunächst a priori gegebene Stellen für Balken. Für diese sucht man jedenfalls Hölzer aus einer Länge aus. Auch würde es zweckmässig sein, ihre Breite etwas grösser zu wählen als die der übrigen, weil sie durch den Anschluss derjenigen Balken, welche die Luken längsschiffs begrenzen, die sogenannten Schlingen, geschwächt werden. Nach Festsetzung der Lukenbalken theilt man den von den Luken frei bleibenden Raum in der Weise, dass man eine möglichst gleiche Balkendistanz erhält, die für eine Kreuzer-Fregatte etwa 1 Meter betragen kann.

Fig. 18.



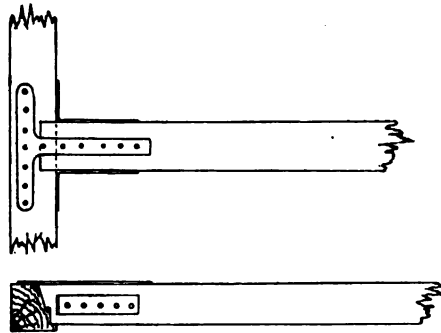
Was die Balkensysteme der verschiedenen Decks betrifft, so ergibt sich aus dem Umstande, dass die Luken des Oberdecks sich im Allgemeinen im Batteriedeck und Zwischendeck in vertikaler Richtung an derselben Stelle wiederholen, die Möglichkeit, dass die Balken der einzelnen Decks vertikal übereinander liegen. Die Abstützung der Balken des Oberdecks in der Mitte ihrer Länge kann daher durch Stützen, welche auf den Balken des Batteriedecks stehen, erfolgen; diejenige der Balken des Batteriedecks durch solche, welche auf den Zwischendecksbalken stehen, während letztere Stützen erhalten, welche auf dem Kielschwein stehen, wie in Fig. 3 Seite 12 angedeutet ist.

Unter Schlingen versteht man zum Balkensystem eines Decks gehörige, in der Längsschiffsrichtung verlaufende kürzere Hölzer. Die seitliche Begrenzung der Luken wird beispielsweise durch Schlingen gebildet, deren Enden in den Decksbalken derartig eingelassen sind, dass ihre Oberfläche in die Oberfläche des Balkensystems zu liegen kommt. An den Schlingen werden bei solchen Luken, deren Länge grösser ist als eine Balkendistanz, die inneren Enden der halben Balken befestigt und zwar ruhen dieselben mit einer Lippe in ihnen. Die Aufnahme einer Beanspruchung auf Zug

Schlingen und halbe Balken.

an den Verbindungsstellen zwischen Balken und Schlingen, sowie zwischen letzteren und den halben Balken wird dadurch ermöglicht, dass von oben her T-förmige eiserne Beschläge eingelassen und mit den zu verbindenden Stücken verbolzt werden und dass in den von den Seitenflächen der betreffenden Stücke gebildeten rechtwinkligen Ecken eiserne Kniee angebracht werden, wie dies aus Fig. 19 hervorgeht. Die vertikale Dimension der Schlingen ist übrigens etwas geringer als die der Balken, an welchen sie abstossen; dasselbe gilt für die halben Balken und die Schlingen, in welche ihre inneren Enden eingelassen sind. Will man, wie dies bei den ganzen Balken und Schlingen der Fall ist, auch bei den halben Balken die untere Fläche parallel zu der oberen haben, so wird das bordwärts gekehrte Ende oberhalb des Balkwegers um die Differenz der Dicken der ganzen und halben Balken vom Balkweger entfernt sein und es ist nothwendig, zur Erzielung einer festen Auflage der halben Balken, ein entsprechendes Füllstück auf dem Balkweger anzuwenden, welches von dem einen bis zum nächsten durch-

Fig. 19.



gehenden Balken reicht und eventuell für mehrere halbe Balken dient. Wählt man dieses Füllstück einige cm. dicker als vorstehend angegeben, so kann man die Enden des halben Balkens ebensoviel in dasselbe einlassen. Auch halbe Balken erhalten zur Verbindung mit der Bordwand ihren vertikal geschlagenen Bolzen durch Wassergang und Balkweger.

Die Batterie-
decksbalken.

Nach den vorstehenden im Allgemeinen für das Oberdeck geltenden Bemerkungen kann das Balkensystem des Batteriedecks viel kürzer abgefertigt werden. Aus leicht ersichtlichen Gründen braucht die Bucht der Batteriedecksbalken nicht so gross zu sein als die des Oberdecks. Der Querschnitt muss entsprechend der directen vertikalen Belastung geändert werden. Die Distanz von Balken zu Balken ist zweckmässig wie beim Oberdeck zu nehmen, um die Balken des letzteren auf denen des Batteriedecks abstützen zu können. Das bezüglich der Laschen, Schlingen und halben Balken Gesagte gilt ebenfalls für die Batteriedecksbalken.

Die Zwischendecksbalken erhalten möglichst wenig Bucht, wie sich aus dem Umstande ergibt, dass die horizontale Componente des Wasserdrucks beim schwimmenden Schiffe bemüht ist, die Wände des Schiffes seitlich zusammen zu drücken. Dieser Beanspruchung sollen sich vorzugsweise die Zwischendecksbalken widersetzen; sie erleiden dadurch in ihrer Längsrichtung eine Druckbeanspruchung, die sie um so besser aufnehmen, je gerader sie sind. Sind sie von vorn herein bereits mit einer starken Bucht versehen, so liegt die Möglichkeit vor, dass der seitliche Wasserdruck diese Bucht noch vermehrt, wodurch die Distanz der Balkenmitte vom Kielschwein vergrössert und eventuell ein Bruch der Balken herbeigeführt werden kann. Das hier für die Zwischendecksbalken Gesagte gilt überhaupt für das unterste Deck, also bei Fahrzeugen mit nur einem Deck auch für das Oberdeck. Da ein solches jedoch stets Bucht haben muss, so muss man die Balken auf andere Weise in den Stand setzen, die in Rede stehende Beanspruchung aufzunehmen. Es kann dies z. B. dadurch geschehen, dass man die Stützen unter den Balken zur Aufnahme von Zugspannungen einrichtet. Was den Querschnitt der Zwischendecksbalken betrifft, so kann derselbe entsprechend der geringeren übrigen Beanspruchung geringer sein, als der der Oberdeck- und Batteriedecksbalken. Die Distanz von Balken zu Balken ist im Allgemeinen eben so gross wie beim Batteriedeck zur Ermöglichung einer zweckmässigen Abstützung.

Die Zwischen-
decksbalken.

Wenn der Raum vom Zwischendeck bis zum Schiffsboden sich als zu hoch für eine zweckmässige Ausnutzung erweisen sollte, so wird derselbe besonders bei Kriegsschiffen noch einmal durch eine Balkenlage mit vollständiger oder partieller Beplankung getheilt. Die Enden der betreffenden Balken werden der Schiffsförm auf Innenfläche Wegerung entsprechend gearbeitet, stossen stumpf an letzterer ab und werden an ihr mittelst Spieker befestigt. Wo die Schiffsförm solches bedingt, werden consolenartig gearbeitete Stücke Holz, sogenannte „Klampen“ untergefügt, die ebenfalls mittelst Spiekern oder Stumpfbolzen an der Wegerung befestigt werden.

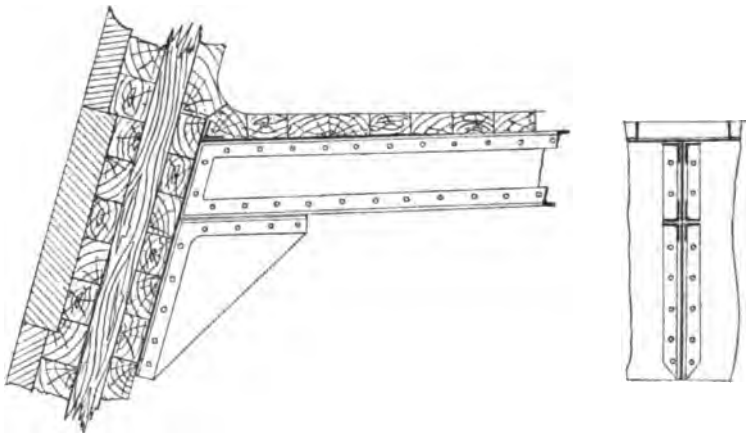
Die Raumbalken.

Oberhalb der Kessel sind Decksbalken selbst aus solchen Holzsorten, die erfahrungsmässig der Hitze am besten widerstehen, wie Mahagoni und Teak, sehr schnellem Verderben ausgesetzt und man verwendet daher an diesen Stellen ausschliesslich eiserne Balken, ja sogar häufig statt der Beplankung eine eiserne Beplattung. Kommt eine eiserne Beplattung oberhalb der Kesselräume zur Anwendung, so liegt die Oberfläche der Balken um die Differenz der Dicke der Beplankung vor resp. hinter dem Kesselraume und der Plattendicke höher, als die der hölzernen Balken mit Holzbeplankung. Die Verbindung der Enden der eisernen Balken mit den Schiffsseiten bedarf besonderer Sorgfalt. Will man die Balkenenden direct oder unter Anwendung eines Füllstücks auf dem Balkwegern ruhen lassen, so muss der Querschnitt desselben so sein, dass

Eiserne Decksbalken oberhalb der Kessel etc.

die Auflagefläche eine hinreichende Breite bekommt. Das sogenannte Doppel T erfüllt von den üblichen Querschnitten diese Bedingung am besten. Wählt man aus anderen Gründen als den gerade hier in Betracht kommenden ein anderes Profil, z. B. das sehr gebräuchliche einfache T mit birnenförmigem Wulst an der Unterkante, so würde dasselbe durch angenietete Winkeleisen passend zu verbreitern sein, um die erforderliche Auflagefläche auf den Balkweger herzustellen. Zu dem Ende ist es nothwendig, den Balken, soweit er auf dem Balkweger zum Aufliegen kommt, von dem Wulst zu befreien. Eine Befestigung der Balkenenden mittelst eines gemeinschaftlichen Bolzens durch den Wassergang und Balkweger wie bei hölzernen Balken ist bei eisernen Balken unzweckmässig und schwer ausführbar. An die Stelle derselben tritt die Befestigung mittelst des Balkenkniees, welches entweder, aus dreieckiger eiserner Platte mit doppeltem Winkeleisen an der

Fig. 20.



Peripherie besonders hergestellt, in den Winkel zwischen Unterkante, Balken und der Wegerung eingefügt wird, oder gleich einen Theil des Balkenendes bildet. Erstere Methode eignet sich mehr für Balken mit doppel T förmigem Querschnitt, letztere für solche, deren Querschnitt ein einfaches T mit Wulst an der Unterkante ist. Fig. 20 erläutert die erste der beiden erwähnten Methoden und deutet ausserdem die Zusammensetzung eines Balkens aus Platten und Winkeleisen an. Anstatt den Wassergang und die benachbarten Decksplanken direct auf die eisernen Balken zu legen, kann man sich auch, wie im Eisenschiffbau, einer sogenannten Stringerplatte als Unterlage unter den genannten Längsverbandstücken bedienen. Eine solche wird im Bereiche der eisernen Balken mit denselben vernietet und gestattet die Befestigung des Wasserganges ausser an den Balken selbst, auch an zwischen denselben gelegenen Punkten. Die Befestigung erfolgt am besten mittelst Schraubenbolzen, deren Muttern an der unteren Fläche der Stringerplatte auf die dort hervorragenden, mit Schraubengewinde versehenen Bolzenenden auf-

Wassergangs-
oder Stringer-
platte auf den
Balken.

geschraubt werden. In der Längsrichtung muss die Stringerplatte aus mehreren Platten zusammengesetzt werden, was dadurch geschieht, dass an der Stelle, wo zwei auf einander folgende Platten zusammenstossen, eine Stossplatte untergelegt wird, welche mit beiden Platten vernietet wird.

Mit Ausnahme der ganz kurzen Balken an den äussersten Enden des Schiffes muss jeder Balken eine Abstützung nach unten erhalten, um das Durchbiegen desselben zu verhindern. Letzteres vermindert nämlich die Balkenbucht, sodass die Enden der Balken und mit ihnen die Seitenwände des Schiffes weiter aus einander gerathen. Die Abstützung erfolgt entweder direct, indem man unter jeden Balken eine Stütze stellt, deren Enden entweder mit einem kleinen Zapfen, oder mit Hülfe kleiner, leistenartig umgelegter Klampen an den Balken, resp. auf dem nächsten Deck unterhalb fixirt werden, oder indirect, indem man mehrere Balken zu einer Gruppe zusammenfasst und unter denselben einen Längsbalken, einen sogenannten „Unterzug“ oder „Unterschlag“ anbringt, der dann einer geringeren Zahl von Stützen bedarf.

Das Abstützen
der Decksbalken.

Letzteres Verfahren war bei den älteren Kriegsschiffen zur Abstützung der Balkenlagen der unteren Decks allgemein im Gebrauch. Bei unseren jetzigen Schiffen bedient man sich desselben vorzugsweise nur da, wo aus irgend welchen Gründen directe Stützung unmöglich ist.

Die Abstützung des Zwischendecks erfolgt gewöhnlich durch Hölzer, welche auf dem Kielschwein stehen.

In diesem Falle werden die Balken eines etwa vorhandenen, tiefer gelegenen Decks an die Vor- oder Hinterkante der Stützen angeordnet, sodass sie mit Hilfe von an den Zwischendecksstützen befestigten Klampen ebenfalls am Durchbiegen verhindert werden können. In den bewohnten Theilen des Schiffes nehmen die Decksstützen übrigens die Form kleiner Säulen mit gedrehten Schäften und eventuell mit geschnitzten Capitälern an, zu denen dann feinere Holzsorten Verwendung finden.

Bei hölzernen Schraubenschiffen ist die Abstützung der Decks häufig mit Schwierigkeiten verbunden. So kann z. B. auf der beträchtlichen Länge vom vorderen Ende des Maschinenraumes bis zum Wellenklotz mittschiffs keine Stütze angebracht werden. Soweit auf dieser Länge ein Wellentunnel vorhanden ist, ist indessen ein Ersatz durch die Ständer der Seitenwände des letzteren geliefert.

Im Maschinenraume selbst, wo wegen der grossen vorhandenen Luken das Bedürfniss der Abstützung der Decks noch dazu ein besonders dringendes ist, ist man dagegen lediglich auf die Wahl solcher Stützpunkte unter dem Balkensystem beschränkt, bei denen die Maschine eine Herunterführung der Stützen auf den Boden des Schiffes gestattet. Es ist daher erklärlich, dass gerade hier häufig von Unterzügen Gebrauch gemacht wird. Der Raumersparniss halber und wegen der Einwirkung der Wärme hat man ferner die Stützen in Maschinen- und Kesselraum aus Eisen ge-

Eiserne Decks-
stützen.

Hohle eiserne
Stützen.

fertigt. Da wo eiserne Decksbalken abzustützen sind, können übrigens kaum andere als eiserne Stützen gebraucht werden. Die ersten eisernen Stützen bestanden aus massivem Rundeisen und waren daher sehr schwer, da ihr Durchmesser keineswegs so viel geringer sein konnte, als die Festigkeit des Eisens die des Holzes übertrifft. Nachdem jedoch in Folge vervollkommneter Fabrikationsmethoden eiserne Stützen auch hohl gefertigt werden konnten, ging man dazu über, nicht nur die Maschinen- und Kesselraumstützen, sondern auch die übrigen aus schmiedeeisernen Rohren zu machen, deren Durchmesser entsprechend der wünschenswerthen grösseren Knickfestigkeit erhöht werden kann, ohne dadurch zu schwere Gewichte zu bekommen. Zur Befestigung der massiven schmiedeeisernen Stützen erhalten deren Enden je zwei Lappen angeschweisst, welche, die stützende Fläche oben und unten vergrössernd, die Löcher für die Befestigungsbolzen oder Schrauben enthalten. Bei den hohlen schmiedeeisernen Stützen wird behufs Formirung der Enden ein massiver Theil, der die Befestigungslappen bekommt, entweder durch Schweissung oder auf andere Weise mit dem hohlen Schaft verbunden.

Wegnehmbare
oder
Klappstützen.

Die halben Balken erhalten wegen ihrer geringen Länge im Allgemeinen keine Stützen, wohl aber werden die Schlingen, an denen dieselben endigen, mit einer entsprechenden Zahl von Stützen versehen. Gewisse stark belastete Theile eines Decks beanspruchen unter den in Frage kommenden Balken eine besonders sorgfältige und auch zahlreichere Abstützung als die bisher vorausgesetzte von einer Stütze pro Balken. Andererseits giebt es Stellen, die in See allerdings der Abstützung nicht entbehren können, wo aber unter anderen Umständen die Stützen im Wege sind. Solche Stellen werden mit leicht wegnehmbaren Stützen versehen. Dieselben werden gewöhnlich als Klappstützen ausgeführt und sind als solche an ihrem oberen Ende um einen starken Bolzen in der Ebene des Balkens drehbar, während unterhalb des Fusses der Stütze eine aus Eisen gefertigte schiefe Ebene von geringer Steigung vorhanden ist, auf welche derselbe sich hinaufschieben muss, wenn er eine vertikale Position annehmen soll.

Schrauben-
stützen.

Eine andere Art wegnehmbarer Stützen sind die Schraubenstützen; diese bestehen ausser den Beschlagtheilen unter den Balken und auf Deck aus drei Theilen, den beiden hohlen, innen mit entgegengesetztem Gewinde versehenen Endstücken und einem massiven, äusserlich mit Gewinde versehenem Mittelstück, durch dessen Drehung die Stütze verlängert oder verkürzt werden kann. Diese Art von Stützen ist jedoch auf unseren neueren Schiffen ausser Gebrauch gekommen. Dass die Decksbalken während des Baues provisorisch abgestützt werden, dass sich ferner Deckstützen eventuell als vorzügliche Nothverbandstücke erweisen, bedarf wohl nicht der Erwähnung, ebenso wenig wie der Umstand, dass dieselben ungeeignet sind, Zugspannungen zu übertragen, da ihre Befestigung an den Balken etc. auch bei geringer Vermehrung der Balkenbucht nachgeben würde.

Nachdem die innere Wegerung und die Balkenlagen eingebaut, ferner die Spanten auch äusserlich geschlichtet und die eventuell aussen liegenden Diagonalschienen eingelassen sind, schreitet man zur Ausarbeitung der Aussenbeplankung. Mit Rücksicht auf die im Holzlager vorhandenen Plankenlängen und die vielfachen Anforderungen, welche man an eine zweckmässige Beplankung zu stellen hat, ist es nothwendig, vor dem Beginn der Arbeit eine möglichst genaue Zeichnung der Beplankung anzufertigen. Dies geschieht am besten auf einem Klotzmodell des Schiffes, weil man dann sofort die Stellen des Schiffes herausfindet, wo das Anbringen von Planken wegen der gekrümmten Form desselben mit Schwierigkeiten verknüpft ist. Ist ein tadelloser Entwurf der Beplankung auf dem Modell zu Stande gekommen, so wird derselbe entweder ganz oder in dem Maasse, wie die Beplankung nach und nach fortschreitet, auf die Aussenfläche der Spanten übertragen. Um die Anforderungen an eine gut auszuführende Beplankung richtig zu würdigen, sei hervorgehoben, dass der Zweck derselben in erster Linie in der Herstellung eines vollständigen Abschlusses des Wassers, in dem das Schiff schwimmt, vom inneren Schiffsraume besteht und dass man erst in zweiter Linie und nachdem gewisse andere Bedingungen erfüllt sind, einen Beitrag zum Längsverbande des Schiffes von ihm erwarten darf. Letzteres beeinträchtigt nämlich im gewissen Grade die unter allen Umständen nothwendige Wasserdichtigkeit der Beplankung. Wir stellen uns daher zunächst auf den Standpunkt, dass die auf den Schiffskörper deformirend wirkenden Kräfte von den baulichen Elementen des Schiffes mit Ausnahme der Beplankung aufgenommen werden, um dadurch die Erfüllung der Hauptbedingung absolut sicher zu stellen.

Die Aussenbeplankung.

Hauptfunktion der Beplankung.

Den Antheil an dem Widerstand gegen eine Deformation des Schiffskörpers, den die Beplankung thatsächlich leistet, bin ich dann in der Lage gewissermassen als Reserve betrachten zu können, die mit Rücksicht auf das mangelhafte, unter den obwaltenden Umständen in so hohem Grade der chemischen Zersetzung preisgegebene Material unentbehrlich ist. Zur Erläuterung des Vorstehenden vergegenwärtigen wir uns wieder ein Schiff, welches im Seegange momentan mit seiner Mitte über einem Wellenthale liegt; angenommen, dessen innerer Längsverband sei zu schwach, um allein der zu erwartenden Deformation zu widerstehen, so wird die Beplankung mit in Anspruch genommen. Die Deformation würde Zugspannungen in der unteren Hälfte des Schiffskörpers, also unter Wasser bedingen. Die auf einander folgenden Planken eines Ganges der Aussenhaut würden sich daher von einander trennen und eine erweiterte Fuge zurücklassen, durch welche dem Wasser der Zutritt in den Schiffsraum geöffnet wird.

Günstiger liegen die Verhältnisse, wenn das Schiff auf einem Wellenberge liegend angenommen wird, in welchem Falle die auf Druck kommenden Planken unter Wasser ihre Fugen comprimiren und daher dichter

machen, allerdings, um sie bei der nächsten Phase der Bewegung wieder zu öffnen, was jedoch wegen der Elasticität des Materials nicht mit einer Leckage verbunden zu sein braucht.

Ob die unter Wasser befindlichen Planken eventuell auf Zug oder auf Druck kommen, in beiden Fällen finden bei einem zu schwachen Schiffe Verschiebungen der Plankengänge unter einander statt und zwar sind, wie wir bei der Betrachtung der Wegerung gesehen haben, diese Bewegungen in der Nähe der neutralen Schicht am grössten. Dadurch würde aber das Dichtungsmaterial in den Längsfugen nach und nach zerstört werden und lecke Nähte die Folge sein. Der vorstehend angenommene Standpunkt ist mithin vollkommen gerechtfertigt.

Die gewöhnliche Ursache, welche geeignet ist, in der unteren Hälfte des Schiffskörpers Zugspannungen zu Wege zu bringen und dadurch lecke Stossfugen zwischen den Planken zu verursachen, ist die Länge des Schiffes. Mit ihr wachsen die Schwierigkeiten, durch die inneren Verbandstücke des Schiffes einen Widerstand gegen Deformation von solcher Grösse zu schaffen, dass die Beplankung nicht mit in Anspruch genommen wird, in so hohem Grade, dass bei unseren grösseren Holzschiffen die praktisch zulässige obere Grenze in der Länge als erreicht anzunehmen ist. Aus den angeführten Umständen erklären sich ferner mancherlei auffallende Thatsachen, unter anderm die, dass lange Schiffe aus Holz bedeutend schneller ihre Seefähigkeit verlieren als kurze, ferner die ausserordentlich schweren Dimensionen und Anhäufungen von Längsverbandstücken im Inneren von langen Schiffen, sowie das Bemühen, durch kostspieligen Einbau von Diagonalverband die Aussenhaut zu entlasten. Wenn nun auch in jedem speciellen Falle anzunehmen ist, dass der innere Verband eines Schiffes auch in so fern seinem Zwecke entspricht, dass der Widerstand der Aussenhaut gegen zu erwartende Deformation entbehrt werden kann, so darf man indessen keineswegs die Mittel ausser Acht lassen, welche derselben eine solche Widerstandsfähigkeit in hohem Maasse sichern.

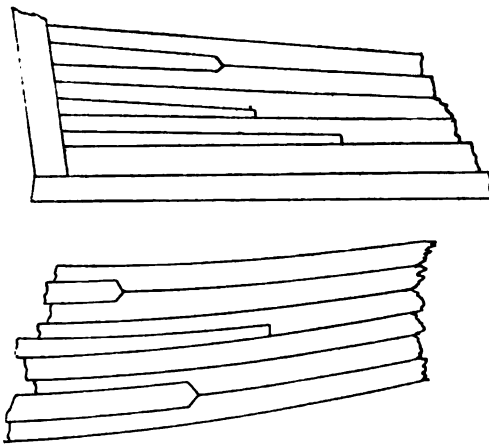
Diese Mittel laufen vorzugsweise darauf hinaus, die Plankengänge nicht einzeln, sondern zu einem Ganzen verbunden am Widerstande gegen eine Deformation Theil nehmen zu lassen. Je nachdem dies in mehr oder weniger vollkommener Weise gelungen sein wird, können auch die Schubspannungen in den Plankennähten als aufgenommen erachtet werden, d. h. die für das Dichtungsmaterial in den Nähten so schädlichen Bewegungen zweier benachbarter Plankengänge als nicht vorhanden angesehen werden.

Bei der Anordnung der Planken der Aussenhaut geht man selbstverständlich von demjenigen Spant aus, dessen Peripherie die längste ist, d. h. vom Hauptspant. Unter Zugrundelegung zweckmässig erscheinender Breitendimensionen erhält man durch Absetzen dieser letzteren der Peripherie entlang die Anzahl der Plankengänge im Hauptspant. Da die einzelnen Gänge im Allgemeinen in den Stevensponungen endigen, so ergibt

sich die Nothwendigkeit, dass die Planken nach den Enden des Schiffes hin an Breite abnehmen; da ferner der oberste und in Folge dessen auch die übrigen Gänge an dem Sprung des Schiffes Theil nehmen, so folgt daraus für die Seitenansicht der Beplankung vom obersten Gang abwärts eine mit der convexen Seite nach unten gerichtete, stark gebogene Form, deren Krümmung von oben nach unten zunimmt.

Die Breitenreduction der Planken darf jedoch ein gewisses Maass nicht überschreiten, da die Möglichkeit einer guten Befestigung an den Steven gewahrt bleiben muss und man von einem gewissen Parallelismus der Plankennähte mit der Oberkante des obersten Ganges nicht zu weit abweichen kann, ohne das gute Aussehen des Schiffes zu beeinträchtigen. Will man diesen beiden Anforderungen nachkommen, so ist klar, dass nicht alle im mittleren und über dem Wasser befindlichen Theile des Schiffes vorhandenen Plankengänge ununterbrochen durchgehen können. Die aus Verlorene Gänge. den angeführten Gründen nicht an die Steven heranschliessenden Gänge heissen verlorene Gänge; in Fig. 21 die untere Skizze.

Fig. 21.



Betrachtet man den Verlauf der Planken in der Nähe des Kiels, so participiren dieselben mehr oder minder an der geraden Form desselben. Daraus folgt für einen dieser Gänge und einen dem über Wasser befindlichen Theile der Beplankung angehörigen eine gewisse Divergenz. Will man daher, ohne die Enden der unter Wasser befindlichen Gänge breiter zu machen, eine vollständige Bedeckung des Spantensystems erzielen, so ist man genöthigt, sogenannte eingeschobene Gänge zur Anwendung zu bringen. Bei Schiffen mit Spiegel endigen die Planken ausser an der Stevensponung auch an einer Sponung des Heckbalkens und am Randsohnholz; es ist mithin dort eine besondere Gelegenheit für die eingeschobenen Gänge. Der Spiegel selbst wird übrigens querschiffs beplankt. Ebenso ist das Vorhanden-

Eingeschobene Gänge.

sein der Anschwellung für das Stevenrohr von Schraubenschiffen häufig die Veranlassung zu eingeschobenen Gängen, da durch dieselbe die zu beplankende Oberfläche der Spanten an dieser Stelle grösser wird.

Eingeschobene Gänge sind in Fig. 21 in der oberen Skizze angedeutet. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass an den stark gekrümmten Stellen des Schiffskörpers breitere Plankengänge die Arbeit des Anbringens derselben bedeutend erschweren und folglich schmalere Planken am Platze sind, die das Gegentheil bewirken.

Vertheilung der
Stösse der Aussen-
beplankung.

Was die Länge der einzelnen, einen Gang bildenden Planken betrifft, so wird dieselbe so gross wie möglich genommen, um so wenig wie möglich Stösse, d. h. schwache Stellen zu bekommen. Die Stösse selbst müssen stets auf einem Spantholz liegen und dürfen nicht mit einem solchen eines binnenbords liegenden Wegerungsganges zusammenfallen. Zwischen einem Stoss eines Plankenganges der Aussenhaut und demjenigen der Wegerung muss eine Distanz von circa zwei Metern bleiben, wenn beide Gänge in demselben Niveau liegen.

Durch Befolgung dieser Vorschrift macht man die Stösse der Aussenhaut und der Wegerung gleichzeitig zur Uebertragung einer Zugspannung geeignet. Der nächste Stoss in den benachbarten Plankengängen darf nicht näher als 1,6 Meter liegen, es sei denn, dass vorher ein Plankengang durchgeht, in welchem Falle die zulässige Distanz auf 1,25 Meter bemessen wird. Ausserdem darf auf dasselbe Spantholz erst wieder ein Stoss fallen, wenn drei durchgehende Plankengänge zwischenliegen. Auf diese Weise ergibt sich die in der oberen Skizze von Fig. 22 angedeutete Gruppierung. Diese Angaben sind als das Maass des äusserst Zulässigen zu betrachten. Bei Kriegsschiffen ist man wegen eines reichlicher ausgestatteten Plankenlagers gewöhnlich in der Lage, grössere Distanzen zwischen den Stössen und mehr als drei durchgehende Gänge zwischen zwei auf dasselbe Spantholz fallenden Stössen zur Anwendung zu bringen.

Die Plankennähte.

Was die Plankennähte betrifft, so kann man auf deren Verlauf und zweckmässige Anordnung nie Werth genug legen. Man unterscheidet Nähte, welche continuirlich verlaufende Curven darstellen und solche, welche in Form einer gebrochenen Linie verlaufen.

Erstere, die wir strahlende Nähte nennen wollen, findet man im oberen und im unteren Theile des Schiffskörpers, letztere, die sogenannten gebrochenen Nähte, in der Mittelzone, d. h. in der Nachbarschaft der neutralen Schicht, je zwei derselben durch eine strahlende Naht getrennt.

Die gebrochenen Nähte werden, wie die untere Skizze von Fig. 22 ersichtlich macht, ihrerseits wieder in solche unterschieden, welche durch sogenannte Ankerstockplanken gebildet werden und solche, bei denen das Toppende der Planken doppelt bis dreimal so lang ist, als das Wurzelende. Der Grund für die Anwendung gebrochener Nähte ist zum Theil die damit verbundene Materialersparniss, vorzugsweise aber, und dies erklärt auch

ihre Beschränkung auf die Zone der neutralen Schicht, ihre erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Schubbeanspruchungen, die bekanntlich in der neutralen Schicht mit ihrer grössten Intensität auftreten. An den stark gekrümmten Stellen des Schiffes werden die gebrochenen Nähte wegen der Schwierigkeiten der practischen Ausführung vermieden. Hier muss die gebogene Form der Planken für die Aufnahme von Schubspannungen genügen. Ist bei dem Entwurf der Plankeneintheilung rationell verfahren, so wird es gelingen, die Aussenhaut mit einem Minimum von Arbeitsaufwand fertig zu stellen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Form des Schiffes in der Weise berücksichtigt worden ist, dass die einzelnen Planken sich mit Leichtigkeit der Oberfläche des Spantensystems anschmiegen und ohne zu grosse Spannung auf den Hölzern befestigt werden können. Anderenfalls würde es eventuell nothwendig werden, von dem in mehrfacher Beziehung unvortheilhaften Verfahren Gebrauch zu machen, welches darin

Aus vollem Holz
ausgearbeitete
Planken.

Fig. 22.



besteht, dass gekrümmte Planken aus mehr oder weniger geraden Hölzern durch Fortnehmen von Material ausgearbeitet werden. Allerdings kann dieses Verfahren nicht immer vermieden werden, z. B. bei solchen Planken, die im allgemeinen gerade verlaufend, mit einer starken Torsion behaftet sind, wie die Kielplanken an den Enden des Schiffes. Um eine zu grosse Spannung bei den stark gekrümmten Planken zu vermeiden, wird die Biegsamkeit derselben auf die eine oder die andere Weise erhöht. Ist eine Planke nur an einem Ende zu biegen, so kann dies z. B. dadurch geschehen, dass man dieselbe vom Ende her in der neutralen Schicht auftrennt, wodurch die dort vorhandene Schubspannung aufgehoben wird, so dass das aufgetrennte Ende der Planke nunmehr aus zwei Theilen von halb so grosser Dicke besteht, von denen jeder seine eigene neutrale Schicht hat. Ist die Biegung dagegen über die ganze Länge der Planke vertheilt, so besteht das Mittel, die Biegsamkeit derselben zu erhöhen, darin, dass man sie der Einwirkung von Wasserdampf von 100° Celsius aussetzt. Die be-

Das steamen
der Planken.

treffende Operation wird „steamen“ genannt und bedingt einen Apparat, der aus einem kleinen Dampfkessel mit Rohrleitung und einem geeigneten Gefäss zur Aufnahme der Planken, dem Steamkasten, besteht; letzterer wird in neuerer Zeit in Form eines langen Cylinders mit dampfdicht verschliessbaren Enden aus Eisen gefertigt. Die erhöhte Biagsamkeit einer gesteamten Planke erklärt sich dadurch, dass der aus harzigen und gummiartigen Stoffen bestehende Inhalt des Zellengewebes des Holzes unter Einwirkung von heissem Wasserdampf erweicht, so dass die Zellen selbst mit ihrem nunmehr plastischen Inhalt auf der convexen Seite der Planken eine gestreckte, auf der concaven Seite eine mehr kugelige Gestalt annehmen können, ohne zu zerreißen. Da ferner der Inhalt des Zellengewebes beim Erkalten der Planke wieder hart wird, so ist klar, dass wenn das Erkalten vor sich geht, während die betreffende Planke in der gekrümmten Form festgehalten wird, letztere zu einer dauernden wird.

Dem geschilderten Vorgänge entsprechen die beim Anbringen gesteamter Planken vorkommenden Manipulationen, nämlich erstens, Ausarbeitung der geraden Planken zu einer solchen Form, dass sie die abgewinkelte Fläche ihrer nachträglich gekrümmten Gestalt bildet; zweitens, Steamung der Planke während kürzerer oder längerer Zeit, je nach ihrer Dicke; drittens, Anbringen der Planke in heissem Zustande mit provisori- schen Befestigungsmitteln; viertens, Erkalten der Planke, wozu mehrere Stunden erforderlich und welches, wenn möglich, während der Nacht zu geschehen hat; fünftens, Wieder-Losnehmen der Planke und Nacharbeitung auf die genauen Dimensionen und Formen; sechstens, Definitive Installirung der Planke an Ort und Stelle.

Die Planken
durch steamen
desinficirt.

Erfahrungsmässig leidet übrigens die Qualität der Planken durch das Steamen nicht; die Operation ist vielmehr einem Desinfectionsverfahren gleich zu achten, durch welches die in dem Holze etwa vorhandenen Keime von Pilzen und Insectenlarven getödtet werden, sodass dasselbe von allen denjenigen Defecten frei bleibt, die auf Pilzwucherung beruhen.

In neuerer Zeit hat man die Verwendung von gesteamten Planken und Hölzern noch weiter ausgebildet und dasselbe auch für starke Biegung dicker Hölzer, z. B. Decksbalken und Spanthölzer anwendbar gemacht. Dicke Hölzer würden nämlich, trotz ihrer Erweichung durch Einwirkung von heissem Wasserdampf, auf der convexen Seite der Biegung reißen, weil ihre äussere Faserschicht sich zu weit von der neutralen befindet und sich bei der Deformation aus dem geraden Zustande in den gebogenen zu stark verlängern muss. Verhindert man die mit der Biegung verbundene Verlängerung der convexen Hälfte des Werkstückes, so vermeidet man auch das Zerreißen der am meisten auf Zug in Anspruch genommenen Faserschicht. Es geschieht dies dadurch, dass man vor der Operation des Biegens die convexe Seite des Holzes mit einer eisernen Schiene von der

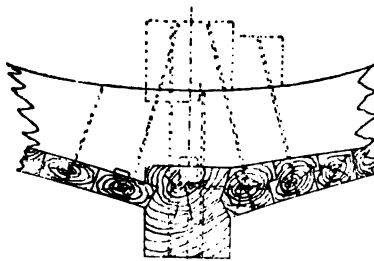
Breite des Holzes armirt und die Länge des Holzes durch aufgenietete oder mittelst Schrauben befestigte eiserne Winkel fixirt.

Unterwirft man demnächst das Holz mit seiner Armatur der Operation der Biegung, so ist allerdings auch der Widerstand der Armatur gegen Biegung zu überwinden; derselbe ist aber wegen der geringen Dicke der angewendeten Schiene nur klein, verhindert dafür aber das Reißen des Holzes trotz dessen Dicke oder der scharfen Biegung.

Die Grundform für den Querschnitt der Planken ist ein Rechteck, dessen kleinere Dimension normal zur Oberfläche der Spanten steht. Eine Abweichung von dieser Form in der Weise, dass ein Trapez entsteht, wird dadurch herbeigeführt, dass zwischen zwei benachbarten Planken Raum zur Aufnahme des Dichtungsmaterials vorhanden sein muss. Unmittelbar auf der Oberfläche der Spanten schliessen die Planken dicht an einander; auf der Aussenfläche der letzteren befinden sich die einander zugekehrten Kanten zweier benachbarter Gänge dagegen in einem von der Plankendicke

Der Querschnitt
der Planken.

Fig. 23.



abhängigen Abstände, sodass der Querschnitt des für das Dichtungsmaterial bestimmten Raumes keilförmig wird. Die Basis dieses keilförmigen Querschnittes der Plankennähte beträgt durchschnittlich $\frac{1}{10}$ der Plankendicke. An solchen Stellen, wo die durch die convexe Form der Oberfläche der Spanten hervorgebrachte Divergenz der Seiten der Planken schon einen genügenden Raum für das Dichtungsmaterial gewährt, bleibt selbstverständlich die rechteckige Querschnittsform ungeändert. Einer besonderen Erwähnung bedarf der Querschnitt der Kielplanken, d. h. derjenigen Planken, deren eine Seitenfläche in die Kielsponung fällt. Bei den älteren Schiffen waren auch diese Planken von rechteckigem Querschnitt; in neuerer Zeit giebt man denselben dagegen die in Fig. 23 rechts dargestellte Form, welche dadurch entstanden zu denken ist, dass man die Bodenwrangen nicht über den Kiel kämmt, sondern unter Anwendung eines Cylinderzapfens flach auf denselben auflegt und den durch Wegfall von Material an den Bodenwrangen gewonnenen Raum zur Vergrößerung des Querschnitts der in Rede stehenden Planken benutzt. Auf diese Weise können auch noch zwei bis drei der folgenden Plankengänge einen grösseren Querschnitt er-

Die Kielplanken.

halten, während man gleichzeitig eine einfachere und daher leichter zu beschaffende Form für die Bodenwrangen erhält. Die zur Oberfläche der Spanten normale Dimension wird auf diese Weise so bedeutend, dass die Planken auf der vom Kiel abgekehrten Seite einen sponungsartigen Falz bekommen können, der den Boden der Dichtungsnaht bildet. Kielplanken der beschriebenen Art sind besonders bei langen Schiffen, deren untere Hälfte stark auf Zug kommen kann, von grossem Nutzen; sie gestatten ferner eine solidere Befestigung am Schiff, da sie ausser der gewöhnlichen, das Spantensystem durchdringenden Verbolzung auch eine solche durch den Kiel und durch einander gestatten.

Die Füllhölzer.

Vor dem Anbringen der Kiel- und Bodenplanken müssen sich übrigens die Füllhölzer an Ort und Stelle befinden. Man versteht darunter querschiffs verlaufende, die Spantzwischenräume bis etwa zur Höhe der Kimm ausfüllende Hölzer, welche erst kurz vor der Anbringung der betreffenden Planken eingefügt werden, um bis dahin eine wirksamere Ventilation zwischen den Spanten in Thätigkeit zu erhalten. Man unterscheidet ganze und halbe Füllhölzer, je nachdem sie vertikal gemessen die selbe Dimension wie die Bodenwrangen oder eine nur halb so grosse haben. Die Fugen zwischen den Füllhölzern und Bodenwrangen werden von aussen und von innen oder nur von aussen abgedichtet, je nachdem ganze oder halbe Füllhölzer zur Verwendung gelangen, was übrigens für die Fugen zwischen den Bodenwrangen der beiden Lagen eines Spants ebenfalls gilt. Der Zweck der Füllhölzer ist der, dass durch ihr Vorhandensein das Spantensystem in der Nähe des Schiffsbodens zu einer compacten Holzmasse wird, welche für sich allein schon genügt, die in der unteren Schiffshälfte auftretenden Druckspannungen aufzunehmen, sodass die Beplankung der Aussenfläche der Spanten dadurch entlastet wird. Es erklärt sich daraus auch die Praxis, dass man in den Theilen des Schiffsbodens, wo Füllhölzer vorhanden sind, bei kürzeren Schiffen keiner inneren Wegerung bedarf.

Bei den Kriegsschiffen der deutschen Marine werden die Füllhölzer zu einer solchen Form ausgearbeitet, dass ihre Dimensionen normal zur Oberfläche der Spanten mittschiffs gleich denen der anliegenden Bodenwrangen sind und nach den Seiten des Schiffes hin bis etwa auf die Hälfte der an ihren Enden vorhandenen Bodenwrangendimensionen abweichen.

Leckwasser im Schiffsraume befindet sich bei den mit Füllhölzern gebauten Schiffen an der Innenfläche des Spantensystems, während bei Schiffen ohne Füllhölzer das Leckwasser sich in den Spantzwischenräumen sammelt. In letzterem Falle ist es nothwendig, vor Anbringung der Kielplanken an der Aussenfläche der Bodenwrangen in jedem Spant einen Canal von geringem Querschnitt zur Communication zwischen den Spantzwischenräumen herzustellen. Uebrigens gewähren die Füllhölzer bei sorgfältig ausgeführter Abdichtung auch noch eine grössere Sicherheit gegen

das Sinken eines Schiffes, wenn dasselbe in Folge einer Grundberührung etwa eine Planke verloren haben sollte, wie solches mehrfach constatirt worden ist.

Unter Berghölzern versteht man die oberhalb und unterhalb der neutralen Schicht eines Schiffes vorhandenen Plankengänge nach oben in einer solchen Ausdehnung, dass der oberste Bergholzgang bei geladener Wasserlinie noch über Wasser ist. Was bei den Bergholzplanken besonders interessirt, ist ihre bedeutende Stärke normal zu den Spanten, welche aus verschiedenen Gründen als nothwendig erkannt worden ist. Bekanntlich führt die Festigkeitslehre bei balkenförmigen Körpern, die ähnlich beansprucht werden wie ein schwimmendes Schiff und unter der Voraussetzung eines massiven Querschnitts, an den Stellen des letzteren, welche sich am weitesten von der neutralen Schicht entfernt befinden, zu gewissen Materialanhäufungen, sodass die Grundform des Querschnitts bei vortheilhafter Materialvertheilung ein DoppelT wird. Bei einem doppelTförmigen Querschnitt steckt das meiste Material in den Flanschen, deren Entfernung von der neutralen Schicht ein Maximum ist. Der Querschnitt eines hölzernen Schiffes ist aber keineswegs massiv in dem Sinne etwa wie der Querschnitt eines eisernen Deckbalkens; um ihn dazu zu machen ist erforderlich, die Schubbeanspruchungen, welche zwischen zwei neben einander liegenden Längsverbandstücken und zwar besonders in der Nähe der neutralen Schicht auftreten, aufzunehmen. Die in der Nähe der neutralen Schicht liegenden Plankengänge der Aussenhaut müssen, da sie sich grösstentheils unter Wasser befinden, aber auch noch deshalb gegen eine relative Beweglichkeit in der Richtung ihrer Länge geschützt werden, weil sonst lecke Nähte entstehen. Eines der Mittel, diesen Zweck zu erreichen, haben wir bereits in den gebrochenen Plankennähten kennen gelernt; ein anderes, bedeutend wirksameres würde die Verwendung von Cylinderzapfen in den Nähten der Planken sein; ein drittes und zwar dasjenige, mit dem man sich im Allgemeinen begnügt, besteht in der Anwendung sehr tiefer Dichtungsnähte. Alle diese Mittel erfordern dicke Planken in der Gegend der neutralen Schicht. Letztere sind aber auch noch deswegen von besonderem Nutzen, weil das Schiff in der Nähe der oberen Wasserlinie häufig lokalen Beanspruchungen ausgesetzt ist, z. B. bei Collisionen mit schwimmendem Wrackholz, mit Eisschollen u. s. w. Bei den älteren Kriegsschiffen lieferten die Berghölzer ausserdem einen erhöhten Widerstand gegen einschlagende Geschosse, welche auch bei den Schiffen unserer Marine bei Gelegenheit von Reparaturen häufig in ihnen gefunden worden sind.

Von den übrigen Planken sind noch diejenigen wegen ihrer Dicke zu erwähnen, welche im oberen Theile des Schiffes am weitesten von der neutralen Schicht entfernt sind und welche vorzugsweise Zugbeanspruchungen aufzunehmen haben. Ein Haupterforderniss, welches man an solche Planken stellt und welches an den Stellen, wo weiter oben von Zugbeanspruchungen

die Rede gewesen ist, noch nicht hervorgehoben wurde, ist die Abwesenheit von Aststellen im Holz. Da wo sich Aeste befinden, geht nämlich die Holzfaser nicht schlank durch, sondern sie bildet eine um den Mittelpunkt des Astes herumgehende Curve, sodass Zugspannungen nur in sehr geringem Grade aufgenommen werden können. Eine Aststelle in einer Planke, welche auf Zug kommt, ist in der That nicht viel besser als eine Stossstelle und muss, wenn sie nicht zu vermeiden sein sollte, als solche behandelt werden.

Andererseits ist ein Ast in den Planken, die vorzugsweise auf Druck kommen, oder nur geringen Zugspannungen unterworfen sind, d. h. also bei kürzeren Schiffen unter Wasser, nicht absolut schädlich und darf unter Umständen geduldet werden.

Was die Reihenfolge betrifft, in der die Planken am besten anzubringen sind, so ist bereits erwähnt, dass die Kiel- und Bodenplanken möglichst zuletzt installiert werden. Im Uebrigen ist auf die Abstützung des Spantensystems Rücksicht zu nehmen, derart, dass zunächst die von Stützen entblösten Stellen einige Gänge bekommen, welche demnächst geeignet sind, neue Stützpunkte für das Schiff zu liefern, wenn die bisherigen Stützen weggenommen werden müssen.

Der Schandeckel.

Die oberen Enden der Auflanger der Spanthölzer ragen, soweit sie nicht zum Bau einer Back oder Campagne noch weiter hinaufgeführt werden müssen, um gleiche Stücke über den obersten Plankengang, resp. den obersten Wegerungsgang des Oberdecks hervor, um mit kurzen vertikalen Zapfen versehen zu werden. Auf diese Zapfen wird der sogenannte Schandeckel gestreift, dessen Funktion darin besteht, den Raum zwischen der äusseren und inneren Beplankung zu schliessen und das Spantensystem vor dem Eindringen des Wassers von oben her zu schützen. Der Schandeckel besteht aus einem plankenartigen Holz von solcher Breite, dass er binnenbords den obersten Wegerungsgang und aussenbords den obersten Plankengang noch etwas überragt und dadurch Gelegenheit zur Anbringung einer zweckentsprechenden Profilirung schafft. Ergiebt sich eine so grosse Breite, dass die betreffenden Hölzer schwer aufzutreiben sind, so setzt man den Schandeckel der Breite nach aus zwei Theilen zusammen. Die entstehende Naht ist natürlich abzudichten.

Bei der Back und Campagne liegt der Schandeckel entsprechend höher. Führt das betreffende Schiff auf dem Oberdeck Breitseitgeschütze, so kann man den Schandeckel entweder mit dem Unterdrempel oder mit dem Oberdrempel der Pforten verlaufen lassen. Geschieht ersteres, so ist in der Höhe des Oberdrempels ein ähnliches Stück wie der Schandeckel vorhanden, welches auf einzelnen durch den eigentlichen Schandeckel hindurchragenden Auflängern ruht, die aussenbords eine dünnere Beplankung und binnenbords eine leichte Bekleidung von Kiefern-Holz erhalten. Jener zweite Schandeckel wird Railing genannt und bildet den Boden der Finke-

Die Railing.

netz- oder Hängemattskasten. Während der eigentliche Schandeckel in diesem Falle durchgeht und noch ein kräftiges Zugorgan bildet, erleidet die Railing eine Unterbrechung durch die Fallreepsöffnung.

☐Liegt dagegen der Schandeckel in der Höhe der oberen Pfortendempel, so entbehrt er wegen der Unterbrechung durch die Fallreepsöffnung der Eigenschaft eines Längsverbandstückes, da an der Unterbrechungsstelle von einer Zugübertragung nicht die Rede sein kann. Durch den höher gelegenen Schandeckel wird die Railing entbehrlich und bildet ersterer selbst den Boden für die Hängemattskasten.

Die Form und Construction der Hängemattskasten geht aus Fig. 3 auf Seite 12 hervor. Die Hauptbestandtheile derselben sind schmiedeeiserne Gabeln von solcher Form, dass sie eine solide Befestigung am Schandeckel, resp. der Railing und den obersten Plankengängen gestatten und an welchen die Beplankung befestigt werden kann.

Die Hängemattskasten.

Gegen das Eindringen des Wassers von oben her werden die Hängemattskasten durch das sogenannte Hängemattkleid geschützt, welches, aus wasserdichtem Segeltuch gefertigt, aussen mittelst einer Holzleiste befestigt und binnenbords an einer eben solchen festgeschnürt wird. Damit die Hängemattskasten auch in dem Falle, wo sich die Hängematten nicht in ihnen befinden, ihre gewölbte Form behalten, werden in gewissen Distanzen halbkreisförmige Holzstücke querschiffs eingesetzt und an den obersten Längsplanken befestigt, welche, an ihrem Rande mit entsprechenden Einschnitten versehen, einer Anzahl längsschiffs verlaufender Latten Auflage gewähren, auf denen das Hängemattkleid ruhen kann. Der Boden der Hängemattskasten wird gewöhnlich mit einer einfachen Lattengrätig versehen und sind ausserdem noch einige, mittelst kupferner oder messingener Röhren etwa vorhandenes Leckwasser binnenbords leitende Speigaten vorhanden.

Die Aufbewahrung der Hängematten in der betreffenden Weise und an der beschriebenen Stelle bezweckt neben einer täglichen Lüftung derselben auch einen gewissen Schutz gegen Gewehrfeuer für die Bedienungsmannschaften der Oberdecksgeschütze. Uebrigens wird der Theil der Bordwand, welcher sich oberhalb des Oberdecks befindet, Verschanzung genannt. Diese ist an einzelnen Stellen, z. B. da, wo Führungsscheiben für das laufende Gut angebracht werden müssen, durch eingesetzte Füllstücke zu verstärken. Dergleichen Füllstücke spielen überhaupt eine wichtige Rolle und müssen vor dem Anbringen der Beplankung überall da eingesetzt werden, wo ein Bolzen oder Rohr, ohne dieselben, theilweise frei liegen würde. Zu den Füllstücken dieser Art kann jedoch eine geringere Holzart verwendet werden.

Unter Luksüll versteht man einen erhöhten Rand um die Luken, resp. Oeffnungen in den Decks, die ihrerseits nothwendig sind, um die unter Deck gelegenen Räume zugänglich zu machen und sie mit Luft und

Die Luksülle.

Zweck der
Luksülle.

Licht zu versehen. Der Zweck der Sülle besteht vorzugsweise darin, das Eindringen von auf den Decks befindlichem Wasser in die Luken zu verhindern. Dementsprechend sind die Sülle des Oberdecks gewöhnlich höher als die der übrigen Decks.

Im Zusammenhange mit dem angegebenen Zweck ist auch die Anordnung der Luken mittschiffs in einer Minimalbreite die einzig richtige, wenigstens für das Oberdeck und sind daher seitlich gelegene Niedergänge im Allgemeinen nicht gebräuchlich.

Ein Luksüll besteht aus zwei Längs- und zwei Querhölzern, die einen rechteckigen Rahmen bilden, an dessen Ecken sie mittelst einer schwalbenschwanzartigen Verbindung zusammengefügt sind. Sie ruhen direct auf den Decksbalken, resp. auf den Längsschlingen, an denen sie mittelst Klink- oder Schraubbolzen befestigt sind, deren obere Köpfe im Holz der Sülle versenkt und mit Deckspfropfen versehen sind. Die Dicke des Sülls muss so gross sein, dass aus seinem oberen Theile ein äusserer, resp. innerer Falz, oder beides zur Aufnahme der Lukendeckel und Grättings, resp. Niedergangskappen oder Decksfensterrahmen herausgenommen werden kann.

Im unteren Theile ist die Dicke noch um einige cm. grösser, um die Fugen zwischen dem Süll und den Decksplanken abdichten zu können. Die Ecken der Luksülle des Oberdecks erhalten Beschläge aus Bronze oder verzinktem Eisen, die die Zapfenlöcher für Scepter- oder Geländerstützen bilden, welche auf Kriegsschiffen gewöhnlich an die Stelle von festen Niedergangskappen treten.

Nachdem sämtliche Luksülle eines Decks aufgestellt und befestigt Die Decksbänder. und sämtliche Schlingen, die etwa zur Verstärkung des Decks, zum Beispiel unter den Pollern, Deckstoppern, dem Spill u. s. w. nothwendig sind, angebracht sind, würden die Decksplanken gelegt werden können, vorausgesetzt, dass auch die Deckbänder an den Schiffsenden sich an Ort und Stelle befinden, um den vordersten und hintersten Enden der Decksplanken als Auflage und zur Befestigung zu dienen. Die Deckbänder sind aus Holz gefertigt und befinden sich vor dem vordersten, resp. hinter dem hintersten Decksbalken zwischen Wassergang und Balkweger, mithin direct auf den Spanthölzern. Ihre Steuerbord- und Backbordhälften werden durch ein zweckmässig geformtes Mittelstück verbunden und das Ganze erhält an der nach innen gekehrten Fläche einen knieartigen, eisernen Beschlag, der mittelst von aussen geschlagener Klinkbolzen oder Schraubbolzen befestigt wird. Das Holz der Deckbänder ist soviel dicker als der Wassergang, dass für die Decksplankenenden eine genügend breite Auflagefläche entsteht.

Die Beplankung
der Decks.

Von der Decksbeplankung beansprucht man vor allen Dingen dauernde Wasserdichtigkeit und in zweiter Linie einen Beitrag zum Widerstande gegen Deformation des Schiffskörpers. Wegen der Herstellung wasserdichter Nähte zwischen den Decksplanken erhalten letztere eine relativ bedeutende

Dicke, die auch deswegen wünschenswerth ist, weil sie einem beträchtlichen Verschleiss unterworfen sind. Im Verhältniss zur Dicke ist die Breite der Decksplanken gering zu nennen; letztere ist für die Planken eines Decks im Allgemeinen constant. Nicht zu breite Planken gewähren besonders dem Oberdeck ein ansprechendes Aussehen und sind auch in sofern zweckmässiger, als durch die dadurch erhöhte Anzahl Nähte die Schubbeanspruchung, die auf jede einzelne kommt, geringer wird. Der Querschnitt der Decksplanken ist rechteckig; nur werden dieselben bei der seitenrechten Bearbeitung nach oben um einige Millimeter schmaler gehobelt, um Raum für das Dichtungsmaterial in den Nähten zu schaffen.

Sämmtliche Decks liegen im Allgemeinen in der oberen, mithin der vorzugsweise auf Zugbeanspruchungen kommenden Schiffshälfte und sind die Beanspruchungen proportional mit ihrer Entfernung von der neutralen Schicht; daraus folgt für das Oberdeck eine besonders intensive Beanspruchung auf Zug. Mithin gelten für die Oberdecksplanken alle diejenigen Regeln, welche für die obere Hälfte der Aussenhautbeplankung zur Sprache gebracht sind und zwar in erhöhtem Maasse, weil die ganze Beplankung des Oberdecks in der Maximalentfernung von der neutralen Schicht gelegen ist. Es sind daher grosse Plankenlängen, eine sorgfältige Vertheilung der Stösse und Freiheit von Aesten für das Oberdeck unerlässlich, wenigstens in den Theilen desselben, wo die Planken von vorne bis hinten durchgehen.

Um die Widerstandsfähigkeit der Decks gegen Zugbeanspruchungen zu erhöhen und gleichzeitig die Planken desselben zu entlasten, hat man bei den neueren Schiffen Zugorgane aus Schmiedeeisen im Oberdeck zur Anwendung gebracht. Diese Verstärkungen liegen auf den Decksbalken und zwar in dieselben eingelassen und erstrecken sich in Form von Flacheisen parallel zur Symmetrieebene vom vorderen bis zum hinteren Decksband, an letzteren und den Balken mittelst Holzschrauben befestigt. In der Flucht der mittschiffs befindlichen Luken entbehrt das Deck wegen der durch dieselben verursachten Unterbrechungen eines wirksamen Längsverbandes, wenigstens soweit dabei von Zugspannungen die Rede ist.

Eiserner
Längs- und
Diagonalverband
der Decks.

Einen gewissen Ersatz leisten allerdings die in diagonaler Richtung die Oberfläche der Balken passirenden schmiedeeisernen Schienen, welche man mit den vorstehend erwähnten Längsschienen gleichzeitig eingeführt hat.

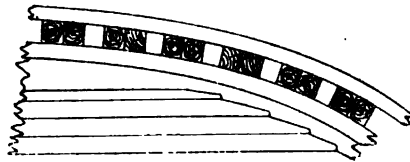
Da der Wassergang in gebogener Form der äusseren Contur des Decks folgt, die übrigen Decksplanken dagegen parallel zur Symmetrieebene verlaufen, schneiden die Nähte zwischen den letzteren die Innenkante des Wassergangs, besonders im Bug unter spitzen Winkeln. Um die dadurch entstehende Schwierigkeit beim Abdichten zu umgehen, werden die Spitzen der betreffenden Decksplanken in der Richtung des Querschnitts abgestumpft und der Innenfläche des Wassergangs eine entsprechend gekerbte Form gegeben, sodass die in der Fig. 24 dargestellte

Material der
Decksplanken.

obere Ansicht entsteht. Die Stösse der Planken liegen stets auf den Decksbalken, die Enden derselben auf den Decksbändern oder, wenn die Planken bereits vor dem vordersten Balken aufhören, auf passenden Schlingen, die zu dem Behufe unmittelbar neben dem Wassergange eingesetzt werden. Das geeignetste Material zu Decksplanken ist splint- und astfreies Kiefernholz, welches bei Kriegsschiffen an solchen Stellen des Decks, wo dasselbe besonders starken lokalen Beanspruchungen ausgesetzt ist, durch Teakholz ersetzt wird. Zu solchen Stellen rechnet man unter anderen: die Geschützstände, die Umgebung der Spille, Decksklüssen Beetings, sowie die Gänge unter den Ankerketten, soweit dieselben das Deck passiren.

Die aus den russischen und preussischen Ostseehäfen stammenden kiefern Decksplanken sind die gesuchtesten und werden in ihrer Qualität nicht durch die amerikanische Kiefer (Pitch pine) erreicht, welche weniger ansehnliche und zu glatte Decks liefert. Hat ein Oberdeck weniger auszuhalten, so kann man, wenn das Schiff sonst stark genug ist und es hauptsächlich auf ein gutes Aussehen ankommt, auch amerikanisches Weisstannenholz (White pine) verwenden. Die Planken müssen aus dem Roh-

Fig. 24.



Die Planken mit
der convexen
Seite der Jahres-
ringe nach oben.

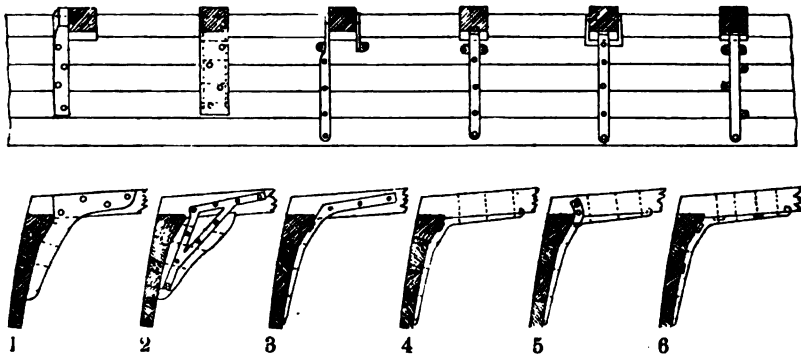
material in der Weise geschnitten werden, dass die Jahresringe des betreffenden Baumes möglichst parallel zur Breitenrichtung des Querschnitts gerichtet sind und nach der Bearbeitung mit der convexen Seite der Jahresringe nach oben eingebaut werden. Auf letzteren Umstand ist besonders Gewicht zu legen, nicht allein weil man dadurch das Splittern der Holzfaser vermeidet und dichtere Nähte bekommt, sondern auch aus dem Grunde, weil die entgegengesetzte Praxis, d. h. die Anbringung der Planken mit der concaven Seite der Jahresringe nach oben, ihre Begründung darin findet, dass durch Splint und Aeste mangelhafte Planken nicht auffallen sollen. Ueber die Befestigung und Abdichtung der Planken soll weiter unten gesprochen werden.

Die Balkenkniee.

Die Verbindung der Balkenenden mit den Schiffsseiten, soweit bisher bereits davon die Rede gewesen ist, ist keineswegs als ausreichend zu erachten, wie sich aus folgender Ueberlegung ergibt: kommt die obere Hälfte des Schiffes auf Zug, so werden die Schiffsseiten sich dort einander nähern wollen, die Balken würden eine stärkere Bucht und damit einen grösseren Winkel zwischen ihrer Unterkante und den Schiffsseiten bilden wollen, während das Umgekehrte eintreten würde, wenn die obere Schiff-

hälfte auf Druck kommt. Ferner ist klar, dass durch das Steifsetzen der Wanten bei aufrechtem Schiff durch Vermittelung der Rüsten ein beträchtlicher Druck von aussen nach innen auf die Schiffsseiten ausgeübt wird, der von den Decksbalken aufgenommen werden muss, was eine Vergrößerung des Winkels zwischen Unterkante Decksbalken und den Schiffsseiten zur Folge hat. Segelt das Schiff beim Winde, so vergrössert sich die Spannung in den Wanten auf der Luvseite, während sie in Lee abnimmt, und die Folge ist eine entgegengesetzt gerichtete Verzerrung des Winkels zwischen Unterkante Balken und den Schiffsseiten auf der Luvseite und in Lee. Aehnliche Erscheinungen finden statt, wenn das Schiff stark schlingert. Die betreffenden Deformationen sind als Schubbeanspruchungen in der Querschiffsrichtung aufzufassen und würden am sichersten durch einen Diagonalverband in dieser Richtung, oder noch besser durch volle Querschotte aufgenommen werden. Ein solches Verfahren würde aber die Ausnutzung des inneren Schiffsraumes fast unmöglich machen, und man ist

Fig. 25.



daher genöthigt, mit Hülfe eines weniger vollkommeneren Verfahrens die Tendenz zu den angegebenen Deformationen aufzunehmen. Dies geschieht durch Verstärkung der Ecken, welche die Unterkante Balken mit den Schiffsseiten bilden, mittelst hölzerner oder eiserner Kniee von solchen Dimensionen, dass der an diesen Ecken vorhandene Winkel gewahrt bleibt. Fig. 25 zeigt verschiedene Formen von hölzernen und eisernen Knieen, ohne dieselben jedoch zu erschöpfen. No. 1 stellt das gewöhnliche hölzerne, sogenannte gewachsene Knie dar, dessen horizontaler Arm neben dem Balken liegt und mit diesem durch längsschiffs geschlagene Bolzen verbunden ist, während der andere Arm im Allgemeinen vertikal, unter Umständen jedoch in einer geneigten Richtung auf der Innenfläche der Wege- rung ruht und mittelst Bolzen, welche auch die Aussenhaut durchdringen, befestigt ist.

Die Schwierigkeit der Beschaffung fehlerfreier Kniee dieser Art führte zu der Form Nr. 2, dem hölzernen Knie mit seitlich gelegener Armatur

aus Eisen, welche die Verbolzung mit dem Balken vermittelt. Dem Umstande, dass die hölzernen Kniee zu viel Raum beanspruchen, verdanken die eisernen Kniee ihre Einführung. Nr. 3 ist die älteste Form eines eisernen Knies, dessen horizontaler Arm ebenfalls neben dem Balken liegt, während auf der anderen Seite des Balkens eine Schiene vorhanden ist; beide werden durch Klinkbolzen verbunden und halten das Balkenende zwischen sich fest. Nr. 4 ist das am meisten angewandte eiserne Knie mit dem horizontalen Arm unter dem Balken; Nr. 5 unterscheidet sich von letzterem nur durch die beiden das Balkenende gabelförmig umfassenden Hörner und bei Nr. 6 endlich besteht die charakteristische Eigenschaft darin, dass der eigentliche Körper des Knies keine Löcher zur Aufnahme der Befestigungsbolzen enthält; dieselben befinden sich vielmehr in seitlich angeschweissten Lappen. Die zweckmässige Verwendung von eisernen Knieen ist bei den neuesten Kauffahrtheischiffen besonders ausgebildet worden. Man findet bei ihnen seltener eine hölzerne Diagonalwegerung, statt derselben dagegen eine die Spanten im Boden vollständig bedeckende Längswegerung, auf welche die hängenden Arme der Kniee des untersten Decks herabreichen und zwar mittschiffs in vertikaler Lage, an den Enden des Schiffes nach vorn resp. hinten gerichtet.

Ausser den Verstärkungen durch Balkenkniee erhält der Schiffskörper binnenbords noch weitere Verstärkungen an der Innenfläche der Wegerung, welche zur Aufnahme von Schubbeanspruchungen bestimmt sind oder die, durch eine gewisse Beweglichkeit der Schiffseiten gegen einander bedingten Deformationen verhindern sollen. Zu ihnen gehörten bei älteren Schiffen die sogenannten Katzenspuren in der Gegend der Masten, spantartig zusammengesetzte und auf die Wegerung gebolzte querschiffs durchgehende Holzverbindungen. Bei unseren jetzigen Schiffen erachtet man die zur Raumtheilung im unteren Schiffsraume vorhandenen Querschotten als einen mehr als ausreichenden Ersatz für derartige Raum stehlende und schwerfällige Constructionen. Ferner hat man in Bug und Heck die sogenannten Bug- und Heckbänder, welche bei den älteren Schiffen ebenfalls aus Holz unter Umständen mit eiserner Armatur bestanden, in neuerer Zeit dagegen vorzugsweise aus Eisen gefertigt werden. In Fig. 7 auf Seite 27 sind dieselben ersichtlich. Sie liegen in ebenen Schnitten normal zum inneren Verlauf der Binnensteven resp. Todholz und haben die Gestalt eines V mit der Schiffsförmigkeit entsprechend gekrümmten Armen. Ihre Befestigung geschieht mittelst durchgehender Klinkbolzen oder Schraubenbolzen, deren Mutter binnenbords aufgeschraubt wird, um gegebenen Falls ein festeres Anziehen zu gestatten. Die Anzahl der zu verwendenden Kniee, der Bug- und Heckbänder, sowie deren Dimensionen sind abhängig von der Grösse des Schiffes und werden durch die Bauvorschriften nach sorgfältiger Berechnung und unter Berücksichtigung des anderweitig aufgewendeten, z. B. des Längsdiagonalverbandes bestimmt.

Die Bug- und Heckbänder.

Man kann die Befestigungsmittel, speciell die der Aussenhaut und der Wegerung, zunächst in provisorische und bleibende unterscheiden. Von ersteren verlangt man ausser der nothwendigen Festigkeit und Widerstandsfähigkeit eine solche Form, die ein leichtes Herausnehmen gestattet, ohne dabei die betreffenden Verbandstücke zu schädigen. Folglich sind beispielsweise die sogenannten Hackbolzen als provisorische Befestigungsmittel unstatthaft; dagegen werden eiserne Schrauben mit Holzgewinde, die statt des quadratischen oder sechseckigen Kopfes mit einem Auge versehen sind, mit Recht in grösserer Zahl zur Anwendung gebracht. Dasselbe gilt für Stumpfbolzen und Spieker, welche, um das Herausnehmen zu erleichtern, durch ein unter dem Kopfe befindliches Stückchen Holz geschlagen werden, durch dessen Beseitigung Raum für die Zange oder den Kuhfuss zum Fassen des Bolzenkopfes geschaffen wird, wenn derselbe entfernt werden soll.

Die Befestigungsmittel.

Die bleibenden Befestigungsmittel unterscheidet man der Form nach in Durchbolzen, Stumpfbolzen, Spieker, Nägel und Schrauben. Zu den Durchbolzen rechnet man demnächst wieder Klinkbolzen, Schraubenbolzen und Holznägel, zu den Stumpfbolzen solche mit glattem Schaft, mit eingekerbtem Schaft, nicht durchgehende Holznägel und Holzschrauben. Spieker und Nägel haben rechteckige Querschnitte, welche jedoch beim Spieker in eine meisselartige Schneide, beim Nagel in eine Spitze auslaufen. Bei der Anwendung von Spiekern muss die Schneide so gestellt werden, dass die Holzfaser möglichst senkrecht geschnitten wird.

Unter Holzschrauben sind solche Befestigungsmittel zu verstehen, deren schwach conisch gestalteter Schaft auf etwa $\frac{2}{3}$ der Länge mit einem Schraubengewinde von solcher Form versehen ist, dass sich in dem Holze, in welches sie hineingedreht werden, das entsprechende Muttergewinde zwischen dessen Längsfasern bildet. Sie sind mit einem passend geformten Kopf, welcher das Ansetzen eines Schraubenschlüssels gestattet, versehen und werden aus verzinktem Eisen oder einer bronceartigen Legirung gefertigt. Die übrigen Befestigungsmittel können bis auf die Holznägel aus Schmiedeeisen, Kupfer oder Muntz's Metall gefertigt sein. Die Holznägel bestehen aus zähem, hartem Holze, z. B. amerikanischem Akazienholze; sie werden sauber rund gehobelt oder gedreht und müssen im trockenen oder stark comprimirtem Zustande geschlagen werden. Ihre Verwendung ist auf den permanent unter Wasser befindlichen Theil des Schiffes beschränkt, weil sie nur dort die Oeffnung, in der sie sitzen, durch ihre Volumenzunahme in Folge Aufsaugens von Feuchtigkeit stets ausfüllen, während sie an anderen Stellen durch eine Volumenverminderung locker werden können.

Holznägel.

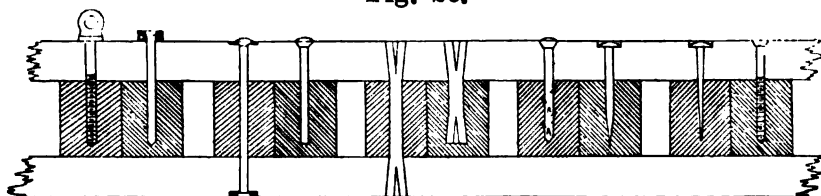
Von den guten Eigenschaften der Holznägel mögen deren Billigkeit und Leichtigkeit hervorgehoben werden. Die verschiedenen Arten von Befestigungsmitteln sind in Fig. 26 dargestellt.

Beanspruchung
der Be-
festigungsmittel.

Was die Beanspruchung der Befestigungsmittel betrifft, so ist dieselbe im Allgemeinen eine solche auf Schub- oder Scheerfestigkeit, unter Umständen aber auch eine Zugspannung. Ist letzteres der Fall, so ist eine Holzschraube, ein Hackbolzen oder auch ein Durchbolzen mit stark ausgebildetem Kopfe am Platze. Je nach ihrer Lage und je nachdem ein Bolzen in der Nähe eines Plankenstosses gelegen ist, oder nur als Befestigungsbolzen der Beplankung am Spantensystem dient, ist die Beanspruchung auf Schubfestigkeit verschieden.

Bei den Stossbolzen der Zugseite des Schiffes nimmt dieselbe nämlich mit der Entfernung des betreffenden Plankenganges von der neutralen Schicht vom Werthe Null bis zum Maximalwerthe zu, während sie bei den übrigen Bolzen mit der Entfernung von der neutralen Schicht vom Maximalwerthe bis zum Werthe Null abnimmt.

Fig. 26.



Hiernach würde sich für ein auf einem Wellenberge liegendes Schiff, wenn man dabei noch die Veränderlichkeit der Beanspruchungen längsschiffs berücksichtigt, als rationeller Gesichtspunkt für die Bolzenvertheilung folgendes ergeben: In den obersten Plankengängen sind die Stossbolzen am stärksten und, wenn zugänglich, am zahlreichsten und von der Mitte nach den Enden hin abnehmend, in der Nähe der neutralen Schicht dagegen am schwächsten, resp. weniger zahlreich, oder überhaupt geringwerthiger und nach den Enden des Schiffes hin ebenfalls abnehmend. Die Befestigungsbolzen sind dagegen in der Nähe der neutralen Schicht (z. B. die der Bergholzplanken) am zahlreichsten, resp. von grösserem Querschnitt, und zwar von der Mitte bis etwa auf $\frac{1}{4}$ Schiffslänge von den Enden bis zum Maximum an Querschnitt und Zahl zunehmend und von da bis zu den Steven wieder abnehmend; für die obersten Plankengänge dagegen ein Minimum von Bolzen mit geringerem Querschnitt, in der Längsschiffsrichtung demselben Gesetze folgend, wie die Befestigungsbolzen in der Nähe der neutralen Schicht.

Für die Druckseite des auf einem Wellenberge liegenden Schiffes würde sich eine ähnliche Bolzenvertheilung ergeben, als für die Zugseite, mit dem Unterschiede jedoch, dass im Allgemeinen sowohl die Stossbolzen als auch die Befestigungsbolzen nach Querschnitt und Zahl geringer sein können und zwar bis zu einer Grenze, die durch die nächstfolgende Schiffs-

lage über einem Wellenthale gegeben wird, wo die untere Schiffshälfte zur Zugseite mit allerdings geringeren Spannungen wird. Unter der Voraussetzung, dass bei der Anordnung der Wegerungsplanken und der Aussenhautplanken mit Bezug auf die Ausnutzung des Materials gleich rationel verfahren ist, würde für beide annähernd dieselbe Vertheilung und dieselben Querschnitte resultiren. Es erscheint daher vollkommen gerechtfertigt, wenn man zur Befestigung der Aussenhaut- und der Wegerungsplanken dieselben Bolzen benutzt, mit anderen Worten, wenn man Durchbolzen anwendet. Angenommen, dass beide Plankenlagen gleich gut, aber mit einer grösseren Anzahl Stumpfbolzen befestigt würden, so ergiebt sich, dass die Anwendung von Durchbolzen mit einer Ersparniss an Material verknüpft ist, die für den Fall, wo dasselbe aus Kupfer besteht, bedeutend ausfallen wird. Ausgenommen bei den auf Regierungswerften erbauten Schiffen, können in der Praxis die vorstehend angegebenen Gesichtspunkte für eine rationelle Verbolzung nach Zahl und Grösse des Querschnitts nur insofern Berücksichtigung beanspruchen, als man nicht unter das Minimum kommen darf, da die relativ geringe Breite der Planken eine so weit gehende Variation, wie die theoretische Betrachtung sie ergiebt, nicht zulässt. Im Allgemeinen und bei der Befestigung der Aussenhautplanken im Besonderen macht man die Zahl der Bolzen von der Breite der Planken abhängig und unterscheidet einfache, doppelte und gemischte Befestigung. Erstere kommt bei einer Plankenbreite von 200 mm und darunter zur Anwendung und besteht darin, dass die betreffende Planke auf jedem Spantholz eine Befestigung erhält; beträgt die Plankenbreite mehr als 280 mm, so tritt doppelte Befestigung ein, d. h. es sind deren zwei pro Spantholz vorhanden, die etwas versetzt gegeneinander geschlagen werden. Zwischen den angegebenen Breiten erfolgt auf dem einen Spantholz die doppelte, auf dem anderen die einfache Befestigung. Hierbei werden jedoch die Bolzen zur Befestigung von eisernen Knien, von Bug- und Heckbändern u. s. w., soweit sie Durchbolzen sind, mitgezählt und ausserdem die Regel befolgt, dass wenigstens zwei Drittel sämtlicher Befestigungsbolzen der Aussenhautplanken durchgehen müssen.

Was das Material der Befestigungsbolzen der Aussenhaut betrifft, so ist jedenfalls Eisen im Bereiche des Bodenbeschlags, insofern dieser aus Kupfer oder einer kupferhaltigen Legirung besteht, ausgeschlossen und sind nur Bolzen aus demselben Metall wie der Bodenbeschlag oder aus Holz gestattet. Letztere sind indessen bei Kriegsschiffen, wenigstens denen unserer und der englischen Marine in neuerer Zeit fast gänzlich ausser Gebrauch gekommen. In der französischen Kriegsmarine und bei den Handelsschiffen behauptet der Holznagel vorzugsweise wegen seiner Billigkeit dagegen noch seinen Platz. Schiffe, deren Aussenhaut in der angedeuteten Weise befestigt und bei denen auch die am Kiel und den Steven unter Wasser nach aussen tretenden Bolzen nicht aus Eisen sind, heissen kupferfest. Bei der Handelsmarine unterscheidet man noch verschiedene Grade von kupfer-

Einfache,
doppelte und
gemischte Be-
festigung.

Kupferfeste
Schiffe.

festen Schiffen, je nachdem die Zone, wo eiserne Bolzen ausgeschlossen sind, breiter ist und auch die Holznägel durch kupferne oder Bolzen aus einer kupferhaltigen Legirung ersetzt werden. Kommt es darauf an, ein möglichst billiges Schiff herzustellen, so kann man auch die unter Wasser befindlichen zur Befestigung von eisernen Verbandtheilen dienenden Bolzen aus Eisen fertigen und sie auf der Aussenkante-Spanten klinken, oder sie von dort aus schlagen und binnenbords klinken und ebenso mit den etwa zur Befestigung der Wegerung noch nothwendigen Bolzen verfahren, die Aussenhaut dagegen unter Wasser mit Holznägeln und nur an den Stössen mit kupfernen Bolzen, über Wasser mit verzinkten eisernen Durchbolzen befestigen. Ein solches Schiff kann auch gekupfert werden. Dagegen darf ein Schiff, bei welchem eiserne Bolzen unter Wasser an die Oberfläche des Schiffskörpers treten, keinen Bodenbeschlag aus Kupfer oder Gelbmetall erhalten.

Befestigung der
Decksplanken.

Die Befestigung der Decksplanken ist gewöhnlich eine doppelte mittelst Spieker oder Stumpfbolzen aus verzinktem Eisen oder in der Nähe der Compasse aus Gelbmetall. Das Loch zur Aufnahme der Spieker oder Stumpfbolzen wird auf etwa $\frac{2}{3}$ der Länge dieser letzteren vorgebohrt und der Raum für den Kopf mittelst Centrubohrer auf die erforderliche lichte-Weite und Tiefe gebracht, derart, dass derselbe nachträglich mit einem wasserdicht schliessenden hölzernen Pfropfen von einer gewissen Höhe geschlossen werden kann. Diese Deckspfpfen werden aus derselben Holzsorte wie die Decksplanken in der Weise auf der Drehbank hergestellt, dass die Holzfasern auf einem der Achsenschnitte senkrecht steht. Vor dem Einsetzen muss die betreffende Oeffnung vollkommen von Staub gereinigt und mit Kitt, gewöhnlich Bleiweisskitt mit Terpentin, in einem solchen Grade versehen werden, dass zwischen dem eingeschlagenen Pfropfen und dem Nagel resp. Bolzenkopfe kein Hohlraum vorhanden ist.

Die Deckspfpfen.

Die Länge der Deckspfpfen resp. die Tiefe, bis zu welcher der Nagelkopf versenkt wird, muss so gross sein, dass nach der Abnutzung des Decks bis auf die seine Erneuerung bedingende Dicke die Pfropfen noch einen hinreichenden Halt oberhalb der Bolzenköpfe haben. Ein Deck aus 100 mm. dicken Planken muss z. B. erneuert werden, wenn letztere auf 75 mm. Dicke abgenutzt sind, folglich würden die Deckspfpfen eine Länge von circa 30 mm. haben müssen.

Das Abdichten.

Sind Holznägel zur Befestigung der Planken verwendet worden, so ragen deren Enden aussen- resp. binnenbords um eine gewisse Länge hervor, welche erst einige Tage vor dem zu Wasser lassen des Schiffes sauber abgesehen werden. Der Holznagel wird dann an beiden Enden mit dem Meissel in der Richtung des Durchmessers oder, wenn dies nicht genügt, in Form eines Dreiecks aufgespalten und in die entstandenen Oeffnungen ein oder mehrere Holzkeilchen geschlagen oder, was noch besser ist, man dichtet die Spalten mit Werg ab. Nach dieser Procedur und nachdem

sich auch sämtliche übrigen Befestigungsmittel an Ort und Stelle befinden und das Schiff sauber geschlichtet ist, schreitet man zum Abdichten oder Kalfatern sämtlicher zunächst äusserlich sichtbarer Fugen mit Einschluss auch der während des Baues etwa durch Eintrocknen entstandenen Spalten und Windrisse. Der Zweck des Abdichtens besteht natürlich darin, dem Wasser von aussen her den Eintritt in den inneren Schiffsraum dauernd zu wehren; nebenher schafft man jedoch, wie bereits mehrfach hervor-
gehoben, durch das Eintreiben des Dichtungsmaterials in die Fugen einen bedeutenden Widerstand gegen eine relative Bewegung zweier aneinander stossender Stücke und befähigt dadurch das Schiff zur Aufnahme der Schubbeanspruchungen. Aus letzterem Umstande folgt, dass auch die nicht mit dem Wasser in Berührung kommenden Fugen der Abdichtung bedürfen, mit anderen Worten, dass auch die Fugen zwischen den binnenbords liegenden Wegerungsplanken abgedichtet werden müssen, wenn das Schiff auch nicht vollständig dicht gewegert ist. Weiter oben ist gesagt worden, dass die Fugen zwischen zwei Planken an deren Oberfläche eine Breite von $\frac{1}{20}$ der Dicke einer der benachbarten Planken haben müssen. Wenn nun auch während des Beplankens stets auf dieses Maass hingearbeitet wird, so ist es doch äusserst schwierig, dasselbe bis zur Vollendung der Beplankung überall innezuhalten. Es werden sich Nähte finden, die breiter, und andere, die zu schmal sind. Letztere werden mit Hülfe des sogenannten Schör-
eisens auf die richtige Dimension geöffnet und dadurch die zu breiten Nähte bis auf das richtige Maass geschlossen. Das Dichtungsmaterial besteht aus locker gedrehten Dochten von Werg, welches durch Aufdrehen von altem getheerten Tauwerk gewonnen wird. Um den Querschnitt der Naht mit Werg zu füllen, sind je nach der Grösse derselben eine geringere oder grössere Anzahl von Dochten erforderlich, die zunächst einzeln und bei weiter werdender Naht in Form von Doppeldochten mittelst des sogenannten Dichteisens eingetrieben werden. Dabei ist vorzugsweise darauf zu achten, dass jeder Docht bis auf den Grund geschlagen wird, derart, dass weder Hohlräume noch lockere Stellen in der Naht entstehen. Ist die Naht gefüllt, so wird das Werg durch sogenanntes Klamaien noch weiter in die Fuge hineingetrieben, eine Operation, die von zwei Arbeitern ausgeführt wird, von denen der eine das mit einem Stiel versehene Dichteisen hält, auf dessen Kopf der andere mit einem schweren Hammer schlägt. Hierdurch wird das Werg schliesslich zu einer homogenen Masse, in welcher der demselben anhaftende Theer als Bindemittel dient. Da das Werg in den Nähten während des Klamaiens wie ein Keil wirkt, so ist klar, dass die Befestigung der Planken dadurch auf eine harte Probe gestellt wird, und es kommt häufig vor, dass einzelne Bolzen dabei brechen, die dann natürlich sofort durch stärkere ersetzt werden müssen. Bei dünneren Planken und solchen aus Kiefernholz hat das Klamaien zu unterbleiben, um die Kanten der Planken zu schonen. Die Oberfläche der fertigen Werg-

Abdichten der
Fugen über
Wasser.

Das Klamaien.

nähte wird endlich mit heissem Pech bestrichen, welches in diesem Zustande dünnflüssig genug ist und in die oberen Schichten des Wergs eindringt, dort erkaltet und die Naht vor dem Eindringen des Wassers schützt.

Das etwa zu dick aufgetragene Pech, sowie das auf der Oberfläche der Planken haftende wird mit einem geeigneten Instrument abgeschabt. Demnächst ist das Schiff bereit, einen oder mehrere Oelfarbenanstriche aufzunehmen als Schutz gegen die Einflüsse der Witterung während der weiteren Vollendung. Das Oberdeck erhält zu demselben Zweck einen Anstrich aus Leinöl ohne Zusatz von Farbstoff. Nach Beendigung des Abdichtens befindet sich das Schiff in schwimmfähigem Zustande; bevor es jedoch zu Wasser gelassen wird, sind noch verschiedene Arbeiten an dem später unter Wasser befindlichen Theile des Schiffskörpers auszuführen. Dahin gehört in erster Linie das Ausarbeiten und Anpassen des Ruders mit seinen Beschlägen. Die gebräuchlichen Ruderformen und die übliche Art der Zusammensetzung des Ruders ist aus Fig. 8 auf Seite 29 ersichtlich, in welcher die links befindliche Zeichnung die ältere Form des Ruders repräsentirt. Seine Drehachse fällt vollständig mit dessen Vorkante zusammen, wodurch eine sehr grosse Oeffnung für den Durchgang des oberen Theiles des Ruders, des Ruderkopfes, in das Innere des Schiffes nothwendig wird. Die den angearbeiteten Kopf enthaltenden Holzstücke werden Ruderherz genannt und bestehen stets aus ganz fehlerfreiem Eichenholze. Die übrigen Stücke können mit Ausnahme des beim Paténtruder in dem unteren Theile desselben die Vorkante bildenden Stücks in dem Maasse aus dem specifisch leichtern Kiefernholz hergestellt werden, dass das fertige Ruder inclusive Beschläge und Bolzen, horizontal ins Wasser gebracht, schwimmt. Sollte dies mit den ausser dem Ruderherz disponiblen Holzstücken nicht erreichbar sein, so muss demselben ein grösseres Volumen dadurch ertheilt werden, dass man den Horizontalschnitt des Ruders weniger zuschärft, als für einen geringen Widerstand des Wassers bei geradliniger Fortbewegung des Schiffes wünschenswerth ist. Der Zweck dieses Verfahrens besteht darin, dass die zur Kuppelung des Ruders mit dem Schiffskörper dienenden Vorrichtungen, die sogenannten Ruderstellen, in der Richtung der Drehachse des Ruders möglichst wenig belastet werden, sobald das Schiff schwimmt.

Ein Ruderstell besteht aus zwei Theilen, den Fingerlingen und den Ruderhaken. Erstere werden am Ruderstevan mittelst auf dessen Seitenflächen liegenden, „Federn“ genannten, Lappen mit Durchbolzen derart befestigt, dass die zur Aufnahme der Drehzapfen der Ruderhaken bestimmten Oesen mit ihrer Mittellinie in die Drehachse des Ruders fallen. Die Ruderhaken werden am Ruder selbst befestigt und unterscheiden sich von den Fingerlingen nur dadurch, dass statt der Oese ein nach unten zeigender zur Bequemlichkeit des Einhakens des Ruders etwas conisch gearbeiteter Zapfen oder Finger vorhanden ist. Dieser kann entweder mit dem übrigen Theil des Ruderhakens aus einem Stück bestehen oder er wird, was für

Anpassen des
Ruders.

ein eventuelles Ersetzen desselben wünschenswerth ist, besonders eingesetzt. In letzterem Falle erhält derselbe unterhalb der zu seiner Aufnahme bestimmten Oeffnung einen Anlauf und wird gewöhnlich mittelst Splints befestigt. Auch die Federn der Ruderhaken, sowie der an der Vorkante des Ruders befindliche Theil derselben werden möglichst in das Holz eingelassen und dienen nach dem Anbringen ihrer Befestigungsbolzen wesentlich zur Verstärkung des Ruders, dessen einzelne Stücke übrigens mittelst längsschiffs geschlagener Durch- und Hackbolzen verbunden werden. Das Material für die Ruderstellen ist Bronze; ein Ruderstell wird dem Schiff zur Reserve mitgegeben.

Behufs Anfertigung eines Nothruders oder wenn das Schiff in einem fremden Hafen ohne docken zu können sein Ruder erneuern muss, erhält das Schiff ein Rudermall, d. h. ein mittelst dünner Bretter hergestelltes Modell des Ruders in seiner Seitenansicht. Auf demselben sind sämtliche Maasse, welche zur Anfertigung des Ruders erforderlich sind, mit Hilfe von passend gewählten, mit Oelfarbe aufgezeichneten Querschnitten angegeben, speciell auch die genaue Lage der Ruderhaken. Was die Zahl der Ruderhaken und Fingerlinge betrifft, so richtet sich dieselbe nach der vertikalen Dimension des Ruders, ist aber im Minimum drei, von denen der oberste möglichst hoch, der unterste möglichst tief sitzt, während die übrigen gleichmässig zwischen den beiden äussersten Positionen vertheilt sind. Unterhalb eines jeden Ruderfingers wird an der Vorkante des Ruders soviel fortgenommen, dass der Fingerling während des Einhakens des Ruders Raum findet. Dieser Raum wird nach dem Einhaken unterhalb des obersten Fingers durch das Schlossholz ausgefüllt, um zu verhindern, dass das Ruder im Seegang oder bei Grundberührungen sich selbst aushakt. Das Schlossholz wird durch einen dasselbe schräge von oben durchdringenden kupfernen Bolzen am Ruder in seiner Lage gehalten, dessen Herausfallen wiederum durch einen vorgesteckten Splint verhindert wird.

Nach Vollendung des Ruders und dem Anbringen der Fingerlinge wird dasselbe eingehakt, um zu constatiren, ob es sich ohne Schwierigkeit von Bord zu Bord drehen lässt. Ist dies geschehen, so hakt man dasselbe gewöhnlich wieder aus, um es nicht Beschädigungen während des Ablaufs des Schiffes auszusetzen. Das Einhaken des Ruders beim schwimmenden Schiffe ist nämlich keine so schwierige Manipulation, weil das Wasser den grössten Theil seines Gewichtes trägt.

Eine Arbeit, die nach erfolgter Fertigstellung des Schiffsrumpfes, aber ebenfalls vor dem zu Wasser lassen ausgeführt werden muss, ist das Einsetzen des Stevenrohrs und das Einbringen des hintersten Wellenstückes, ferner das Einsetzen der verschiedenen Kingstonventile, Saug- und Ausgussrohre für die Schiffspumpen und die Maschine. Es ist nothwendig, die genauen Stellen für diese Rohre schon vor dem Einbringen der Wegerung auf der Innenfläche der Spanten anzuzeichnen, um eventuell Füllhölzer ein-

Das Rudermall.

Ruder-
schlossholz.Einsetzen des
Stevenrohrs und
der übrigen
Unterwasser-
theile.

zusetzen und mit den Bolzen oder Diagonalschienen aus dem Wege zu gehen.

Das Ausbohren der betreffenden Oeffnungen geschieht mit Hilfe von eigens zu diesem Zweck vorhandenen Bohrmaschinen unter Anwendung der grösstmöglichen Sorgfalt, damit sowohl die richtige Lage der Achse als auch das richtige Maass des Durchmessers derselben gewahrt bleiben. Obgleich sämtliche Rohre für die angegebenen Zwecke fest in vollem Holz gebettet liegen und dadurch schon Wasserdichtigkeit zwischen der Rohrwand und dem umgebenden Holze eintritt, werden sie dennoch von aussen her abgedichtet. Zu dem Ende wird nach der Beendigung des Ausbohrens die Oeffnung an ihrer Mündung conisch erweitert, um Raum für das Dichtungsmaterial zu schaffen. Das Eintreiben von Werg nach erfolgtem Einsetzen des Rohres erfordert endlich die grösste Sorgfalt und Accuratesse, damit die runde Form desselben erhalten bleibt und etwaige Ventilverschlüsse nicht geschädigt werden. Die Wergdichtung wird in der gewöhnlichen Weise gepecht und mit einem in das Holz eingelassenen, aus demselben Material wie das Rohr gefertigten Ringe geschlossen, der mit Holzschrauben befestigt wird. Die vorzugsweise zu den Schiffspumpen gehörigen aussenbords unter Wasser mündenden und mit Ventilen versehenen Saugerohre tragen die Bezeichnung Kingstonventile. Sie bestehen ihrer äusseren Form nach aus einem conischen mit sich daran schliessendem cylindrischen Theil, welch' letzterer in's innere des Schiffes hineinragt und dort mit Schraubengewinde zur Aufnahme einer Mutter versehen ist. Diese Kingstonventile werden von aussen her vor dem Ablauf des Schiffes eingesetzt und durch Anziehen der Mutter wasserdicht schliessend gemacht. Sie erhalten indessen ebenfalls die vorstehend beschriebene Abdichtung.

Der Ablauf.

Um das Schiff von seinem Bauplatz ins Wasser zu lassen, werden auf dem Helling parallel zum Kiel und in einer Entfernung von etwa $\frac{1}{3}$ der Schiffsbreite zwei symmetrische Gleitbahnen erbaut, deren Neigung circa $2-3^\circ$ mit dem Horizont beträgt. Die Oberfläche dieser Gleitbahnen wird aus sauber abgehobelten eichenen oder kiefernen Planken gebildet, die auf einer jedenfalls nach der Wasserseite hin gegen eine Verschiebung geschützten Holzunterlage derart festgebolt sind, dass die Bolzenköpfe hinreichend vertieft sitzen. Auf die Gleitbahnen werden die sogenannten Läufer gelegt, welche gewissermassen die Kufen des Schlittens bilden, auf dem das Schiff ins Wasser gleitet. Die Läufer erhalten eine Länge von etwa $\frac{3}{4}$ derjenigen des Schiffes, während die Breite so bemessen wird, dass ein hinreichend geringer Druck auf die Flächeneinheit kommt (2 bis 4 Kilogr. pro \square Cm.), und daher mit dem Gewicht des Schiffes wächst. Dass der Läufer der Länge nach und im Querschnitt aus mehreren Stücken besteht, bedarf nicht der Erwähnung. Die auf die Gleitfläche kommende Seite der Läufer wird ebenfalls glatt gehobelt. Auf die Läufer und parallel zu ihnen kommen demnächst je eine durchgehende Holzlage, auf welcher das Schiff abgestützt

wird. Diese Abstützung erfolgt in der Mitte des Schiffes durch einfaches Ausfüllen des Raumes zwischen der Unterlage und dem Schiffsboden, an den Enden des Schiffes dagegen durch aufrecht stehende Stützen, welche in vertikalen Ebenen gelegen, mit ihren oberen Enden nach der Hauptspantebene des Schiffes mehr oder weniger geneigt sind. Um die der Schiffsförmigkeit entsprechend bearbeiteten Enden dieser Stützen an einem Abgleiten nach aussen zu verhindern, werden entweder einzelne Klampen auf die Bepankung gegengenagelt oder eine diesen Zweck für sämmtliche Stützen gleichzeitig erfüllende Planke aufgebolzt; endlich werden die Stützen durch seitlich an ihnen befestigte Langhölzer verbunden. Die beiden Läufer werden unter dem Kiel hindurch mittelst Zugstangen, Ketten oder Tauwerk mit einander verbunden, da das Gewicht des Schiffes bei der nach unten zugespitzten Form seines Rumpfes die Tendenz hat, die Läufer und die oberhalb derselben befindlichen Theile auseinander zu pressen. Die Gleitbahn wird vor dem Einlegen des fertig bearbeiteten Läufers mit Talg und Seife bestrichen, um eine möglichst geringe Reibung während des Ablaufs zu erzielen. Seitlich von den oberen Enden der Läufer und mit denselben auf das solideste verbunden befinden sich je eine starke Klampe, gegen welche sich eine Strebe stützt, deren anderer Endpunkt sich vor einem absolut festen Theile des Hellings befindet oder sich gegen den kürzeren Arm eines um einen festen Punkt drehbaren Hebels stemmt, der mittelst einer Zurring aus Tauwerk an seinem langen Arm in seiner Lage gehalten wird. Diese Vorrichtungen verhindern, dass das Schiff sich unbeabsichtigt in Bewegung setzt, nachdem das Gewicht des Schiffes auf die Schlitten gebracht ist und alle anderen Hindernisse beseitigt sind, und gestattet ein momentanes Loslassen des Schiffes, indem man jene Streben gegen die Klampen des Läufers durch ein aufschlagendes Fallgewicht oder durch Zerschneiden der Tau-Zurring auslöst. Ist das Schiff sehr schwer und sind die Gleitbahnen stärker geneigt, so bringt man Vorrichtungen der beschriebenen Art in mehreren Exemplaren an, von denen die dem Wasser zunächst liegenden zuerst ausgelöst werden. Um das Gewicht des Schiffes auf die Schlitten zu bringen, wird dasselbe aufgekeilt, d. h. es werden in die Fuge zwischen Oberkante-Läufer und der Unterkante der oberhalb derselben befindlichen Aufklotzung zahlreiche Keile aus hartem Holz eingetrieben. Durch diese Operation wird der Druck auf die Stapelklötze und die übrigen Stützen des Schiffes so weit verringert, dass dieselben ohne Schwierigkeit fortgenommen werden können. Man pflegt jedoch die vordersten Stapelklötze der Sicherheit halber bis unmittelbar vor dem Ablauf stehen zu lassen und ersetzt den obersten Klotz derselben vorher auch wohl durch einen kleinen aus starkem Segeltuch gefertigten Sack mit trockenem Sande, durch dessen Aufschlitzen das durch ihn gebildete Hinderniss momentan beseitigt werden kann. Durch Auslösen der Stützen gegen die Klampen des Läufers wird endlich dem Schiffe der letzte Halt an Land genommen. Sind die Gleitbahnen steil genug, so setzt sich dasselbe mit beschleunigter

Geschwindigkeit sofort in Bewegung; hat man eine geringere Steigung gewählt, so bedarf dasselbe der Einleitung der Bewegung mittelst gegen die Läufer oder den Schiffskörper wirkender Schrauben oder hydraulischer Pressen. In ersterem Falle gelangt das Schiff mit grosser Geschwindigkeit ins Wasser und beansprucht ein ausgebreitetes Fahrwasser oder starke Hemmvorrichtungen, um zur Ruhe zu gelangen, was in letzterem Falle, wo es mit geringerer Geschwindigkeit im Wasser ankommt, nicht in so hohem Grade der Fall ist. Die Hemmvorrichtungen dürfen übrigens erst in Thätigkeit treten, nachdem das Schiff frei schwimmt; sie bestehen unter Anderem im Fallenlassen von einem oder mehreren Ankern, im Sprengen von Trossen, die am Schiff und am Land befestigt sind, im durch's Wasser schleppen von zu Flössen vereinigten Balken u. s. w.

Eine weniger kostspielige Methode, ein Schiff zu Wasser zu bringen, besteht darin, dass man nur eine Gleitbahn und zwar unter dem Kiel erbaut. Unter der Kimm des Schiffes sind dann jedoch in einer solchen Längenausdehnung, als eine Gefahr des Umfallens vorliegt, Seitenstapel vorhanden, deren oberste Holzlage aus langen parallel zum Kiel liegenden Hölzern besteht, welche dem Schiffsboden so nahe liegen, dass noch genügend Raum zum Anbringen einer Schutzplanke auf demselben verbleibt. Zwischen letzterer und der Oberfläche jener seitlichen Langhölzer wird ebenfalls Talg und Seife gegeben. Ein mit diesen Vorrichtungen bewirktes zu Wasser lassen des Schiffes wird Ablauf auf dem Kiel genannt. —

Behufs weiterer Vollendung des Schiffskörpers schreitet man gewöhnlich ebenfalls noch vor dem Ablauf des Schiffes zur Anfertigung der sogenannten Rüsten, deren Construction in wesentlichem Zusammenhange mit den einem Holzschiffe eigenthümlichen Verbandmethoden steht. Dieselben sind in Fig. 3 auf Seite 12 mit der Zahl 24 bezeichnet; ihr Zweck ergibt sich aus Folgendem: Die die Untermasten seitlich haltenden Taue, die sogenannten Wanten, welche in neuester Zeit aus Drahttau gefertigt werden, bedürfen an der Bordwand absolut fester Punkte zu ihrer Befestigung. Der oberhalb des Oberdecks befindliche Theil derselben, die Verschanzung mit den Finkenetzkasten, ist zu diesem Zweck zu schwach. Um jedoch auf den weiter unten gelegenen, solideren Theil des Schiffes zu gelangen, müssen die unteren Enden der Wanten und deren Verlängerung, die Jungfern und Püttingeisen, in Form einer gebrochenen Linie äusserlich um die Finkenetzkasten herumgeführt werden, ohne sie zu berühren. Dies geschieht mit Hülfe der Rüsten, einer aus Planken gebildeten Plattform, welche ungefähr in der Höhe des Oberdecks auf jeder Seite der Masten aussenbords quer vom Schiffe absteht. Da das vorderste Paar Wanten mit dem Untermast in einer Ebene liegt, so erstrecken sich die zu jedem Maste gehörigen Rüsten von einem durch dessen Vorkante gelegten Schiffsquerschnitt aus nach hinten. Die Befestigung der Rüsten am Schiff geschieht, nachdem deren innere Begrenzung um einige cm. in die Beplankung desselben ein-

Die weitere
Vollendung des
Schiffskörpers.

Die Rüsten.

gelassen ist, mittelst Durchbolzen, die von aussen geschlagen und auf der Wegerung oder zwischen den Balken auf Füllstücken geklinkt werden, sowie mit Hülfe einiger eiserner Kniee, deren absteher Arm auf der oberen oder unteren Fläche der Rüst liegt, während der andere Arm sich der Beplankung des Schiffes anschmiegt. Die Aussenkante der Rüst dient den oberen Enden der sogenannten Püttingeisen als Stützpunkt. Diese sind dort in dieselbe eingelassen und mit einer von aussen vorgespiekerten Leiste am Herausfallen gehindert, wenn das Schiff nicht aufgetakelt ist; oberhalb der Rüst ist an den Püttingeisen ein angeschweisstes Auge in der Richtung des zugehörigen Wants vorhanden zum Einschäkeln des unteren Jungfernblocks, während sie unterhalb der Rüst in solcher Richtung nach der Bordwand hinstreben, dass die Richtung der Resultante aus den Spannungen im Want und im Püttingeisen in die Mittelebene der Rüst fällt und durch dieselbe auf den Schiffskörper übertragen wird. Das untere Ende der Püttingeisen wird durch ein flach auf der Beplankung des Schiffes aufliegendes, ebenfalls angeschweisstes Auge gebildet und dient zur Aufnahme des Püttingbolzens, der den eigentlichen Befestigungspunkt für das betreffende Want abgeben soll. Derselbe besteht aus einem Schraubbolzen und ist aussen mit einem kräftigen gewölbten Kopfe versehen, während das innerhalb der Wegerung befindliche, mit Gewinde versehene Ende eine Schraubenmutter auf solider Unterlagscheibe bekommt.

Die
Püttingeisen.

Der
Püttingbolzen.

Um den Püttingbolzen vor einer Biegung in der Ebene des Püttingeisens zu schützen, was mit einem Locker- oder Leckwerden desselben gleichbedeutend ist, wird vor dem Einsetzen desselben das obere Auge der sogenannten Stopperschiene auf das Püttingauge gelegt, sodass der Bolzen beide durchdringen muss; die Stopperschiene selbst liegt in der Richtung der Püttingeisen flach auf der Beplankung, ihr unteres Ende ist ebenfalls mit einem Auge versehen und ist mit einem Bolzen am Schiffe befestigt. Sämmtliche angegebenen Details gehen aus Fig. 3 hervor.

Die
Stopperschiene.

Ebenfalls als zur weiteren Vollendung des Schiffes gehörig sind die Krahnbalken und Fischdavits zu betrachten, welche zum Katten und Fischen des Bugankers dienen. Unter der ersteren Operation versteht man den Transport des bis vor die Klüsen gehieften Ankers von dort bis unter den Krahnbalken. Letzterer besteht aus einem aus der Schiffswand hervorragenden trägerartigen Balken, der sich an der Vorkante derjenigen Stelle befindet, wo der Buganker seefest, resp. klar zum Fallen gestaut wird.

Die Krahnbalken.

Aus der Nothwendigkeit, dass das Anker während des Kattens weder mit dem Stock noch mit der Spitze eines seiner Spaten den Schiffskörper verletzen darf, ergiebt sich die Länge des Krahnbalkens und dessen Winkel mit der Symmetrieebene, während seine Höhenlage von der Lage des Schweinsrückens abhängig ist, auf welchem das Kreuz des Ankers zu liegen kommt. Hat das Schiff eine Back und befindet sich der Schweinsrücken auf dieser, so kann man das innere Ende des Krahnbalkens auf der

Back ruhen lassen, indem man dafür sorgt, dass an der betreffenden Stelle ein Decksbalken vorhanden ist, auf dem derselbe festgebolt werden kann. Liegt der Schweinsrücken aussenbords und tiefer, so tritt der Krahnbalken durch die Bordwand hindurch nach innen und je nach Gelegenheit kann man denselben entweder zur Seite oder unterhalb eines Balkens der Back an einem solchen verbolzen, oder man bringt einen vertikalen Ständer an, in dem man denselben mittelst Zapfen einlässt, oder endlich man wählt zum Krahnbalken ein passend gewachsenes Knie, dessen hängender Arm binnenbords vor der Wegerung liegt und mit Durchbolzen an ihr befestigt ist. Wie die binnenbords liegende Construction auch beschaffen sein möge, jedenfalls wird der aussen hervorragende Theil durch ein hölzernes Knie an dessen Unterkante verstärkt, welches sowohl in den Krahnbalken, als auch in die Beplankung um einige Centimeter eingelassen und mit beiden verbolzt ist. An der Vor- und Achterkante werden zur Versteifung von mehr horizontal wirkenden Kräften eiserne Knie eingefügt, deren auf der Beplankung liegende Arme möglichst in die Richtung dieser Kräfte gelegt werden. Um den Ring, resp. den Schäkel des Ankers so dicht wie möglich unter den Krahnbalken heissen zu können, ersetzt man den oberen Block des Kattläufers dadurch, dass man die entsprechende Anzahl Scheiben im Kopf des Krahnbalkens selbst anbringt, der an der Aussen- und Innenkante durch umgelegte Bänder mit angeschmiedeten Augen für die feste Part des Kattläufers und für die Porteurleine versehen ist. Die Stirnfläche des Krahnbalkens wird gewöhnlich mit der vergoldeten Maske eines Thieres aus dem Katzengeschlecht verziert, woher die Bezeichnung „das Anker unter die Katze nehmen“, resp. Katten. Unter Fischen des Ankers versteht man die Ueberführung desselben aus seiner vertikal hängenden Lage unter dem Krahnbalken in die fast horizontale Lage auf dem Schweinsrücken. Hierzu

Der Fischdavit.

dient der Fischdavit mit dem Fischtakel. Derselbe wird durch eine kurze, kräftige Spiere gebildet, welche hinter dem Schweinsrücken auf einer Console aussenbords steht und eine solche Länge und Ausladung besitzt, dass das Fall von dem oberen Block des Fischtakels gradlinig nach dem binnenbords befindlichen Leitbock geführt werden kann und dass das Anker während der Operation des Fischens frei vom Schiff bleibt. Seine Auftakelung ist Sache des Seemanns und bedarf hier keiner weiteren Erwähnung. Zum Belegen von Katt- und Fischtakelläufer sind selbstverständlich an geeigneten Stellen der Back oder des Decks Poller vorzusehen, ebenso müssen Augbolzen zum Einhaken von Leitböcken, desgleichen Schamfielrollen vorhanden sein, um allen Eventualitäten beim Manövriren mit den Ankern zu begegnen. Auch diese Details sind Sache des Seemanns, der unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse die Stellen für dieselben auszuwählen hat, während deren Anbringung dem Schiffbauer obliegt.

Was den Schweinsrücken betrifft, so hat derselbe den Zweck, dem Kreuz und einem Theile des Schaftes des Ankers eine Auflagefläche in der Weise

zu gewähren, dass das Anker der Einwirkung seines eigenen Gewichts überlassen von demselben heruntergleiten kann, um demnächst vollkommen frei vom Schiff zu fallen. Dementsprechend erhält die mit Eisen beschlagene Oberfläche des Schweinsrückens eine gewisse Neigung und eventuell Ausladung. Denselben Zweck wie die Porteurleine für das Schäkelerde des Ankers, erfüllt bekanntlich die Rüstleine für das Kreuzende desselben. Für letztere ist in der Nähe des Schweinsrückens ein Augbolzen zum Einschäkeln vorhanden. Ausserdem sind verschiedene Aug-, resp. Ringbolzen in der Umgebung der Ankerlagerung erforderlich, um das Anker seefest zurren zu können.

Mit Bezug auf die Ankerfallvorrichtung ist zu bemerken, dass die-
 selbe absolut sicher und gefahrlos funktioniren muss.

Vorrichtung zum
Fallenlassen der
Anker.

In ersterer Beziehung ist das Haupterforderniss das gleichzeitige Loslassen der Porteur- und Rüstleine. Eine dieses leistende Einrichtung ist zum Beispiel folgende: Eine parallel zum Ankerschaft gelagerte eiserne Welle besitzt querab von der Porteur- und der Rüstleine angeschmiedete Daumen zum Ueberstreifen der resp. Schlippschäkel; mit Hilfe eines auf der Welle sitzenden Hebels kann dieselbe so gedreht werden, dass die erwähnten Daumen vertikal oder horizontal, d. h. in der Schlussstellung oder der Schlippstellung stehen. Eine Sicherheitsvorrichtung besteht in diesem Falle darin, dass der Schlipphebel mittelst Ueberfall und Vorlegeschloss vor unbefugter Drehung geschützt wird. Je nach den örtlichen Verhältnissen sind übrigens die Einzelheiten der Ankerfallvorrichtungen verschieden, immer aber verhältnissmässig einfach und leicht zu übersehen. Bei den Rüstankern wird das frei vom Schiff fallen dadurch erreicht, dass dieselben mit dem Schaft in passend geformten Gabeln zweier paralleler, eiserner Stützen liegen, deren untere Enden um eiserne Zapfen drehbar gelagert sind. Löst man die Schlippvorrichtung aus, so ist das Anker genöthigt, sich zunächst in einem Kreise zu bewegen, dessen Radius gleich der Länge jener Hebelstützen ist und wodurch dasselbe weit genug vom Schiffskörper entfernt wird, um denselben beim Fallen nicht zu beschädigen.

Jede der zu den Bug- und Rüstankern gehörigen Ketten passirt beim Fallenlassen die zu ihr gehörige Beeting und zwar in Form einer Schleife oder des sogenannten Beetingschlags. Der Zweck des Beetingschlags ist der, mit Hilfe desselben zwischen der Ankerkette und der Beeting eine Reibung von solchem Betrage zu erzeugen, dass dadurch die Beschleunigung des fallenden Ankers und somit die Geschwindigkeit der auslaufenden Kette in einem solchen Grade vermindert wird, dass letztere, nachdem das Anker auf dem Grunde angekommen ist, entweder von selbst oder durch Einführung noch weiterer Widerstände, z. B. dem des Kettenkneifers zur Ruhe kommt. Die Form der Beeting muss demnach eine solche sein, dass sich der Beetingschlag der Ankerkette leicht legen lässt und dass beim Auslaufen der Kette gerade ein hinreichender Betrag an Reibung entsteht;

Die Beetings.

Der Beeting-
pfosten.

zu starke Reibung, oder gar ein Bekneifen der Kette an der Beeting muss vermieden werden. Die Beeting besteht dementsprechend aus dem Beetingpfosten und dem Querholz. Ersterer befindet sich an einer passenden Stelle zwischen der Ankerklüse und der nach dem Kettenkasten führenden Decksklüse in vertikaler Position an der Achterkante eines Deckbalkens. Während das obere Ende desselben 1—1,5 Meter über Deck hervorragt, reicht das untere Ende bis zur Unterkante des correspondirenden Balkens des folgenden Decks; an den genannten beiden Balken ist der Beetingpfosten mittelst Durchholzen befestigt. Derselbe hat gewöhnlich einen quadratischen Querschnitt und verjüngt sich auf der Strecke zwischen den beiden Decks nach unten bis auf ein gewisses Maass.

Die Querbeeting.

Etwas über der Mitte des über Deck hervorragenden Theiles des Beetingpfostens befindet sich an dessen Hinterkante das Querholz in horizontaler Lage um einige Centimeter in denselben eingelassen und mit ihm verbolzt. Die Querhölzer des Steuerbord- und Backbordpfostens bilden übrigens ein einziges Stück, um dadurch einen solideren Verband in die Construction zu bekommen. Zur Seite des Pfostens ragt das Querholz ungefähr so weit hervor, als sich seine Unterkante über Deck befindet. Sein Querschnitt ist rechteckig, mit der grösseren Dimension horizontal und ungefähr gleich der Querschnittsseite des Pfostens. Um den erforderlichen Eisenbeschlag richtig anzubringen, vergegenwärtige man sich die

Der Eisenbeschlag
der Beetings.

Art und Weise, wie der Beetingschlag um die Beeting genommen wird. Verfolgt man zu dem Ende die Kette von der Bugklüse nach dem Kettenkasten, so geht dieselbe ausserhalb des Pfostens unter dem Querholz durch, demnächst aufwärts und oberhalb des Querholzes an der Innenkante des Pfostens wieder nach vorne, biegt endlich nach aussen um den Pfosten herum, um von oberhalb des Querholzes ihren Weg nach dem Kettenkasten fortzusetzen. Hiernach sind hauptsächlich die hinteren beiden Kanten des Querholzes und der über dem Querholz befindliche Theil des Pfostens mit Eisenbeschlag zu versehen. Besteht der Beschlag aus Guss-eisen, so schützt man das Querholz durch ein einziges Stück von U-förmigem Querschnitt, welches von hinten aufgeschoben und mit Bolzen befestigt wird; den Kopf des Pfostens dagegen mit einem äusserlich cylindrischen, innen vierkantigen Hut, dessen Krempe zum Theil auf dem Querholz ruht, zum Theil und zwar seitlich und an der Vorkante des Pfostens frei absteht; auch dieser Beschlag wird mittelst Bolzen mit in ihm versenkten conischen Köpfen befestigt. Zur Verstärkung gegen die höchst intensive Beanspruchung, welche durch die Beeting, besonders dann, wenn das Schiff im Seegange vor Anker liegt, auf den Schiffskörper zu übertragen

Das Beetingknie.

ist, dient das Beetingknie. Dasselbe befindet sich innerhalb des Winkels zwischen der Vorkante jedes Pfostens und der Oberfläche der vor demselben befindlichen Decksbalken. Sein vertikaler Arm endigt unter der Krempe des Beetinghuts, während der horizontale Arm wenigstens über drei Decks-

balken reicht, welche sich in entsprechenden Ausschnitten an seiner Unterkante befinden. Die Befestigung der beiden Arme des Knies muss eine besonders zuverlässige sein; um dieselbe eventuell nachziehen zu können, empfehlen sich wenigstens in dem horizontalen Arm starke Schraubbolzen mit Muttern an der Unterkante der Balken.

Durch die Mastspuren ist eine Kraft auf den Boden des Schiffskörpers zu übertragen, welche das Gewicht des vollständig aufgetakelten Mastes inclusive sämtlicher an ihm geführter Segel noch um den Betrag der vertikalen Componenten derjenigen Spannungen übersteigt, welche in den, den Mast seitlich und längsschiffs stützenden Theilen des stehenden Guts auftreten.

Die
Mastspuren.

Gleichzeitig treten, je nachdem das Schiff über den einen oder anderen Bug, oder vor dem Winde segelt und dabei eine entsprechende Neigung annimmt, Seitenkräfte auf, deren Componente parallel zur Oberfläche der Mastspuren bei der Construction der letzteren ebenfalls zu berücksichtigen sind. Der Quotient aus der Horizontalprojection der Spur und der in der Richtung des Mastes wirkenden Kraft, d. h. bei Beanspruchung pro Flächeneinheit darf eine gewisse, durch die Erfahrung bestimmte Grösse nicht überschreiten. Die Mastspuren werden durch eine Plattform von einer gewissen Längen- und Breiten-Ausdehnung gebildet, die aus starken, längsschiffs liegenden Hölzern zusammengesetzt wird. Letztere werden mittelst Cylinderzapfen oder nach Gelegenheit durch Ueberkämmen und eine entsprechende Verbolzung an den darunter liegenden Theilen des Schiffes befestigt und gleichzeitig mittelst Cylinderzapfen und Bolzen querschiffs untereinander verbunden. Seitlich wird diese Plattform durch mehrere querschiffs eingefügte Kniee gegen Seitenschub verstärkt; auch sind Kniee an der Vor- und Achterkante zur Aufnahme von Schubkräften in den entsprechenden Richtungen von Nutzen. Für den am Ende des Mastes befindlichen Zapfen ist mittschiffs das eigentliche Spurloch vorhanden, dessen Länge grösser gehalten ist, als die entsprechende Dimension des Zapfens am Mast, um die Möglichkeit zu erlangen, das untere Ende des Mastes eventuell in Folge der Probefahrt des Schiffes unter Segel in der Längsrichtung etwas versetzen zu können. Der im Spurloch frei bleibende Raum wird mit entsprechenden Füllstücken geschlossen. Der Besahnmast steht übrigens niemals auf dem Boden des Schiffes, sondern entweder auf dem untersten Deck oder wie bei Schraubenschiffen auf dem Tunnel. Die Spur wird nach ähnlichen Grundsätzen behandelt, wie bei Gross- und Fockmast, wobei selbstverständlich eine passende Abstützung derselben nach unten vorausgesetzt wird. Seitlich von den Balken, wo die Masten zwischen den zwei Balken eines Decks hindurchgehen, ist stets eine Schlinge vorhanden, von deren Mitte ein halber Balken nach der Bordwand geht. Das auf diese Weise durch die Balken und Schlingen gebildete Vierkant wird mit Holz ausgefüllt, aus welchem die runde Oeffnung für den Mast ausgearbeitet wird und auf welchem die Decksplanken in der unmittelbaren Umgebung des

Mastes befestigt werden können. Zweckmässig ist es, diese Füllhölzer stüllartig um die Mastöffnung erhöht stehen zu lassen. Letztere muss übrigens so weit sein, dass genügend Raum zum Einsetzen der Mastkeile bleibt. Die Mastkeile bestehen aus Kiefernholz; sie sind sehr schlank, nach Bedürfniss verschieden dick gearbeitet und am oberen Ende mit einem wulstartigen Ansatz versehen, auf den der Mastkragen zu liegen kommt.

Der
Bugsprietstuhl.

Die den Mastspuren entsprechende Construction beim Bugspriet ist der Bugsprietstuhl, dessen Seitenansicht in Fig. 7, Seite 27, mit zur Darstellung gebracht ist. Derselbe hat in der Längenrichtung des Bugspriets einen bedeutenden Druck aufzunehmen, der sich aus den parallel zum Bugspriet wirkenden Componenten der Spannungen in den verschiedenen am Bugspriet angreifenden Stagen zusammensetzt. Ausserdem kommen normal zur Mittellinie des Bugspriets und vorzugsweise in der Ebene der Masten wirkende Kräfte durch den Bugsprietstuhl zur Uebertragung auf den Schiffskörper. Derselbe besteht aus zwei seitlich vom inneren Ende des Bugspriets und normal oder nahezu normal zu dessen Seitenansicht befindlichen starken Hölzern, deren obere und untere Enden sich mit einer Lippe gegen die Vorderflächen entsprechend gelegener Balken des Ober- und Batteriedecks stützen, in welche sie ausserdem um einige Centimeter eingelassen sind. Die Querschnittsdimension des am Bugspriet befindlichen vierkantigen Zapfens ist massgebend für die Entfernung dieser beiden Hölzer, während die Höhenlage dieses Zapfens durch ein zwischen dieselben eingelassenes oberes und unteres Querholz bestimmt wird. Kommt das innere Ende des Bugspriets bis aufs Deck, so kann das untere Querstück unter entsprechender Gestaltung des Zapfens am Bugspriet natürlich wegfallen. Die den Bugsprietstuhl bildenden Hölzer werden sowohl unter einander, als auch mit den zugehörigen Decksbalken durch Bolzen verbunden. Bei kleineren Schiffen kann man eventuell beide Querstücke entbehren, indem man die beiden anderen Hölzer dicht neben einander legt und das Loch für den Zapfen am Bugspriet aus ihnen herausstemmt.

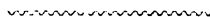
Der Boden-
beschlag der
Holzschiffe.

Als Schutz gegen den, die Holzsubstanz der Beplankung zerstörenden Bohrwurm bedarf ein Holzschiff eines das Eindringen dieses Parasiten verhindernden Ueberzuges in derjenigen Ausdehnung seiner äusseren Begrenzungsfläche, wo der Bohrwurm Gelegenheit findet, in das Holz des Schiffes zu gelangen. In dieser Beziehung hat man im Laufe der Zeit die verschiedensten Substanzen versucht, als wirksamstes Mittel jedoch in letzter Linie reines Kupfer erkannt. Ein Bodenbeschlag aus Kupfer stellt sich trotz des aufzuwendenden hohen Anlagekapitals doch noch relativ billiger, als ein Beschlag aus anderen Substanzen, da es der auflösenden Wirkung des Seewassers am längsten widersteht und, nachdem es schadhaft geworden ist, immer noch einen hohen Materialwerth repräsentirt. Will man wegen des hohen Preises eines Beschlags aus Kupfer einen solchen aus anderem

Material verwenden, so kann dasselbe nur in sogenanntem Yellow-Metall bestehen, einer messingartigen Legirung, welche in ihrer Wirkungsweise und Dauerhaftigkeit dem reinen Kupfer am nächsten kommt. Um zu bewirken, dass der Bodenbeschlag trotz der gekrümmten Form des Schiffes überall glatt anliegt, dürfen die einzelnen Bleche eine gewisse Grösse nicht überschreiten. Letztere ist durch die Praxis auf 48 engl. Zoll Länge und 14 engl. Zoll Breite fixirt. Was die Dicke der Platten betrifft, so kommen deren zwei zur Anwendung und zwar die grössere an solchen Stellen, wo eine grössere Abnutzung zu erwarten ist, wie z. B. in der Nähe der oberen Wasserlinie. Sie ist so gross, dass ein Quadratfuss englisch des Bleches 2 Z engl. wiegt. Von den dünneren Blechen wiegt der Quadratfuss dagegen nur $1\frac{3}{4}$ Z engl. Die Befestigung des Bodenbeschlages geschieht mit sogenannten gegossenen Kupferhautnägeln, deren Material aus einer messingartigen Legirung besteht. Von denselben gehen einen Centner englisch auf 100 Platten. Die Anordnung der Nägel erfolgt an der Peripherie der Platten in einer einfachen Reihe mit Distanzen von Nagel zu Nagel nicht über 4 cm. Auf den übrigen Theilen der Platte stehen die Nägel an den Ecken von diagonal angeordneten Quadraten von ca. 8 cm Seite. Bevor man mit dem Aufnageln der Bleche beginnt, muss man überzeugt sein, dass die Dichtung der Plankennähte absolut zuverlässig ist und dass sie ebenso lange vorhalten wird, als der Bodenbeschlag. Ist daher Gelegenheit zum Docken vorhanden, so bringt man das Schiff ohne Bodenbeschlag zu Wasser und kupfert nachher im Dock, um dadurch eine Probe auf wasserdichte Nähte zu haben. Zu dem Ende giebt man dem Boden erst einen Anstrich aus einer Mischung von Holztheer und Pech und belegt denselben demnächst mit Kupferpapier, einer Art von dickem, mit Theer getränktem Löschpapier, welches mit Papiernägeln flach gehalten wird. Die Kupferplatten selbst werden in Form von Gängen mit verschiessenden Stössen angeordnet, derart, dass der obere Gang den unteren und die vorhergehende Platte die hintere um eine gewisse Breite überlappt. Hieraus folgt, dass die Arbeit von hinten nach vorn und von unten nach oben zu geschehen hat. Man arbeitet mit einigen verlorenen Gängen, um die obersten 3 bis 4 Gänge in gleicher Breite durchlaufend zu erhalten. Die Oberkante des obersten Ganges liegt mittschiffs circa 0,75 Meter über Wasser und verläuft am zweckmässigsten parallel mit der nächst höher gelegenen Plankennaht. Zur Aufnahme der Kupferhautnägeln werden die Platten mit einem Stahldorn gelocht, was für die überlappenden Ränder und den mittleren Theil der Platten gewöhnlich unter Anwendung einer Schablonenplatte, für die überlappten Ränder dagegen erst an Ort und Stelle, nachdem die Platte angelegt ist, geschieht. Der Kiel des Schiffes wird übrigens schon vor dem Unterbringen des Loskiels gekupfert. Der Vorsteven erhält an solchen Stellen, an denen ein Schamfielen der Ankerkette vorkommen kann, Kupferplatten von wesentlich grösserer Dicke, z. B.

3—5 mm., welche in der Kupferschmiede in die geeignete Form gebracht und mit geschmiedeten Kupfernägeln von geeigneten Dimensionen befestigt werden. Es möge hier noch erwähnt werden, dass man bei gekupferten Schiffen, nachdem sie ein gewisses Alter erreicht haben, häufig die Erscheinung wahrnimmt, dass die ursprünglich glatt gewesene Kupferhaut ein wellenartiges Aussehen bekommt, herrührend von der Compression, die der Schiffskörper senkrecht zu den Kammlinien der Wellen, mithin im Allgemeinen parallel zu den Diagonalschienen erleidet. Ebenso wird man in einer zu jener senkrechten Richtung Risse in der Kupferhaut finden, welche den im Schiffskörper auftretenden Zugspannungen entsprechen. Es ist zwar weiter oben gesagt worden, dass der Bodenbeschlag den Zweck habe, das Schiff gegen das Eindringen des Bohrwurms zu schützen. Dies ist heutzutage jedoch nicht mehr der einzige Grund für die Nothwendigkeit desselben. Man verhindert durch einen Beschlag aus Kupfer nämlich gleichzeitig das Bewachsen des Schiffsbodens mit animalischen und vegetabilischen Organismen. Diese Eigenschaft wurde dadurch erkannt, dass man wegen der Kostspieligkeit eines Bodenbeschlages aus Kupfer nach Mitteln suchte, diesem eine längere Dauer zu geben. Ein solches Mittel wurde von Sir Humphray Davy angegeben, welcher vorschlug, gleichzeitig mit dem Kupfer einige Zinkstreifen aufzunageln. Bei der durch die galvanische Action zwischen Kupfer und Zink eintretenden Wasserersetzung schlug sich der Wasserstoff auf dem Kupfer nieder und schützte dieses vor der Zersetzung, während der Sauerstoff die Oxydation des Zinks bewirkte. Das Intactbleiben der Oberfläche des Kupfers hatte jedoch ein starkes Bewachsen derselben zur unmittelbaren Folge, was seinerseits mit einer bedeutenden Vergrößerung des Widerstandes des Schiffes bei seiner Bewegung im Wasser, resp. mit einer Reduction der Geschwindigkeit verbunden war. Wollte man daher letzteres vermeiden, so war damit die Verwendung von Zinkstreifen behufs Conservirung des Kupfers ausgeschlossen. Das Nichtbewachsen der langsameren Zersetzung im Seewasser ausgesetzten Oberfläche des kupfernen Bodenbeschlags erklärt sich dadurch, dass der Anwuchs auf dem Kupfer, während dasselbe in der Zersetzung begriffen ist, einen nur lockeren Halt findet, sodass jener abfallen muss, sobald das Schiff eine erhöhte Geschwindigkeit annimmt und dadurch an seiner Bodenfläche einen gewissen Strom erzeugt. Jedenfalls kann dabei nicht von einer Vergiftung, resp. Tötung des Anwuchses die Rede sein, da die Erfahrung zeigt, dass ruhig im Bassin liegende Schiffe sich thatsächlich mit einem continuirlich an Volumen zunehmenden Anwuchs bedecken. Die in Rede stehende schätzenswerthe Eigenschaft des Kupferbeschlages ist einer der Hauptgründe für die Einführung der nach dem sogenannten Compositssystem erbauten Schiffe, von denen weiter unten die Rede sein soll.

Wirksamkeit des
Bodenbeschlags
gegen Bewachsen.



III. Capitel.

Der Eisenschiffbau.

Von der Verwendung des Schmiedeeisens als ausschliesslichem oder Geschichtliches. auch nur als Hauptbaumaterial für Schiffe konnte füglich erst dann die Rede sein, nachdem man Schmiedeeisen in grösseren Quantitäten und in geeigneter Form darzustellen gelernt hatte. Die Erfindung der Eisenwalzwerke zur Fabrikation von eisernen Platten, Winkeln und anderen Profilen musste daher nothwendiger Weise dem ersten eisernen Schiffe vorangehen. In wie engem Zusammenhange die Walzwerksindustrie und der Eisenschiffbau zu einander stehen und in welcher Weise letzterer durch erstere bedingt wird, geht daraus hervor, dass dem ersten Walzwerk im Jahre 1784 das erste eiserne Fahrzeug im Jahre 1787 folgte, welches von J. Wilkinson, einem Eisentechniker, erbaut wurde. Nachdem bereits im Jahre 1809 von den Ingenieuren Rich. Threvethik und Rob. Dickinson umfassendere, wenn auch erfolglose, Vorschläge zur Construction von eisernen Kriegsschiffen, grösseren Handelsschiffen und eisernen Schwimmdocks gemacht waren, folgten jenem ersten Boot von Wilkinson in den Jahren 1812 und 1813 mehrere eiserne Boote für die Canalfahrt in Staffordshire. Im Jahre 1816 wurde demnächst ein eisernes Passagierschiff, der „Vulcan“, von Sir John Robinson in Edinburgh construirt und im Jahre 1818 wirklich gebaut und in Fahrt gestellt. Diesem folgte im Jahre 1821 der erste eiserne Dampfer „Aaron Mamby“, von Mamby und Napier zu Horsley erbaut. Dieses Schiff wurde in einzelnen Theilen nach London gebracht, dort zusammengesetzt, nach Paris übergeführt und auf der Seine in Fahrt gestellt. Der „Aaron Mamby“ war der eigentliche Bahnbrecher für den Eisenschiffbau, denn von derselben Firma wurden ausser ihm noch mehrere eiserne Flussdampfer gebaut und scheint derselbe auf der Seine der Anstoss für die Erbauung der ersten eisernen Dampfboote in Frankreich gewesen zu sein. Einige Jahre später entstanden in Liverpool die ersten die See haltenden eisernen Dampfschiffe, welche zwischen der Mersey und der Clyde fuhren.

Im Jahre 1831 erbaute Magregor Laird einen kleinen eisernen Dampfer für eine Expedition nach dem Westen Afrika's, die „Alburkah“, welche

Die ersten
eisernen Kriegs-
schiffe.

ihrem Zweck in sehr hohem Maasse entsprochen haben soll und durch ihre vorzüglichen Eigenschaften in See das Vertrauen zu eisernen Schiffen wesentlich gehoben hat. John Laird baute demnächst im Jahre 1834 verschiedene Fahrzeuge nach dem Modell der „Alburkah“, von denen die „Garry Queen“ zuerst mit wasserdichten Schotten versehen wurde. Als die ersten eisernen Kriegsschiffe müssen die im Jahre 1836 von einem deutschen Schiffbauingenieur Röntgen in Rotterdam für die holländischen Colonien erbauten Schiffe „Banda“ und „Ternate“ angesehen werden und nicht, wie gewöhnlich geschieht, die von Laird im Jahre 1839 erbauten Schiffe „Nemesis“ und „Phlegeton“, welche im Besitze der East India Company im Jahre 1842 in China den Beweis geliefert haben sollen, dass an Bord von aus Eisen construirten Schiffen ohne Schaden für den Verband Geschütze abgefeuert werden können! Röntgen hat sich mit Bezug auf die Entwicklung des Eisenschiffbaus auch in der Weise verdient gemacht, dass er die ersten eisernen Dampfschiffe für den Rhein erbaute und in Fahrt stellte und zwar von Rotterdam aus, wo er der Gründer einer der ältesten Fabriken für eiserne Schiffe und Schiffsmaschinen wurde. Zu demselben Zwecke gründete derselbe Zweigetablissemments der genannten Art in Regensburg und Nischni Nowgorod für die Einführung der Dampfschiffahrt in eisernen Fahrzeugen auf der Donau und Wolga. Neben Röntgen muss noch ein deutscher Pionier des Eisenschiffbaus genannt werden, nämlich der Ingenieur Tischbein aus Rostock, der, ein Schüler von Röntgen, in Buckau bei Magdeburg bahnbrechend für die Dampfschiffahrt auf der Elbe gewirkt hat.

Wie aus den vorstehenden geschichtlichen Notizen hervorgeht, waren es zunächst Flussschiffe, bei denen Eisen als Baumaterial zur Anwendung kam. Für Seeschiffe ist die Verwendung von Eisen im Allgemeinen jüngeren Datums. Der Umschwung zu Gunsten des Eisens vollzog sich naturgemäss in England zuerst, dessen Industrie im Holzschiffbau dadurch zu einer solchen zweiten Ranges zu werden drohte, dass der Bedarf an Schiffbauholz durch in England selbst producirtes nicht mehr gedeckt werden konnte, ein schwer wiegender Umstand, welcher im Falle eines Krieges für Englands Ueberlegenheit zur See hätte verhängnissvoll werden können. Daher die Hast, mit welcher die Engländer sich beeilten, sowohl ihre Kriegs- als auch ihre Handelsflotte im Laufe einiger Decennien zu Gunsten von Eisen als Baumaterial in einem solchen Maasse umzugestalten, dass im Jahre 1877 überhaupt kein hölzernes Kriegsschiff in England im Bau war und dass während der 5 Jahre von 1879 bis 1883 bei der Handelsmarine die Zunahme an Holzschiffen nach Tonnen nur 2,5 % der Gesamtzunahme betrug.

Bei den Seemächten des Continents und in Amerika hat der Holzschiffbau in dem Maasse das Feld länger behauptet, als dieselben über grössere Vorräthe an Schiffbauholz verfügten und solches in grösseren

Quantitäten producirt; bei ihnen verdankt der Eisenschiffbau seine Einführung hauptsächlich den anderweitigen Vortheilen, welche eiserne Schiffe an und für sich vor den Holzschiffen voraus haben, welche sie sich im Laufe der Zeit erworben, und dass es gelungen ist, die Nachtheile, mit denen sie in der ersten Zeit ihres Bestehens zu kämpfen hatten, zu beseitigen.

Die Vortheile von eisernen Schiffen.

Von zwei Schiffen congruenter Form und demselben Tiefgang, das eine aus Eisen, das andere aus Holz, wird das eiserne wegen der grösseren Festigkeit dieses Materials, verbunden mit geringerem Volumen, das kleinere Eigengewicht und das grössere innere Volumen besitzen, mithin dem Gewichte und dem Volumen nach eine grössere Nutzlast einnehmen können. Während das Eigengewicht von eisernen Schiffen erfahrungsmässig zwischen 20—46 % vom Gesamtgewicht beträgt, beansprucht das hölzerne 40 bis 57 % desselben, und die inneren Volumina zweier nach denselben Linien gebauter Schiffe aus Holz und Eisen verhalten sich bei kleineren Schiffen wie 4 zu 5, bei grösseren wie 5 zu 6. Ein eisernes Schiff von 1000 Tonnen Gewicht incl. Ladung wird demnach 540—800 Tonnen Ladung tragen können, während das hölzerne Schiff von denselben Linien nur 430 bis 600 Tonnen trägt; wäre dabei der innere Stauraum des eisernen Schiffes 1500 Cbm., so wäre der des hölzernen nur $\frac{5}{6}$ davon, d. h. 1250 Cbm.

Grössere Leichtigkeit und grösseres Stauvermögen eiserner Schiffe.

In zweiter Linie ist die Dauerhaftigkeit und eine damit verbundene lange Seefähigkeit der eisernen Schiffe hervorzuheben. Während das Material eines Holzschiffes als ein organischer Körper selbst bei sorgfältigster Behandlung in relativ kurzer Zeit der chemischen Zersetzung anheimfällt, die unter gewöhnlichen Verhältnissen unter der Einwirkung der kaum ungünstiger zu denkenden begleitenden Umstände eine rapide genannt werden muss, besitzt Schmiedeeisen als Metall so lange eine unbegrenzte Dauer, als dasselbe vor der Oxydation geschützt wird, welches letzteres ohne Zweifel im Bereiche der Möglichkeit liegt, jedenfalls beliebig verlangsamt werden kann. Diesen Verhältnissen Rechnung tragend, bewilligt der englische Lloyd, eine Gesellschaft zur Classificirung von Schiffen vorzugsweise im Interesse der Befrachter, den nach seinen Bauvorschriften aus den anerkannt besten Holzsorten erbauten Schiffen im Maximum 16 Jahre lang die höchste Classe, vorausgesetzt, dass solche Schiffe periodisch einer eingehenden Untersuchung und den nöthigen Reparaturen unterworfen werden. Eiserne Schiffe dagegen, die nach den Vorschriften des Lloyd erbaut sind und die den periodischen Inspectionen unterworfen worden sind, unterliegen mit Bezug auf die Zahl der Jahre, während welcher sie als zur höchsten Classe gehörig Waaren von und nach allen Häfen der Welt zu bringen geeignet sind, keinerlei Beschränkung. Ferner haben eiserne Schiffe vor hölzernen den Vortheil voraus, dass sie aus einer viel geringeren Anzahl von Theilen bestehen, deren Verbindung zum Schiffskörper viel solider zu bewerkstelligen ist, so dass derselbe einen bedeutend erhöhten Widerstand gegen Deformationen durch äussere Kräfte besitzt. Hierzu tritt noch die Aufhebung der Schranke,

Grössere Dauerhaftigkeit eiserner Schiffe.

Geringere Anzahl baulicher Elemente bei eisernen Schiffen und dadurch erzielte grössere Festigkeit.

welche bei hölzernen Schiffen mit Bezug auf die Maximalgrösse des Schiffskörpers existirt, sowie die Möglichkeit, mit einer für die Praxis ausreichenden Genauigkeit a priori eine rationelle Materialvertheilung vorzunehmen, der Art, dass vorher angegeben werden kann, wie gross und welcher Art die Spannungen sein werden, die in den einzelnen Theilen des Schiffskörpers durch bekannte äussere Kräfte hervorgerufen werden. Berücksichtigt man endlich noch, dass man mit Eisen ohne besondere Schwierigkeiten zu Gunsten einer grösseren Geschwindigkeit oder eines grösseren Volumens jede beliebige Schiffform herzustellen im Stande ist; dass man ferner nur in einem eisernen Schiff Motore und Propeller von solcher Leistungsfähigkeit, wie sie für die Erlangung der augenblicklich geforderten Geschwindigkeiten erforderlich sind, aufstellen kann, so ist damit eine solche Anzahl von entscheidenden Gründen für die Verwendung von Eisen als Baumaterial beigebracht, dass es erklärlich ist, wie auch in denjenigen Ländern, welche Schiffbauholz in genügender Menge produciren, der Eisenschiffbau immer mehr an Boden gewinnt.

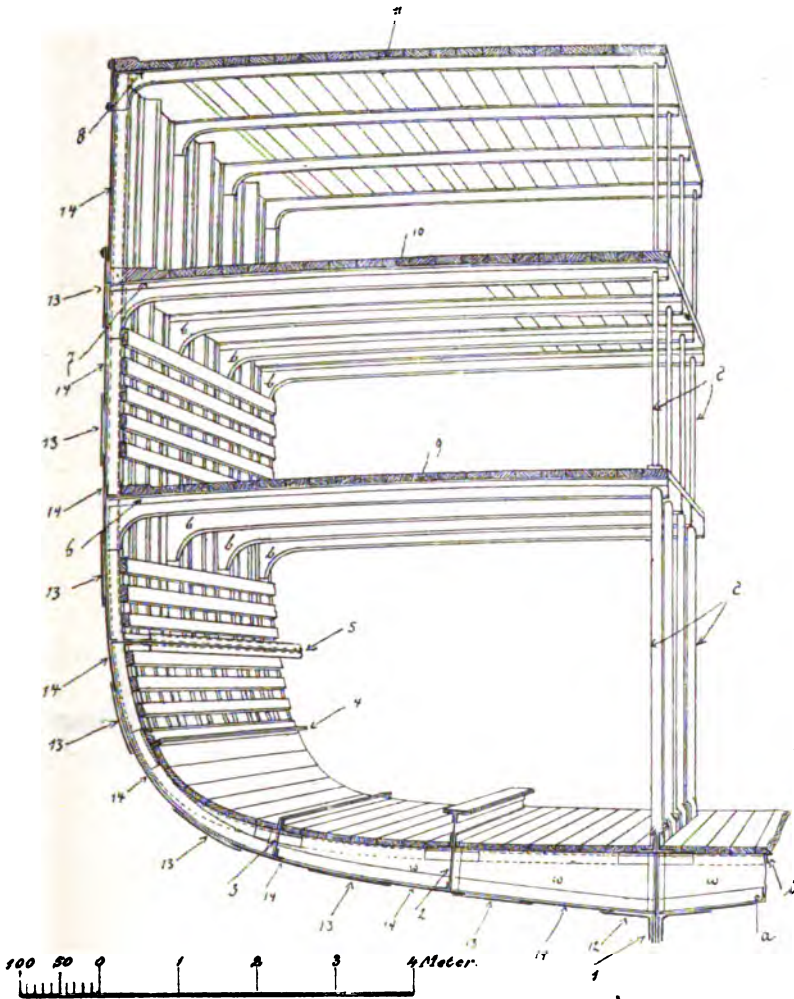
Die Verbandstücke eiserner Schiffe und deren Zusammensetzung zum Schiffskörper.

Wie beim Holzschiff unterscheidet man auch bei einem Schiffe aus Eisen Längs- und Querverbandstücke entsprechend den Kräften, welche das Schiff in seiner Längsrichtung oder senkrecht zu ihr beanspruchen. Bei den älteren eisernen Schiffen befolgte man bei der Anordnung der Längs- und Querverbandstücke zunächst diejenige der Holzschiffe, allerdings mit solchen Abweichungen, wie sie durch das Material und die demselben eigenthümlichen Befestigungsmittel geboten erscheinen und diese Anordnung hat sich vorzugsweise in der Handelsmarine bis in die neueste Zeit gehalten. Es ist üblich, diese Baumethode als diejenige mit vorherrschenden Querspanten oder diejenige nach dem Querspantensystem zu bezeichnen. Gehen wir näher auf dieselbe ein, so unterscheiden wir als Längsverbandstücke sämtliche in der Längsrichtung auf grössere Strecken durchgehende Theile, also den Kiel, die Plattengänge der Aussenhaut, die auf den Decksbalken liegenden Plattengänge, sowie die binnenbords vorhandenen, der Wegerung eines Holzschiffes entsprechenden, aus Eisen gefertigten Längsverbindungen und etwa vorhandene Längswände oder Schotten aus Eisen. Zu den Querverbandstücken sind dagegen die Spanten mit den Bodenwrangen, die Steven, die Decksbalken mit ihren Stützen und die Querschotten zu rechnen. Befolgen wir wie beim Holzschiff wieder die Reihenfolge, in welcher die aufgezählten Verbandstücke beim Bau eines Schiffes zur Ausarbeitung und successiven Aufstellung gelangen.

Der Kiel

Der Kiel besitzt einen der in Fig. 28 dargestellten Querschnitte. Von denselben ist Nr. 1 die ältere Form, die aber auch jetzt noch sehr häufig zur Anwendung gelangt; sie hat den Vorthiel der Einfachheit, gestattet dagegen eine in so fern nur unvollkommene Verbindung mit dem Schiffskörper, als dieselbe allein durch die Vernietung der anliegenden Plattengänge der Aussenhaut vermittelt wird. Ist ein Schiff mit einem

Fig. 27.



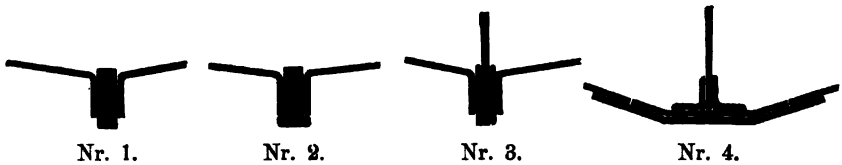
Querschnitt eines eisernen Schiffes.

- 1 der Kiel.
 2 ein Seitenkielschwein mit Interco-
 platten.
 3 desgl.
 4 Längsverbandstücke mit T förmigem
 Querschnitt.
 5 desgl. mit I förmigem Querschnitt.
 6, 7 u. 8 Stringerplatten auf den Balken-
 enden.

- 9, 10 u. 11 Verstärkungsplatten auf den
 Balken.
 12 die Kielplatten der Aussenhaut.
 13 die abliegenden Plattengänge.
 14 die anliegenden Plattengänge.
 ww die Bodenwringplatten.
 a das äussere Spantwinkleisen.
 i das innere Spantwinkleisen.

solchen Kiel versehen, so ist beim Docken desselben in der Weise zu verfahren, dass die Abstützung vorzugsweise durch Kimmstapel geschieht, damit die Vernietung des Kiels nicht zu stark auf Abscheeren in Anspruch genommen wird. Der mit einer eingehobelten Sponung versehene Querschnitt Nr. 2 ist in dieser Beziehung vollkommener, da der an der Unterkante der Aussenhaut vorstehende Theil derselben die Nietung entlastet. Beide Arten von Kielen sind aus Schmiedeeisen mit dem Dampfhammer ausgeschmiedet. Die einzelnen Stücke werden von möglichst grosser Länge genommen und mittelst vertikaler Laschung verbunden, wobei die Nietten zwischen dem untersten Plattengang der Aussenhaut und dem Kiel gleichzeitig als Laschenbolzen fungiren. Die Kielform 3 wird aus Flacheisen hergestellt, von denen das mittlere wegen der grösseren Breite sich zu einer Platte gestaltet, die binnenbords Gelegenheit giebt, diese Art von Kiel dort direct mit den Querspanten in Verband zu bringen, während im Uebrigen die Verbindung mit dem Schiffskörper wie bei der Form 1 und 2 erfolgt; wegen der geringeren Dicke können die Flacheisenstäbe durch Walzen hergestellt werden; sie werden ebenfalls so lang als möglich genommen und ihre Stösse verschiessen gegen einander. Was endlich die

Fig. 28.



Kielconstruction Nr. 4 betrifft, so eignet sich dieselbe für Schiffe mit geringem Tiefgang, da ein vor dem übrigen Schiffskörper nach unten hervorragender Theil gänzlich fehlt. Ausserdem ist dieselbe wegen der breiteren Auflagefläche beim Docken von Schiffen zweckmässig und wird daher für schwerere Schiffe, z. B. Panzerschiffe, besonders bevorzugt; sie besteht aus zwei in einander liegenden breiteren Platten mit aufgebogenen seitlichen Rändern. Die äussere Platte überragt die innere auf beiden Seiten um eine solche Breite, dass Raum für die Vernietung des untersten Plattenganges der Aussenhaut mit derselben gewährt wird. Die Kielplatten haben die Länge der Platten der Aussenhaut. Ihre Stösse verschiessen unter einander und mit denen der benachbarten Aussenhautplatten. Die in Rede stehende Construction eignet sich nicht für Segelschiffe und für solche Schiffe, bei denen heftiges Schlingern vermieden werden muss. Will man sie dennoch verwenden, so muss man entweder den Vortheil des geringen Tiefgangs aufgeben und einen unterwärts vorstehenden Kiel aus Holz anbringen oder wenn ersteres nicht angängig ist oder es sich nur um die Vermeidung zu heftigen Schlingerns handelt, sogenannte Kimmkiele zur Anwendung bringen. Die Befestigung eines Holzkiels unter einem eisernen

Kiel der beschriebenen Art geschieht in ähnlicher Weise wie bei Composite-schiffen oder eisernen Schiffen mit Holzbeplankung, von denen später die Rede sein wird.

Bei der Anwendung der Kielconstructions 1 und 2 hat der Vorsteven Der Vorsteven. denselben Querschnitt wie der Kiel; er unterscheidet sich von demselben nur durch die der Seitenansicht des Schiffes entsprechend gebogene Form; seine Verbindung mit dem Kiel geschieht durch eine Laschung, wie die der Kielstücke. Selbst bei grösseren Schiffen kann der Vorsteven aus einem Stück bestehen. Derselbe wird gewöhnlich in Form eines geraden Stücks von den Eisenwerken bezogen, in geradem Zustande mit den Löchern für die Vernietung der an ihm endigenden Platten versehen, die übrigens wie beim Kiel durch Bohren hergestellt werden, und endlich, nachdem derselbe im Glühofen rothglühend gemacht ist, in die entsprechende Form gebogen. Bei der Kielform Nr. 3 ist ein Unterschied bezüglich des Vorderstevens nur an der Verbindungsstelle zwischen Kiel und Steven vorhanden. Dieselbe wird in der Weise bewirkt, dass man die den Kiel zusammensetzenden Flacheisen verschieden weit auf den Steven heraufreichen lässt, dessen unteres Ende zur Aufnahme derselben sponnungsartig ausgeklinkt ist.

Eine mit der Kielconstruction Nr. 4 combinirbare Form des Vorstevens nimmt dagegen einen etwas complicirteren Charakter an. Das untere Ende des Stevens muss nämlich genau die von den vordersten Kielplatten gebildete Hohlform ausfüllen, deren Querschnitt variabel ist und zwar von einem Trapez allmählich in ein Rechteck übergeht. Hierzu kommt noch, dass sowohl die innere als auch die noch etwas weiter dem Steven sich anschliessende äussere Kielplatte von unten und seitlich in letzteren eingelassen sind, so dass die Unterkante-Kiel in einer continuirlichen Curve in die Aussenkante-Steven übergeht.

Zu den bei weitem schwierigsten Formen, verbunden mit einem bedeutenden Gewicht, gehören die Steven solcher Kriegsschiffe, welche als Offensivwaffe einen Rammsporn führen. Ist das Schiff gleichzeitig ein Panzerschiff, dessen Panzer bis an den Vordersteven reicht, so erhält letzterer einen durch die erforderlichen Sponnungen für die Beplankung der Aussenhaut und die Panzerung sehr schwierig herzustellenden Querschnitt, der ausserdem in der Richtung der Peripherie des Stevens bedeutend variirt. Was die Seitenansicht eines Rammstevens betrifft, so ist dieselbe so zu wählen, dass das feindliche Schiff möglichst tief unter Wasser, wenn dasselbe ein Panzerschiff ist, jedenfalls unterhalb seiner Panzerungslinie getroffen werden kann. Ausserdem muss der vorderste Punkt des Stevens oder die Spitze des Sporns soweit vorstehen, dass bei der Ausübung des Stosses ein hinreichend tiefes Eindringen in das feindliche Schiff erfolgt, bevor verletzbare Theile des eigenen Schiffes mit dem Angriffsobject in Contact gerathen. Es kommt demnächst darauf an, die Spornspitze in solcher Weise mit dem eigentlichen Stevenkörper zu vereinigen, dass das ganze eine bedeutende Eiserne Rammstevens.

Festigkeit auch gegen ein Abbrechen des Sporns in seitlicher Richtung bekommt. Wie dies am besten zu geschehen hat, hängt zum Theil von den Dimensionen des Schiffes, zum Theil von dessen Form in unmittelbarer Nachbarschaft des Stevens ab, so dass sich verschiedene Formen für die Seitenansicht des Rammstevens als zweckmässig ergeben.

Der Hinterstevan.

Der Hinterstevan von eisernen Segelschiffen, Raddampfern und Schiffen mit Doppelschrauben ist seiner Form nach höchst einfach und besteht aus einem mit angeschweissten Fingerlingen zum Einhaken des Ruders versehenen vertikalen Theile und einem kürzeren, die Verbindung mit dem Kiel vermittelnden, in dessen Richtung liegenden Stücke, welche an der Stelle, wo beide zusammenstossen, durch Schweissung zu einem massiven Ganzen verbunden sind. Der unterste Fingerling liegt mit seiner Unterkante in der Verlängerung des Kiels und ist zur Aufnahme des untersten Fingers des Ruders in seiner Längsrichtung nicht ganz durchbohrt, um eine kleine Stahlplatte aufzunehmen, auf welcher sich die Spitze des Ruderfingers stützt. Die Verbindung mit dem Kiel erfolgt in gleicher Weise wie beim Vorstevan.

Ist das Schiff ein solches mit einfacher Schraube, so sind zwei Hinterstevan vorhanden, welche die Oeffnung für die Schraube vorn und hinten begrenzen und als Schrauben- und Ruderstevan unterschieden werden. Ersterer erhält in der richtigen Höhenlage die ausgebohrte Oeffnung für den Durchgang der Schraubenwelle, letzterer die angeschweissten Fingerlinge für das Ruder. Die unteren Enden beider Stevan sind durch ein in der Richtung des Kiels liegendes Stück verbunden, welches vor dem Schraubenvorsteven eine Fortsetzung von solcher Länge besitzt, dass der Verband mit dem Kiel durch dasselbe vermittelt werden kann. Ein entsprechendes Verbindungsstück begrenzt die Oeffnung für die Schraube oben und sind beide Stevan mit den Verbindungsstücken zu einem massiven Rahmen durch Schweissung vereinigt. Ist ein Schraubenbrunnen vorhanden, so fehlt natürlich das obere Verbindungsstück.

Um die genaue Uebereinstimmung der Lage der Fingerlinge und der Finger des Ruders sicher zu stellen, wird ein Theil des Steuerruders, nämlich dessen Rahmen stets mit dem Hinterstevan zusammen angefertigt. Die Ruderfinger bilden mit demselben entweder ein Stück oder sind besonders eingesetzt, um ein Auswechseln eines schadhaft gewordenen Fingers zu gestatten. Bei einem eisernen Ruder fällt die Achse der Finger stets mit der Mittellinie des Ruderkopfes zusammen. Letzterer bildet mit dem Rahmen ebenfalls ein Stück.

Die Spanten.

Die Spanten liegen in Querschiffs-Ebenen normal zum Kiel. Ihre Funktion besteht darin, der aus eisernen Platten bestehenden Aussenhaut des Schiffes Auflage und Gelegenheit zur Befestigung zu geben und einen Widerstand gegen solche Kräfte zu äussern, welche auf den Querschnitt

deformirend wirken. Hiernach muss der Querschnitt eines Spants so beschaffen sein, dass ein Theil desselben in der Richtung der Aussenhaut, d. h. längsschiffs liegt und ein anderer im Querschnitt des Schiffes sich befindet, um entweder selbst als Querverbandstück aufzutreten oder Gelegenheit zur Verbindung mit weiteren Querverbandstücken zu bieten. Ein so beschaffener Querschnitt ist der eines Winkeleisens. Die Schenkel des Winkels, den seine beiden Theile mit einander bilden, stehen ursprünglich auf einander senkrecht und heissen Flanschen. Die Länge der Flanschen wird auf der Aussenseite des Winkeleisens gemessen und in Millimeter ausgedrückt. Ein Winkeleisen von $88 \times 75 \times 11$ bedeutet demnach ein solches, bei dem der eine Flansch 88, der andere 75 mm. lang ist und dessen gemeinschaftliche Flanschendicke 11 mm. beträgt. Der Flächeninhalt des Querschnitts desselben würde sein: $(88 + 75 - 11) \cdot 11 \square \text{mm}$. Winkeleisen wird von den Eisenwalzwerken in allen beim Eisenschiffbau vorkommenden Längen und Flanschendimensionen in Form gerader Stangen geliefert.

Ausser zur Bildung der Spanten wird es überall da angewendet, wo zwei aus eisernen Platten gebildete Flächen unter einem rechten oder auch in einer vom rechten Winkel etwas abweichenden Richtung auf einander stossen und mit einander verbunden werden sollen. Im Allgemeinen kann man sagen, dass ohne Winkeleisen der Bau eines eisernen Schiffes unmöglich sei und dadurch den Nutzen und die Nothwendigkeit derselben charakterisiren.

Anderweitige
Verwendung von
Winkeleisen.

Bei einem nach dem Querspantensystem erbauten eisernen Schiffe bestehen demnach die Spanten aus Winkeleisen, deren Flanschen einerseits in der Richtung der Aussenhaut, andererseits in der Querebene des Schiffes liegen und der Form des Querschnitts entsprechend gebogen vom höchsten Punkte der seitlichen Begrenzung des Schiffes auf Steuerbord bis zu dem entsprechenden Punkte auf Backbord ununterbrochen durchgehen. Kann das Winkeleisen der Länge nach nicht aus einem Stück bestehen, so werden zwei auf einander folgende Enden mittelst eines Stosswinkeleisens verbunden. Letzteres ist bis zu einem Meter lang und liegt zur einen Hälfte auf dem einen, zur anderen Hälfte auf dem anderen Ende der beiden zu einem Ganzen zu verbindenden Längen entweder innerhalb des Spantwinkeleisens, sodass Flansch auf Flansch kommt, oder mit dem Spantwinkeleisen Rücken an Rücken, sodass der eine Flansch ebenfalls auf die Aussenhaut kommt. Das Stosswinkeleisen wird mit den Enden des Spantwinkels zum Theil durch besondere Nieten, zum Theil indirect durch die Befestigungsnieten der Aussenhaut verbunden.

Die Stösse der Spantwinkeleisen müssen mit einander verschiessen, mit Ausnahme des Falles, wo dieselben sämmtlich in der Symmetrieebene liegen. Letzteres kommt am häufigsten vor, weil dadurch das Biegen und Schmiegen der Spantwinkeleisen wesentlich erleichtert wird. Da der

Winkel der Aussenhaut mit den zum Kiel normalen Querschnitten des Schiffes im Allgemeinen kein rechter ist und besonders vor und hinter der Mitte des Schiffes vom rechten Winkel bedeutend abweicht, so besteht die Bearbeitung des von den Walzwerken in Form von geraden Stangen mit auf einander senkrechten Flanschen bezogenen Winkeleisens ausser in der Biegung nach der Form des betreffenden Schiffsquerschnitts noch in der Ueberführung des rechten Winkels der Flanschen in denjenigen, welcher dem Winkel zwischen der Aussenhaut des Schiffes und dessen Querschnitt entspricht. Letztere Operation wird „schmiegen“ genannt. Um die Operationen des Biegens und Schmiegens der Spantwinkeleisen vornehmen zu können, werden dieselben in Glühöfen stark rothglühend gemacht; worauf das Biegen und Schmiegen gleichzeitig, oder in einer Hitze erfolgt. Zu dem Ende befindet sich unmittelbar vor dem Glühofen eine aus gusseisernen Platten, welche mit Löchern von einigen Centimetern Durchmesser versehen sind, gebildete Plattform von hinreichender Flächenausdehnung, auf welcher die Curve des Spants durch eingesteckte eiserne Pflöcke markirt ist.

Das Schmiegen
der Winkeleisen.

Um diese Pflöcke wird das im glühenden Zustande erweichte Spantwinkeleisen herumgelegt, indem man dafür Sorge trägt, dass der auf der Plattform liegende Flansch desselben stets mit derselben in Berührung bleibt, während man dem anderen Flansch die der Schmiege des Spants entsprechende Richtung giebt. Da man die Spantwinkeleisen im Schiff so anordnet, dass ihre Aussenhautflanschen nach der Mitte des Schiffs gerichtet sind, so besteht das Schmiegen stets in der Ueberführung des rechten Winkels derselben in einen stumpfen; es geschieht dies, um ein bequemeres und zuverlässigeres Vernieten der Aussenhaut bewirken zu können. Ist der Spantwinkel fertig gebogen und geschmiegt, und nach dem Erkalten einer Controlle und eventueller Nachbiegung unterworfen, so wird derselbe auf der Lochstanze mit den Nietlöchern versehen, wobei darauf zu achten ist, dass der Lochstempel die Flanschen stets von aussen nach innen passirt, um den weiteren Theil des Loches auf die Innenseite der Flanschen, d. h. nach der Seite der Nietköpfe zu bringen.

Die einfachen Spantwinkeleisen, soweit dieselben bis jetzt beschrieben sind, genügen jedoch an solchen Stellen, wo das Schiff im Querschnitt besonders stark beansprucht wird, keineswegs. Sie bedürfen da, wo sich bei einem hölzernen Schiff die Bodenwrangen befinden, der Verstärkung, welche gleichzeitig eine bessere Verbindung zwischen den symmetrischen Hälften des Schiffes bewirkt.

Die Bodenwran-
platte.

Die Verstärkung wird mit Hülfe einer eisernen Platte erreicht, welche von Kimm zu Kimm reichend und im Querschnitt des Schiffes liegend, an den entsprechenden Flansch des Spantwinkeleisens genietet wird. Diese Platte heisst auch im Eisenschiffbau die Bodenwrange, resp. Bodenwranplatte. Je nachdem eine der Kiefformen 1 und 2, resp. 3 und 4 beim Schiffe zur Anwendung gekommen ist, gehen die Bodenwrangen in

einem Stück von Steuerbord nach Backbord durch, oder sie sind oberhalb des Kiels unterbrochen, um die in der Symmetrieebene liegende, zur Kielconstruction gehörige Längsplatte durchzulassen. In letzterem Falle werden die beiden Hälften der Platten mit Hilfe vertikal stehender kurzer Winkel-eisen mit jener Längsplatte und unter einander verbunden. Es ist klar, dass die aus zwei Theilen bestehenden Bodenwrangplatten unter sonst gleichen Umständen eine grössere vertikale Dimension haben müssen, als die Bodenwrangen aus einem Stück, um Gelegenheit zu einer grösseren Anzahl Niete zu geben, welche zum Theil die Sicherheit gegen einen in der Symmetrieebene stattfindenden Bruch herzugeben haben. Aber auch die Bodenwrangplatte bedarf an ihrer Innenkante noch der Verstärkung durch ein Winkel-eisen, welches in dem Falle unerlässlich ist, wenn dieselbe aus zwei Stücken besteht. Dieses Verstärkungswinkel-eisen geht immer querschiffs ununterbrochen durch, bei grösseren Schiffen mit verhältnissmässig schwachen Aussenhautwinkel-eisen, sogar von Schandeckel zu Schandeckel und heisst dann im Gegensatze zu jenen das innere Spantwinkel-eisen.

In der Symmetrieebene unterbrochene Bodenwrangen.

Innere Spantwinkel-eisen.

Ausserhalb des Bereiches der Bodenwrangen liegen das äussere und innere Spantwinkel-eisen Rücken an Rücken, indem die betreffenden Flanschen soweit über einander greifen, dass sie mit einander vernietet werden können, ihre combinirten Querschnitte bilden die Figur eines Γ .

Im Bereiche der Bodenwrangplatte liegen die äusseren und inneren Spantwinkel auf verschiedenen Seiten der ersteren. Bei kleineren Schiffen, z. B. Torpedobooten, kann man dadurch, dass man den äusseren Spantwinkel etwas schwerer macht, den inneren auf der Strecke vom Schandeckel bis zur Kimm entbehren, sodass ein solcher nur im Bereiche der Bodenwrangen vorhanden ist. Bei sehr grossen, vorzugsweise breiten Schiffen ist dagegen noch ein zweiter innerer Spantwinkel vorhanden, welcher mit dem äusseren auf derselben Seite liegt. Auch dieser zweite innere Spantwinkel geht querschiffs ununterbrochen durch, entweder von Kimm zu Kimm, oder in allerdings seltneren Fällen von Schandeckel zu Schandeckel.

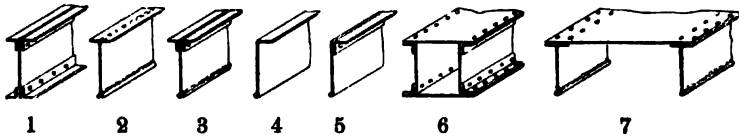
Die inneren Spantwinkel werden übrigens in derselben Weise gebogen wie die äusseren; ihre Schmiege ist so beschaffen, dass der innere Flansch derselben parallel zu dem Aussenhautflansch des äusseren Winkels ist, sodass die inwendig auf den Spanten befindlichen Längsverbandstücke, resp. eine etwa vorhandene Wegerung aus Holz eine Auflagefläche bekommen, welche einer längsschiffs continuirlich verlaufenden Fläche angehören.

Nachdem die aufgeführten Theile durch Vernietung mit einander verbunden sind, bilden dieselben ein bei weitem vollkommeneres Organ zur Aufnahme von querschiffs erfolgenden Beanspruchungen, als das Spant eines Holzschiffes mit seinen zwei Holzlagen, seinen zahlreichen Stücken und deren unvollkommenen Verbindung.

Ein Theil der Spanten eines eisernen Schiffes gewinnt aber noch bedeutend an Festigkeit dadurch, dass die eisernen Decksbalken direct und zwar ebenfalls durch Nietung mit denselben verbunden werden. Gewöhnlich erhalten Schiffe, die nach dem Querspantensystem erbaut werden, an einem Spant ums andere Decksbalken, sodass die eine Hälfte der Spanten ein ringförmig geschlossenes Ganzes von grosser Festigkeit bildet, welches durch die Zwischendecksbalken und die Decksstützen noch in zwei aufeinander senkrechten Richtungen abgesteift wird. Was die Distanz der Spanten betrifft, so variirt dieselbe mit der Grösse der Schiffe zwischen 0,60 und 0,80 Meter, sodass die Balkendistanz 1,20 bis 1,60 Meter betragen kann.

In der ersten Zeit des Eisenschiffbaues wurden auch die Decksbalken aus Platten und Winkleisen construiert. In der Ebene des Querschnitts des Schiffes befand sich eine schmale Platte, deren obere und untere Kanten der Balkenbucht entsprechend geformt waren und deren Breite die Höhe des Balkens bildete. Die knieartig breiter werdenden Enden dieser Platte lagerten gegen den Querschnittsflansch des Spantwinkleisens, resp.

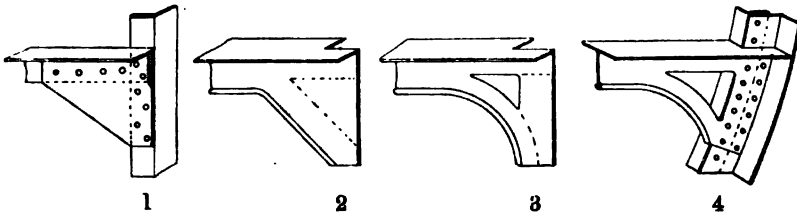
Fig. 29.



befanden sich zwischen den entsprechenden Flanschen des äusseren und inneren Spantwinkleisens zur Aufnahme der Verbindungsnieten mit den Spanten. Um eine Auflagefläche für die Decksplanken herzustellen und dem Balken die nothwendige seitliche Widerstandskraft zu ertheilen, wurden die beiden Kanten der Platte oben und unten mit angenieteten Winkleisen versehen, sodass der Querschnitt des Balkens die Form No. 1 der Figur 29 annahm. Decksbalken dieser Art sind fast ebenso gut, als solche, wie sie augenblicklich fast allgemein verwendet werden und deren Querschnitt nicht aus Platten und Winkleisen zusammengesetzt ist, sondern aus einem einzigen Stück besteht. Letztere besitzen indessen den Vorzug der grösseren Billigkeit und Leichtigkeit. Statt des I-förmigen Querschnitts hat man jedoch ein Profil eingeführt, welches, abgesehen von der Höhe desselben, einige Aehnlichkeit mit dem einer umgekehrten Eisenbahnschiene hat, nämlich No. 2 der Fig. 29; der vorhandene birnförmige Wulst kommt, wenn der Balken seinen Widerstand gegen eine Deformation äussert, auf Druck; die auf Zug kommenden gleichzeitig zur Aufnahme der Decksplanken dienenden Flanschen werden dabei häufig durch besonders angenietete Winkleisen hergestellt, wie No. 3 der Fig. 29.

Die Verbindung dieser Balken mit den Spanten geschieht wie folgt: Die Enden der Balken werden in der neutralen Faserschicht um eine gewisse Distanz aufgetrennt und demnächst mit ihrer unteren Hälfte, also der mit dem Wulst versehenen, mit scharfer Krümmung nach unten gebogen. Zwischen dem oberen und unteren Theile des Stegs wird demnächst ein Stück einer Eisenplatte eingeschweisst, welche dieselbe Dicke hat, wie der Steg und entweder so breit ist, als die Anlagefläche des Balkenendes am Spant oder den ganzen Raum zwischen den beiden Theilen des Stegs ausfüllt, sodass entweder die Form 2 oder 3 der Fig. 30 entsteht. Die vertikale Dimension der ganzen Auflagefläche beträgt das $2\frac{1}{2}$ -fache der Balkenhöhe. Soweit auf der einen Seite des Balkens der obere Flansch, resp. der Wulst ein festes Anliegen an dem Querschnittsflansch des Spants verhindert, werden diese Theile entfernt. Die beschriebenen Arten von Decksbalken sind jedoch keineswegs die einzigen, welche in der Praxis vorkommen. So genügt z. B. unter Umständen schon ein einfaches Winkel-eisen mit breiteren Flanschen, dessen Enden durch eine dreieckige Verbindungsplatte, wie No. 1 der Fig. 30 andeutet, mit dem Spant verbunden ist.

Fig. 30.



Will man eine besonders kräftige Balkenconstruction erzielen, so bildet man mittelst vier Platten und vier Winkeleisen das Profil No. 6 der Figur 29, oder man combinirt zwei auf einander folgende Balken durch eine auf ihre oberen Flanschen gelegte, querschiffs durchgehende Platte, wie in No. 7 derselben Figur angedeutet ist. Je nach Bedürfniss und Gelegenheit kommen auch die Querschnittsformen No. 3, 4 und 5, oder ähnliche zur Anwendung.

Befinden sich Spanten und Decksbalken an Ort und Stelle, so werden erstere auf ihrer äusseren Fläche mit einem System von Sentlatten umgeben, um das Spantensystem dagegen abstützen zu können, einen gewissen provisorischen Längsverband in dasselbe zu bringen und die Schiffsform auf Aussenkante Spanten sicher zu stellen. Von einer der Operation des Schlichtens beim Holzschiff entsprechenden Bearbeitung der eisernen Spanten kann natürlich nicht die Rede sein. Spanten, welche im Zusammenhang mit den übrigen an einzelnen Stellen zu weit vorstehen, müssen entfernt und entweder nachgearbeitet oder erneuert werden.

Tritt ein Spant zu weit gegen die benachbarten zurück, so kann man sich unter Umständen durch Auflegen eines dünnen Streifens Blech von der Breite des Spants helfen. Es ist klar, dass dergleichen Unvollkommenheiten in der Form der Spanten nur durch die grösste Sorgfalt und Aufmerksamkeit bei der Ausarbeitung und Zusammensetzung der Spanten vermieden werden können.

Die inneren
Längsverband-
stücke.

Die der Wegerung eines Holzschiffes entsprechenden Längsverbandstücke eines eisernen Schiffes sind bei letzterem in nur untergeordnetem Maasse vorhanden. Der Grund für diese Erscheinung liegt darin, dass wegen der directen Verbindung der Decksbalken mit den Spanten die Balkweger als solche überflüssig sind, dass ferner ein durchgehendes Längsverbandsorgan aus Eisen mehreren Wegerungsgängen eines Holzschiffes entspricht, bei denen der Längsverband z. Th. durch das Verschiessen der Stösse herbeigeführt wird und endlich, weil bei einem eisernen Schiffe die Beplattung der Aussenhaut in einem bedeutend höheren Maasse zum Längsverbände des Schiffes beiträgt, als die Beplankung bei einem Holzschiffe.

Das Kielschwein.

Im Boden eines eisernen Schiffes beschränken sich die Längsverbandstücke demnach auf das Kielschwein in der Symmetrieebene des Schiffes und einige Seitenkielschweine. Bei querschiffs durchgehenden Bodenwrangen ist vorzugsweise das sogenannte schottische Kielschwein im Gebrauch, dessen Querschnitt gleich dem in Fig. 29 No. 6 dargestellten Balkenquerschnitt ist. Seine Verbindung mit den Querspanten und dadurch mit dem Schiffe als Ganzem geschieht durch Vernietung der unteren horizontalen Platte und der unteren Winkeleisen mit dem inneren Spantwinkeleisen und, falls ein zweites inneres Spantwinkeleisen nicht vorhanden sein sollte, mit einem dieses ersetzenden kurzen Stücke Winkeleisen.

Das Schottische
Kielschwein.

Wegen seiner kastenförmigen Gestalt ist das schottische Kielschwein im Stande, einen sehr grossen Widerstand gegen längsschiffs deformirende Kräfte zu äussern; ausserdem eignet es sich zur directen Verwendung als Fundament für die Masten und liefert für den Fall, dass seine untere Platte zwischen den Spanten mit Oeffnungen versehen ist und dasselbe im Uebrigen mit Ventilatoren in Verbindung steht, einen zweckmässigen Ventilationscanal, wobei jedoch auf die Eintheilung des Schiffes in wasserdichte Abtheilungen Rücksicht zu nehmen ist, die nicht etwa durch das Kielschwein hindurch mit einander communiciren dürfen. Eine andere Form eines Kielschweins erhält man, wenn man sich die vertikalen Platten des schottischen Kielschweins durch eine einzige in der Symmetrieebene befindliche Platte ersetzt denkt, sodass der Querschnitt eines Doppel T oder I Eisens entsteht, dessen Flanschen durch die mittelst Winkeleisen an der vertikalen Stegplatte befestigten horizontalen Platte gebildet werden. Durch die Vernietung der unteren Flanschenplatte mit den inneren Spantwinkeleisen wird die Verbindung mit den Querspanten hergestellt. Denkt man sich die untere Flanschenplatte fort, so ist diese Art von Kielschwein auch

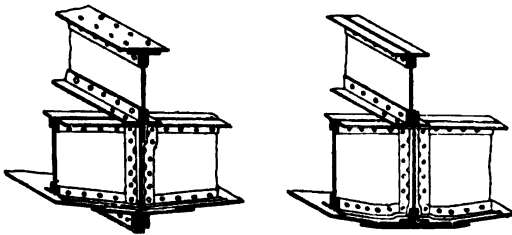
Doppel T-
förmiger Quer-
schnitt eines
Kielschweins.

zur Verwendung bei mittschiffs unterbrochenen Bodenwrangen geeignet, d. h. bei den Kielformen 3 und 4 der Fig. 28. Die Stegplatte wird alsdann mit den in das Innere des Schiffes hineinragenden Theilen des Kiels durch Nietung verbunden. Zu dem Ende muss entweder die Stegplatte des Kielschweins zwischen den Querspanten um soviel breiter sein, als zur Herstellung der Nietung erforderlich ist, oder die Stegplatte der Kielverbindung muss um soviel oberhalb der inneren Spantwinkleisen hervorragen. Dadurch entstehen ähnliche wie die in Fig. 31 dargestellten Querschnittsformen.

Bei den unter der Bezeichnung Seitenkielschwein zusammengefassten im Boden von eisernen Schiffen ausserdem vorhandenen Längsverbandorganen wird der Querschnitt ebenfalls aus Platten und Winkleisen zusammengestellt und zwar zu einem Doppel T, einem einfachen T, einem \perp u. a. m. Beim Doppel T tritt indessen an die Stelle des inneren Flansches auch häufig ein birnenförmiger Wulst. Im Allgemeinen nimmt der Flächeninhalt der Querschnitte nach den Seiten zu ab, so dass in der Gegend der Kimm

Seitenkielschwein..

Fig. 31.



eventuell ein einfaches T, durch zwei, Rücken an Rücken gelegte, Winkleisen gebildet, genügt.

Alle seitlich liegenden Längsverbandstücke dieser Art kann man dadurch in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen längsschiffs deformirende Kräfte bedeutend steigern, wenn man ihre Verbindung mit dem Schiffskörper, statt dieselbe auf die Vernietung ihrer äusseren Flanschen mit den inneren Spantwinkleisen zu beschränken, in der Weise bewirkt, dass man sie direct mit der Aussenhaut in Zusammenhang bringt. Zu dem Ende nimmt man die Stegplatte der Längsverbandstücke so breit, dass sie bis zur Aussenhaut reicht, indem man an ihrer Aussenkante Oeffnungen zum Durchlassen der Querspanten einschneidet und den verbleibenden Theil durch kurze von Querspant zu Querspant reichende Winkleisen mit der Aussenhaut verbindet. Soweit die vorhandene Höhe der Bodenwrangen solches zulässt, verbindet man diese zwischen die Spanten fallenden Theile der Längsverbandstücke durch kurze Winkleisenstücke auch mit den Bodenwrangen. Derselbe Zweck lässt sich auch erreichen, indem man zwischen den Spanten kurze Platten einsetzt, deren Innenkante soweit vor den inneren

Verbindung der Stegplatten mit der Aussenhaut.

Intercostal-
platten.

Spantwinkleisen hervorrägt, dass sie mit den Stegplatten der Längsverbandstücke vernietet werden kann. Diese eingesetzten Platten werden ebenfalls mit kurzen Winkleisenstücken mit der Aussenhaut und wenn angängig auch mit den Bodenwringplatten verbunden. Sie heissen Intercostalplatten.

Die Stringer-
platten.

Der Wassergang der Holzschiffe, soweit er als Längsverbandstück fungirt, findet im eisernen Schiff sein Analogon in Form einer auf den Enden der Balken liegenden eisernen Platte, welche sich von einem Ende des Schiffes bis zum anderen erstreckt. Die Aussenkante dieses gewöhnlich Stringerplatte genannten Längsverbandstücks stösst gegen die Aussenhaut, mit welcher sie mittelst kurzer Winkleisenstücke verbunden ist, die nur von Querspant zu Querspant reichen. Zum Durchlassen der Querspanten sind aus der Stringerplatte Oeffnungen von entsprechender Form und Grösse herausgeschnitten. Auf der Stringerplatte befindet sich ein längsschiffs ununterbrochen durchlaufendes Winkleisen, dessen horizontaler Flansch mit der Stringerplatte selbst und dessen vertikaler Flansch mit den inneren Spantwinkleisen vernietet ist. Mit den Balken ist die Stringerplatte vernietet; die einzelnen Plattenlängen, welche sie zusammensetzen, sind mittelst Nahtstreifen unter einander verbunden, welche auf deren unteren Seite sich befinden. Soll auf der Stringerplatte eine Wasserrinne gebildet werden, wie solches auf den Oberdecks eiserner Schiffe gebräuchlich ist, so geschieht dieses mit Hülfe eines zweiten durchlaufenden Winkleisens, welches dem vorhin erwähnten in einer Distanz von etwa 20 Centimeter gegenüber liegt. In diesem Falle müssen die in der Wasserrinne selbst vorhandenen Nietungen als wasserdichte ausgeführt werden und die Nietköpfe versenkt geschlagen werden, es sei denn, dass die Wasserrinne später cementirt wird.

Wasserrinne auf
der Stringer-
platte.

Decksbalken im
Raum.

Ist die Entfernung zwischen der Oberkante der Bodenwringen und dem nächsten Deck relativ gross, jedoch nicht gross genug, um noch ein vollständiges Deck nothwendig zu machen, so verfährt man in der Weise, dass man etwa an jedem 10ten Spant in einer zweckmässig erscheinenden Höhenlage Balken einfügt, welche ebenfalls Stringer der beschriebenen Art erhalten. Zwischen den Balken wird die Stringerplatte jedoch an jedem zweiten Spant durch eine dreieckige Consolenplatte gestützt, deren äussere Kante am Spant und dessen obere Kante mittelst Winkleisen an der Stringerplatte befestigt ist. Eine ähnliche Construction kommt auch häufig ohne durchgehende Balken zur Anwendung, wo demnach die Stringerplatte nur auf Consolen an jedem zweiten Spant ruht. In letzterem Falle kann man die Stringerplatte durch Annieten von zwei an ihrer Innenkante längsschiffs durchlaufenden Winkleisen besonders widerstandsfähig machen.

Verstärkung des
Balkensystems.

Näher nach der Mittellinie des Schiffes hin gelegen und parallel zu derselben befinden sich auf den Decksbalken aufliegend die sogenannten Längsbänder, Verstärkungen in Form von schmalen Platten, die ununterbrochen von einem Ende des Schiffes bis zum anderen durchgehen. Durch dieselben erhält ein Deck, abgesehen von den Stringerplatten und ohne dass

die Beplankung des Decks aufgelegt wäre, seinen Charakter als Längsverbandorgan. Die Längsbänder sind mit jedem von ihnen gekreuzten Balken vernietet und die aufeinander folgenden Längen derselben mittelst Nahtstreifen verbunden. Besondere Sorgfalt ist auf die Befestigung der Enden der Längsbänder zu verwenden. Einem ähnlichen Zweck wie die Längsbänder dienen die Diagonalbänder, welche ebenfalls in Gestalt von schmalen Platten in diagonalen Richtung auf den Balken liegen und mit ihnen vernietet sind. Die Enden der Diagonalbänder sind mittelst Stossplatten oder durch Ueberlappen mit den Stringerplatten verbunden. Fasst man die Stringerplatten, die Längsbänder und die Diagonalbänder zusammen ins Auge, so erscheint bereits ein grosser Theil des Decks mit Platten belegt, so dass eine weitere Steigerung des Längsverbandes nothwendig zu einer vollständigen Beplattung der Decks führen muss. Eine solche kommt bei grösseren Schiffen von bedeutender Höhe und Länge für das Oberdeck zur Anwendung. Abgesehen von den Stringerplatten, die auch in diesem Falle an der Bordwand entlang laufen, werden die Platten einer eisernen Decksbeplattung in Form von längsschiffs verlaufenden Gängen angeordnet, die sämmtlich direct auf den Balken aufliegen und mit ihnen vernietet sind. Ihre behobelten Längs- und Querkanten stossen stumpf an einander; erstere erhalten oben liegende Längsnahtstreifen, letztere unten liegende Quernahtstreifen und zwar mit wasserdichter Vernietung. Statt der vollständigen Beplattung hat man häufig auch nur eine theilweise Beplattung, welche sich besonders im mittleren von Luken unterbrochenen Theile der Decks als zweckmässig erweist.

Längs- und Diagonalverband auf den Balken.

Die Construction der Luken verursacht bei eisernen Schiffen keine besonderen Schwierigkeiten. An der Vor- und Hinterkante sind durchgehende Balken vorhanden, während die seitliche Begrenzung durch Schlingen von demselben Profil wie das der Balken gebildet wird. Die Verbindung von Schlingen und Balken geschieht dadurch, dass die Enden der Schlingen dem Profil der Balken genau angepasst werden und unter Anwendung geschmiedeter Kniee, deren Arme mit den Stegen von Balken und Schlingen vernietet oder verschraubt werden; letzteres für den Fall, dass die Schlinge behufs Verbreiterung der Luke eventuell wegnehmbar sein soll. In derselben Weise werden auch die an den Schlingen anliegenden halben Balken mit diesen verbunden. Auf den Balken und Schlingen erhalten hölzerne Luksülle eine ähnliche Befestigung wie bei Holzschiffen. Wegen der geringen Breite der oberen Flanschen der Balken und Schlingen, die meistens ganz von dem Süll beansprucht wird, ist es jedoch erforderlich, auf dieselben Platten von etwa doppelt so grosser Breite als die Balken zu nieten, auf welche die Enden und Seiten der Decksbalken befestigt werden können.

Die Luken.

Luksülle aus Holz.

In neuerer Zeit fertigt man besonders bei Handelsschiffen die Luksülle aus Eisen, weil solche eine ebenso leichte und Raum ersparende als auch solide Construction gestatten. Die Balken- und Schlingenverbindung

Luksülle aus Eisen.

ist dabei dieselbe wie bei hölzernen Säulen, nur hat man sich sämmtliche in die Luken hineinragende Flanschen und Wulste bis zum Steg beseitigt oder als überhaupt nicht vorhanden zu denken, indem man zu den Balken und Schlingen von vornherein derartige Profile wählt. Das Süll selbst besteht aus einer die Luke auf allen vier Seiten begrenzenden vertikalen Platte, deren Stösse entweder in den Ecken liegen und dann mittelst Winkeleisen verbunden sind oder dieselben liegen auf den Längs- resp. Querseiten und sind mittelst Stossplatten gedeckt, in welchem Falle die Ecken des Sülls abgerundet erscheinen. Die Hauptsache ist jedoch, dass die Süllplatte bis zur Unterkante von Balken und Schlingen herunterreicht und mit deren Steg vernietet ist. Ausserdem wird sie am Balkensystem mittelst eines äusserlich um die Süllplatte verlaufenden Winkeleisens befestigt, dessen horizontaler Flansch mit den Balken und Schlingen und dessen vertikaler Flansch mit der Süllplatte vernietet ist. Zur Versteifung der Oberkante des Sülls erhält dasselbe einen aussen angenieteten eisernen Wulst; ein ebensolcher ist an der Unterkante innerhalb der Luke vorhanden. Ferner befindet sich in einer Entfernung gleich der Dicke der Lukendeckel von der Oberkante des Sülls innerhalb der Luke an deren Seiten noch ein Winkeleisen, auf welchem die Lukendeckel ruhen und welches ebenfalls noch seinen Beitrag zur Festigkeit des ganzen Systems liefert.

Lösch- und
Ladeluken.

Ueberschreiten einzelne Luken, z. B. die Lade- und Löschluker, der Handelsschiffe gewisse Abmessungen in der Längs- und Breitenrichtung, so wird nicht nur der Verband der Decks in demselben Maasse verringert, sondern es entstehen ausserdem Schwierigkeiten mit Bezug auf den wasserdichten und seefesten Verschluss derselben. In einem solchen Falle werden in die Luken herausnehmbare Längs- oder Querschlingen aus Holz oder Eisen eingelegt, welche den aus mehreren Theilen bestehenden Lukendeckeln eine ausgedehntere Auflagefläche und Unterstützung gewähren und den durch die Luken unterbrochenen Verband wenigstens in sofern wieder herstellen, als es sich um Druckbeanspruchungen handelt.

Die Schotten.

An dieser Stelle soll zunächst von den Querschotten die Rede sein; dieselben bilden die kräftigsten Querverbandstücke, welche im Schiff vorkommen, da sie den ganzen Querschnitt des Schiffes an der Stelle, wo sie sich befinden, ausfüllen. Ausserdem aber besteht ihre Funktion wesentlich darin, den inneren Raum eines eisernen Schiffes in kleinere für sich wasserdichte Abtheilungen zu zerlegen, um dadurch bei einer Perforation der Aussenhaut unter Wasser das Eindringen von letzterem in den inneren Schiffsraum auf diejenige Abtheilung zu beschränken, in deren Bereich sich die Verletzung der Aussenhaut gerade befindet. Welche Anforderungen an die Schotten, ihre Ausdehnung und Anordnung in dieser Beziehung zu stellen sind, soll später zur Sprache kommen. Hier handelt es sich vorläufig nur um deren bauliche Zusammensetzung. Unter einem Querschott eines eisernen Schiffes versteht man eine aus eisernen Platten hergestellte,

in der Ebene eines Querschnitts liegende Wand, welche an und für sich wasserdicht ist und sich wasserdicht an die Aussenhaut des Schiffes anschliesst. Am zweckmässigsten bildet man das Schott mittelst horizontaler Plattengänge, welche stumpf auf die Innenfläche der Aussenhaut stossen und an ihr mit Hilfe von zwei Spantwinkleisen befestigt sind, welche die Plattenenden zwischen sich nehmen. Die einzelnen Platten eines Schotts stossen entweder mit ihren gehobelten Längs- und Querkanten stumpf zusammen, in welchem Falle sie mittelst auf entgegengesetzten Seiten des Schotts liegenden Längs- und Quernahtstreifen wasserdicht genietet werden, oder sie überlappen sich mit ihren Längsnähten und bedürfen auf diese Weise nur vertikaler Nahtstreifen. Das Ueberlappen kann wieder auf zweierlei Weise geschehen, einmal so, dass der obere Gang stets den unteren überlappt oder so, dass jeder Gang mit Ausnahme des obersten und untersten die beiden benachbarten Gänge überlappt. Endlich kann man die Platten des Schotts noch in der Weise zusammensetzen, dass sie auch mit den vertikalen Kanten sich überlappen, wodurch auch die vertikalen Nahtstreifen entbehrlich werden. Bei der zuletzt genannten Methode kommen jedoch an solchen Stellen, wo eine vertikale Naht auf eine horizontale stösst, drei Plattenstärken auf einander zu liegen, wodurch eine der drei Platten am Anliegen an den benachbarten Gang verhindert wird. Um dies zu vermeiden, wird die mittlere der Platten durch Ausschmieden dünner gemacht und keilförmig zugeschärft.

Die Beplattung
der Schotten.

Zur Verstärkung des Schotts befinden sich auf der einen Seite desselben die sogenannten Verstärkungswinkleisen, welche in vertikaler Richtung verlaufend in Entfernungen von circa 0,75 Meter angebracht sind. Sie stehen zur Beplattung des Schottes in derselben Beziehung wie die Spanten des Schiffes zur Aussenhaut und verhindern ein Durchbiegen desselben in ihrer Richtung, wenn dasselbe einen voll Wasser gelaufenen Raum einseitig begrenzt. Die obere Begrenzung eines Schotts wird stets durch ein Deck gebildet, dessen Beplankung auf den horizontalen Flanschen zweier mit ihren vertikalen Flanschen an das Schott genieteter Winkleisen Auflage findet. Durchdringt ein Schott ein tiefer gelegenes Deck, so sind auf beiden Seiten desselben Winkleisen vorhanden, um die am Schott abstossenden Decksplanken aufzunehmen; auf der Seite der Verstärkungswinkleisen bestehen dieselben aus kurzen Stücken, um erstere nicht zu unterbrechen. Ist die Entfernung vom untersten Deck bis zum Boden des Schiffes sehr gross, so erhält das Schott auf der entgegengesetzten Seite der vertikalen Verstärkungswinkleisen ein oder mehrere horizontale Verstärkungswinkleisen gegen Durchbiegen in horizontaler Richtung.

Verstärkungs-
winkleisen.

Die Längsverbandstücke des Bodens und die Stringerplatten dürfen von den Querschotten nicht unterbrochen werden, sie müssen vielmehr wasserdicht durch dieselben hindurchgeführt werden. Zu dem Ende sind in der Beplattung des Schotts Oeffnungen vorhanden, welche dem Profil des hindurchgehenden

Wasserdichte
Durchführung
der Längs-
verbandstücke
durch die Quer-
schotten.

Längsverbandstückes genau entsprechen. Die Fuge zwischen der Beplattung des Schotts und dem Längsverbandstück wird auf der einen Seite des Schottes durch ein Dichtungswinkeleisen geschlossen, dessen Flanschen mit dem Schott und mit dem Längsverbandstück vernietet werden, wobei dasselbe genau der Form des Profils folgt. An dem Dichtungswinkeleisen wird die Abdichtung oder Verstemmung vorgenommen, eine Operation, die weiter unten erläutert werden soll.

Um den Längsverbandstücken am Schott nicht ihre Auflagefläche und dadurch ihre solide Verbindung mit den Querspannten zu nehmen, können die inneren Spantwinkleisen auch an den Spanten, wo sich Querschotte befinden, nicht entbehrt werden.

Die Aussenhaut.

Die die Aussenhaut eines eisernen Schiffes bildenden Platten werden durch Nietung an den äusseren Spantwinkleisen befestigt und in Form von mehr oder minder breiten Gängen angeordnet, die über Wasser im Allgemeinen von einem Ende des Schiffes bis zum anderen durchgehen, unter Wasser dagegen aus demselben Grunde wie bei Holzschiffen in Form von verlorenen Gängen auftreten. Die Breite der Gänge, resp. der dieselben bildenden einzelnen Platten und die Länge der letzteren ist abhängig von der mehr oder minder gekrümmten Form des Schiffskörpers an der Stelle, wo sich die Platte befindet, derart, dass die schmalere und kürzere Platte da zur Verwendung kommt, wo das Schiff am stärksten gekrümmt ist. Die Stösse der Platten eines Ganges liegen abweichend von den Plankenstössen eines Holzschiffes, die dadurch, dass sie auf einem Spantholz liegen, ihre Verbindung unter einander erhalten, stets zwischen zwei Spanten und werden durch einen binnenbords aufgelegten Nahtstreifen, der mit beiden Platten vernietet ist, verbunden. Zwei benachbarte Gänge überlappen sich dagegen gegenseitig um eine solche Breite, dass sie wasserdicht mit einander vernietet werden können. Diese directe Verbindung der neben einander liegenden Plattengänge unter einander bildet, abgesehen vom Material, den Hauptunterschied gegenüber der Aussenhaut eines Holzschiffes, bei dem benachbarte Plankengänge nur indirect und zwar durch Vermittlung der Spanten, an denen sie befestigt sind, mit einander verbunden erscheinen.

Durch die Vernietung zweier benachbarter Plattengänge werden die an der gemeinschaftlichen Berührungsstelle auftretenden Schubspannungen vollständig und dauernd aufgenommen, was für zwei benachbarte Plankengänge eines Holzschiffes nur in beschränktem Maasse, jedenfalls nicht dauernd, der Fall ist. Während ich daher bei der Bestimmung des Widerstandes, den ein Holzschiff längsschiffs deformirend wirkenden Kräften entgegensetzt, bis zu einem gewissen Grade die Summe der Widerstände der einzelnen Längsverbandstücke zu bilden habe, kann ich bei einem eisernen Schiffe so verfahren, dass ich die Summe der Querschnitte sämtlicher Längsverbandstücke als einen einzigen Querschnitt auffasse und mit

dessen Hülfe den Widerstand bestimme. Ein Beispiel wird dies näher erläutern:

Angenommen, es seien n Längsverbandstücke von constantem rechteckigem Querschnitt gegeben, etwa n Gänge der Seitenbeplattung eines Schiffs; die Plattendicke sei d , ihre gemeinschaftliche Breite b , so ist der Widerstand gegen Durchbiegen eines auf hoher Kante stehend gedachten Ganges proportional mit dem Quadrate der Breite und der einfachen Dicke, also mit

$$b^2 \cdot d;$$

sind nun die Schubspannungen in den Nähten nur unvollkommen aufgenommen, so liefern die n Gänge einen Widerstand, der mit

$$n b^2 d$$

proportional ist. Sind die Schubspannungen dagegen aufgenommen, d. h. bilden sämtliche über einander befindlichen Plattengänge dadurch, dass sie seitlich fest mit einander verbunden sind, nur einen einzigen Platten-gang, so besitzt derselbe die Breite

$$n \cdot b$$

und sein Widerstand ist proportional mit

$$n^2 \cdot b^2 \cdot d,$$

d. h. es verhält sich der Widerstand der aus n Gängen bestehenden Beplattung bei nicht aufgenommenen Schubspannungen zu dem Widerstande bei aufgenommenen Schubspannungen wie $1:n$ oder letzterer ist n mal so gross als ersterer. Daher der so grosse Beitrag der Beplattung eines eisernen Schiffes gegen deformirende Kräfte. Ohne die vollständige Aufnahme der Schubspannungen in den Längsfugen der Plattengänge könnte übrigens von der Herstellung der Wasserdichtigkeit derselben nicht die Rede sein, da in den Fugen zwischen eisernen Platten die Verwendung eines Dichtungsmaterials, welches durch seine Elasticität eine gewisse Beweglichkeit der begrenzenden Theile gestattet, ausgeschlossen ist. Um jedoch einer eisernen Aussenhautbeplattung ihre Vortheile in möglichst hohem Maasse zu erhalten, ist noch folgendes zu beachten: Keine Platte darf kürzer sein als 5 Spantendistanzen mit Ausnahme der an den Steven endigenden und am äussersten Ende des Hecks zur Anwendung kommenden. Dabei muss die Distanz der Stösse in zwei benachbarten Gängen wenigstens 2 Spantendistanzen betragen, während die Stösse des dritten Ganges um eine Spantendistanz von denen des ersten entfernt sein können. Die Stösse der Plattengänge neben dem Kiel auf Steuerbord und Backbord müssen ebenfalls um zwei Spantendistanzen von einander entfernt bleiben, was zur Folge hat, dass die Stossvertheilung auf Steuerbord und Backbord überhaupt unsymmetrisch wird. Die Stösse der Aussenhaut müssen ferner mit denjenigen der binnenbords liegenden Hauptlängsverbandstücke, zum Beispiel der Stringerplatten um zwei Spantdistanzen verschiessen, ebenso

Anordnung der
Stösse.

muss zwischen den Laschen des Kiels und den Stössen der benachbarten Gänge der Aussenhaut eine Entfernung von zwei Spantdistanzen sein.

An- und ab-
liegende Gänge.

Das Ueberlappen zweier benachbarter Plankengänge geschieht stets in der Weise, dass ein Gang seine beiden benachbarten überlappt, was natürlich beim obersten resp. untersten Plattengange eine Ausnahme erleidet. Die Anordnung wird so getroffen, dass ein Plattengang um den anderen direct auf den Spanten liegt, während die übrigen um eine Plattenstärke von den Spanten entfernt sind. Die ersteren heissen anliegende, die letzteren abliegende Gänge. Der Raum zwischen Aussenkante-Spant und den abliegenden Gängen wird durch einen eisernen Füllstreifen von der Dicke des anliegenden Ganges und der Breite des äusseren Spantwinkelleisens ausgefüllt. Da, wo ein Querschott an die Stelle eines Spants tritt, werden diese Füllstreifen durch Platten ersetzt, welche von dem Spant vor dem Schott bis zu demjenigen hinter demselben reichen. Die auf diese Weise gebildete Verstärkung in der Gegend von Querschotten ist nothwendig, weil die Aussenhaut durch die wegen des wasserdichten Abschlusses des Schotts erhöhte Anzahl Niete in den äusseren Spantwinkelleisen am Schott eine unvermeidliche Schwächung erleidet. Uebrigens ist der oberste Plattengang sowie der Gang neben dem Kiel gewöhnlich stets ein abliegender Gang.

Füllstreifen.

Füllplatten bei
Schotten.

Dicke der
Aussenhaut-
platten.

Was die Dicke der Platten betrifft, so ist diese keineswegs überall dieselbe. Sie regelt sich im Allgemeinen nach zwei Gesichtspunkten, nämlich nach der Grösse der Beanspruchung durch die äusseren Kräfte und nach der Grösse des Widerstandes, den eine Platte vermöge ihrer relativen Lage am Schiffskörper zu leisten vermag.

Kommen wir, um uns dies klar zu machen, noch einmal auf die Lage eines Schiffes mit seiner Mitte auf einem Wellenberge zurück und betrachten wir die vor dem Hauptspant liegende Hälfte desselben, so leuchtet ein, dass die Wahrscheinlichkeit eines Bruchs des Schiffskörpers in der Ebene des Hauptspants um so grösser ist, je grösser das Uebergewicht des Vorderschiffs über den vorhandenen Auftrieb ist und je grösser die Entfernung des Schwerpunktes des Vorderschiffs von der Ebene des Hauptspants ist, d. h. die Beanspruchung des Querschnitts des Schiffes im Hauptspant auf Bruch ist erstens proportional mit der Differenz aus dem Gewichte des Vorderschiffs und dem Auftrieb daselbst, eine Grösse, die wir in Tonnen oder Kilogrammen ausdrücken, und gleichzeitig proportional mit der Entfernung des Angriffspunktes dieser Anzahl Tonnen vom Hauptspant, die in Längeneinheiten ausgedrückt wird, mithin proportional mit dem Produkte aus diesen beiden Quantitäten, für welches in der Mechanik bekanntlich die Bezeichnung Moment üblich ist. Man spricht von einem Moment von so und so viel Metertonnen, Meterkilogrammen, Fusspfunden u. s. w., je nachdem der eine Factor in Metern oder Fuss und der andere Factor in Tonnen, Kilogrammen oder Pfunden ausgedrückt ist.

Da die Beanspruchung des Schiffskörpers durch ein solches Moment eine Biegung desselben zur Folge hat, so nennt man dasselbe in dem hier Das Längsschiffsbiegemoment. vorliegenden Zusammenhange ein Längsschiffsbiegemoment. Wählt man in unserem Falle statt des Querschnitts des Hauptspants einen weiter nach vorne gelegenen Querschnitt, so wird das diesen Querschnitt beanspruchende Moment kleiner, da der eine Factor des das Moment bildenden Produktes kleiner geworden ist. Wählt man denjenigen Querschnitt, in dem der andere Factor angreift, so ist das Moment Null, weil der erstere Null ist. Im Allgemeinen ist das Längsschiffsbiegemoment in der Mitte des Schiffes ein Maximum und nimmt nach den Enden desselben bis zum Werthe Null ab; daher das Verfahren, die Dicke der Platten von der Mitte nach den Enden des Schiffes abnehmen zu lassen. Der zweite Umstand, der auf die Dicke der Platten von Einfluss ist, besteht in ihrer Entfernung von der neutralen Schicht, die, wie wir früher gesehen haben, die grösste Spannung in den am weitesten von ihr entfernten Längsverbandstücken bedingt, derart, dass diese Spannungen von ihrem Minimalwerthe Null in der neutralen Schicht bis zu einem gewissen Maximalwerthe in den am weitesten von ihr entfernten Plattengängen steigen. Hieraus erklärt sich die Zweckmässigkeit, die obersten Plattengänge und die Kielgänge dicker zu machen als die übrigen. Bei kleineren Schiffen, namentlich kürzeren von geringer Höhe, sind jedoch die Unterschiede der Plattendicken weniger hervortretend, als bei längeren mit grösserer Höhe. Es hat dieses seinen Grund darin, dass bei kleineren Schiffen die Maximalplattendicke überhaupt nur gering ist und mit Rücksicht auf andere Umstände, z. B. Verlust an Dicke durch Rost, kaum noch eine weitere Reduction gestattet. Bei Schiffen von ungewöhnlich grossen Dimensionen ist dagegen ein so bedeutender Unterschied in den Plattenstärken vorhanden, dass man die in Frage kommenden Gänge durch Verdoppelung auf das gewünschte Maass bringt, ein Verfahren, welches bezüglich der obersten Plattengänge fast immer angewendet wird.

Die stark gekrümmten Platten am Schiffskörper wie die Kielplatten, Bearbeitung der stark gekrümmten Platten. die Kimmplatten, die Platten für die Anschwellung in der Umgebung der Schraubenwelle u. s. w. werden in glühendem Zustande in die ihnen eigenthümliche Form gebracht. Das Verfahren besteht im Allgemeinen darin, dass man von der Stelle des Schiffes, wo die Platte anzupassen ist, ein Modell aus Gusseisen oder auch aus Holz anfertigt, über welchem resp. in welches hinein die Platte gebogen wird. Letzteres geschieht entweder mit Hammerschlägen oder mit Hilfe von hydraulischen Pressen oder anderer Specialmaschinen. Ein fast auf jedem Bauplatz für eiserne Schiffe vorhandenes Werkzeug ist das Plattenwalzwerk zum Biegen von Platten mit regelmässiger, geringer Krümmung, die häufig auch in kaltem Zustande herstellbar ist. Ein solches Plattenwalzwerk besteht aus einem Paar gusseiserner, geriffelter Walzen, welche sich um in horizontaler Ebene gelegene Axen nach derselben Richtung drehen; oberhalb dieser beiden Walzen und

symmetrisch zu ihnen ist eine dritte Walze vorhanden, deren Drehaxe höher und tiefer gestellt werden kann. Hat man die obere Walze mit ihrer Unterkante so eingestellt, dass letztere horizontal und tiefer liegt als die Oberkanten der beiden unten rotirenden Walzen und lässt man demnächst eine Platte durch das Walzensystem passiren, wobei die obere Walze ebenfalls in Rotation geräth, so nimmt die Platte eine cylindrische Krümmung an, deren Krümmungsradius nahezu gleich dem Radius desjenigen Kreises ist, der durch die Berührungslinien der drei Walzen mit der Platte geht. Stellt man die obere Walze nicht horizontal, sondern geneigt zu den beiden unteren ein, so nimmt die durchlaufende Platte die Form eines Kegelmantels an.

Mit Bezug auf die practische Ausführung der Arbeit des Anbringens einer eisernen Bepattung wird wie folgt verfahren: Auf einem Klotzmodell des Schiffes auf Aussenkante Spanten, auf welchem die Spantlinien und die mit der Aussenhaut in Verband stehenden inneren Längsverbandstücke bereits dargestellt sind, werden die Plattengänge nach dem Verlauf ihrer Kanten aufgezeichnet und die Stossvertheilung vorgenommen. Unter Zugrundelegung einer zweckmässigen Signirung, z. B. der einzelnen Gänge mit den Buchstaben des Alphabets und der einem Gange angehörenden Platten mit Ziffern, derart, dass etwa die Platte C4 dem dritten Plattengange von oben und der vierten Platte von hinten an gerechnet entspricht, wird dann eine Plattenliste angefertigt, in welche die Längen, Breiten und Dicken einer jeden Platte eingetragen werden, indem man die beiden ersten Dimensionen mit Hilfe von biegsamen Maassstäben dem Modell entnimmt. Nach einer solchen Plattenliste werden die Aussenhautplatten von den Walzwerken angefertigt und geliefert. Dem Modell werden ferner die Schnittpunkte der Plattenkanten mit den Spantlinien entnommen und auf den vor dem Glühofen beim Spantenbiegen im Gebrauch befindlichen Spantenriss übertragen, um dieselben von dort auf die fertig gebogenen und nachgerichteten Spanten einreissen zu können.

Anbringen der
anliegenden
Gänge.

Auf der Aussenfläche des aufgestellten Spantensystems findet man demnach sämtliche Plattengänge mit ihren Kanten vorgezeichnet. Es wird demnächst mit dem Anbringen der anliegenden Gänge begonnen. Zu dem Ende wird im Allgemeinen von jeder Platte, jedenfalls von den schwierigeren, ein Modell aus biegsamen Latten hergestellt, welches den genauen Verlauf der Längs- und Querkanten, sowie die Vor- und Achterkanten der von der Platte gekreuzten Spantwinkleisen enthält. Dieses Modell wird an Ort und Stelle auf den Spanten mittelst Schraubzwingen befestigt und auf demselben die in den Spanten bereits vorhandenen Nietlöcher markirt. Das so vorbereitete Modell wird demnächst auf die Platte selbst gelegt, um die Kanten und Nietlöcher auf dieselbe zu übertragen. Das an den Längskanten etwa überflüssige Material wird mit der Blechscheere weggeschnitten, das an den Stössen dagegen mittelst der Hobelmaschine entfernt und die Nietlöcher inclusive derjenigen an den Längs- und Querkanten

unter Berücksichtigung der weiter unten zur Sprache gebrachten Vorsichtsmaassregeln gestanzt, und wenn nöthig, versenkt. Nachdem die fertige Platte ausserdem mit der etwaigen Krümmung versehen ist, wird dieselbe mittelst Schrauben an den Spanten provisorisch befestigt.

Befinden sich zwei aufeinander folgende anliegende Plattengänge am Schiff, und sind zwischen denselben die mit den erforderlichen Nietlöchern versehenen Füllstreifen auf die Spanten gelegt, so kann mit dem Anbringen des zwischenliegenden, abliegenden Ganges begonnen werden. Man verfährt dabei analog den anliegenden Gängen, d. h. man arbeitet wieder mit dem Modell aus biegsamen Latten, mit Hülfe dessen nunmehr auch die Nietlöcher der anliegenden Plattengänge auf die abliegenden Platten übertragen werden. Die weitere Bearbeitung der Platten abliegender Gänge unterscheidet sich dadurch von der der anliegenden, dass auch die Längskanten gehobelt werden. Während des Anbringens der Platten erhalten die Stösse derselben nach und nach die binnenbords liegenden Stossplatten, mittelst welcher die aufeinander folgenden Platten zu einem Gange verbunden werden. Die Breite der Stossplatten, d. h. ihre Längsschiffdimension, ist abhängig vom Durchmesser der Niete und von der Anzahl der Nietreihen auf jeder Seite des Stosses, welche zur Verbindung der Platten für nothwendig gehalten werden. Die Länge muss gleich der Breite des betreffenden Plattenganges sein. Dies bedingt für die abliegenden Gänge sogenannte gekröpfte Stossplatten, d. h. solche, welche mit ihren Enden die anliegenden Gänge überlappen und zu dem Zwecke über dieselben hinweggebogen sind. Ein Ersatz für gekröpfte Stossplatten, deren Bearbeitung in warmem Zustande zu erfolgen hat und daher mit Umständen verknüpft ist, bietet folgende Anordnung: Die Stossplatte für einen abliegenden Gang wird nur so lang genommen, als die Entfernung zwischen den Kanten der beiden anliegenden Gänge beträgt und die Fugen zwischen den Enden der Stossplatte und den Kanten der anliegenden Gänge werden durch zwei weitere kleine Stossplatten gedeckt. Noch einfacher ist es freilich, wenn man von einer Ueberlappung der anliegenden Gänge durch die Stossplatten für die abliegenden Gänge gänzlich absieht, ein Verfahren, welches allerdings nicht so zweckmässig ist wie die Anwendung gekröpfter Stossplatten, welches jedoch insofern auch als genügend anzuerkennen ist, als die zu verbindenden Platten des abliegenden Ganges, soweit sie von innen durch die anliegenden Gänge überlappt werden, auch zur Aufnahme von Zugspannungen mit einander verbunden erscheinen.

Fig. 32 erläutert das im Vorstehenden bezüglich der Stossplatten Gesagte. Die Gänge *C* und *E* sind anliegende mit Stossplatten, deren Länge mit der Breite der Platten übereinstimmt; Gang *D* ist ein abliegender Gang, bei welchem die Länge der Stossplatten gleich dem Abstände der Kanten der beiden benachbarten anliegenden Gänge ist; Gang *F* ist ein abliegender Gang mit zwei gekröpften Stossplatten und mit einer aus drei

Anbringen der
abliegenden
Gänge.

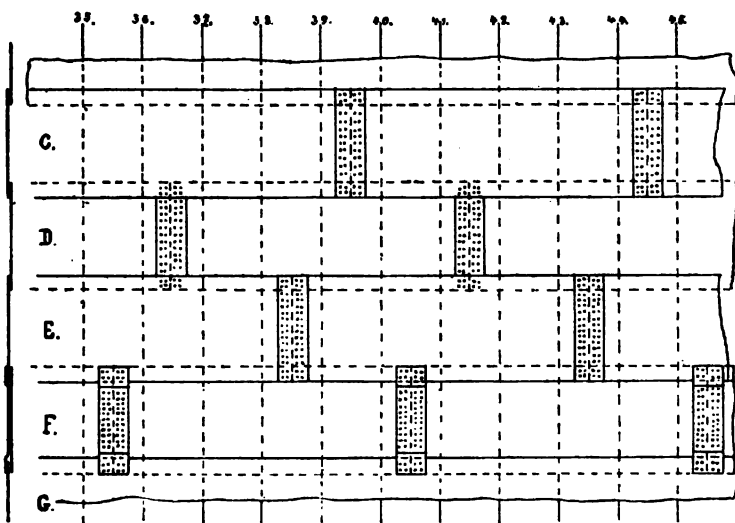
Die Stossplatten.

Theilen bestehenden Stossdeckung. Was die Dicke der Stossplatten betrifft, so muss dieselbe mindestens gleich derjenigen der durch sie verbundenen Platten sein. Bei solchen Plattengängen und an solchen Stellen im Schiff, wo eine starke Zugspannung auftritt, ist es nothwendig, dieselben sogar dicker zu wählen, als die verbundenen Platten. Dies gilt z. B. für die obersten und untersten Plattengänge in der Mitte des Schiffes, wo aus demselben Grunde eine dreifache Vernietung am Platze ist, wenn im übrigen Theile des Schiffes eine zweifache Vernietung genügt. Eine noch zu erwähnende wichtige Anforderung an die Stossplatten besteht darin, dass ihre Faser parallel zu den Plattengängen gerichtet sein muss.

Nietungen.

Zur Verbindung der einzelnen Theile eines eisernen Schiffes unter einander werden, soweit es sich um Eisen mit Eisen handelt, nur in sehr

Fig. 32.

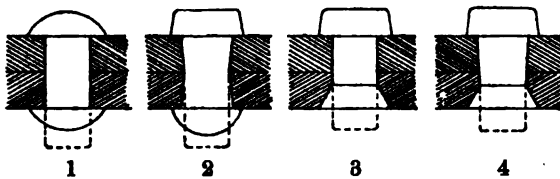


seltenern Fällen andere Verbindungs- oder Befestigungsmittel benutzt, als eiserne Nieten. Die Grundform der Nieten wird gebildet durch kurze, im Querschnitt kreisförmige, cylindrische Bolzen mit angeschmiedetem Kopfe an dem einen Ende. Sollen zwei Stücke Eisen mit einander verbunden werden, etwa eine Platte mit einer Platte oder einem Winkelseisen oder letztere unter einander, so werden dieselben mit gewissen Theilen, z. B. ihren Rändern, Enden oder Flanschen, um eine gewisse Breite übereinander gelegt und mit einem beide Theile durchdringenden kreisrunden Loche versehen, dessen lichte Weite etwas grösser ist, als der Durchmesser des Niets. Letzteres wird glühend gemacht, in die für dasselbe vorbereitete Oeffnung gesteckt und mittelst eines schweren Hammers oder mit einem anderen zweckmässig geformten sogenannten Vorhalter, der gegen den Nietkopf gepresst wird, in seiner Lage gehalten; demnächst wird auf der dem Niet-

kopf entgegengesetzten Seite der Verbindung das dort hervorragende Ende des Nietschaftes entweder durch directe Hammerschläge der zweite Nietkopf, der sogenannte Schliesskopf, gebildet oder man bedient sich zu dem Ende eines mit der Hohlform für den zu bildenden Nietkopf versehenen Vorhalters, der die Hammerschläge aufnimmt. Durch die Formirung des zweiten Nietkopfes werden die zu verbindenden Theile fest aufeinander gepresst; die Kraft, mit welcher sie zusammengezogen werden, wird jedoch noch wesentlich dadurch vergrößert, dass der Schaft des Niets durch Abgabe seiner Wärme an die Umgebung sich verkürzt, so dass die beiden Nietköpfe einander genähert werden; der letztere Umstand bedingt hauptsächlich die Wasserdichtigkeit der Nietung.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass die Länge des Nietschaftes vor der Verwendung mindestens gleich sein muss der Summe der Eisenstärken, die derselbe durchdringen soll, plus einer Länge, welche dem Volumen des zu bildenden Kopfes entspricht. Je nach der Form des ersten Nietkopfes, des Schaftes und des Schliesskopfes unterscheidet man verschiedene Arten von Nietformen, die einzeln verschiedenen Zwecken entsprechen. Die gebräuchlichsten derselben sind in Fig. 33 dargestellt.

Fig. 33.



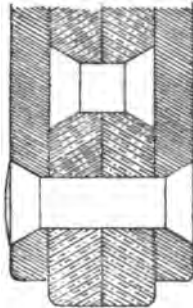
Nr. 1 und 2 stellen Niete dar, die dann zur Anwendung kommen, wenn auf beiden Seiten der zu vernietenden Stücke die Köpfe vorstehen dürfen, also bei allen binnenbords liegenden Nietverbindungen. Nr. 2 ist davon die am häufigsten vorkommende Form, weil die Löcher zur Aufnahme der Niete mittelst der Stanzmaschine hergestellt werden, was eine conische Form derselben bedingt. Damit die beiden Conus sich mit ihrer Basis den Köpfen anschliessen und ein Abspringen des einen oder anderen Kopfes noch nicht die Lösung der Verbindung zur Folge hat, ist es notwendig, dass der Lochstempel der Stanzmaschine stets von denjenigen Seiten in das Eisen eindringt, die einander zugekehrt werden. Nr. 3 und 4 stellen Niete dar, bei welchen der Schliesskopf nicht vorstehen darf, sondern in dem Material vertieft oder versenkt liegen muss. Sämmtliche die Aussenhaut durchdringende Niete müssen aus naheliegenden Gründen aussen versenkte Nietköpfe haben. Nr. 4 ist, da auch hier die Löcher in den Platten durch die Lochstanze hergestellt werden, die in der Praxis am meisten vorkommende Form. Die conische Erweiterung für den versenkten Kopf wird mittelst der Bohrmaschine bewirkt. Fig. 34 stellt einen Querschnitt

Versenkte Nietköpfe.

durch den Kiel an einer Stelle dar, wo sich eine Kiellasse befindet. Die gezeichneten Niete haben auf beiden Seiten versenkte Köpfe, das untere solche, welche mit einer flachen Wölbung versehen sind.

Fig. 34.

Vernietung einer
Kiellassung und
der daneben befind-
lichen Aussenhaut-
platten.



Festigkeits-
nietungen.

Man unterscheidet am Schiffskörper Festigkeitsnietungen und wasserdichte Nietungen. Erstere kommen bei den eigentlichen Längs- und Querverbandstücken binnenbords zur Anwendung, letztere bei der Aussenhaut und den wasserdichten Schotten u. s. w. Bei den Längs- und Querverbandstücken hat man bezüglich der Beanspruchung der Niete zwei Fälle zu unterscheiden; dieselben dienen entweder lediglich zur Aufnahme von Schubbeanspruchungen oder gleichzeitig zur Uebertragung von Zugspannungen an solchen Stellen, die sonst eine Unterbrechung des betreffenden Construktionselements darstellen würden. Angenommen, es handelt sich um ein Längsverbandstück von doppeltförmigem Querschnitt, gebildet aus einem breiten, in der Richtung seiner Länge aus aufeinanderfolgenden Platten zusammengesetzten Steg und 4 angenieteten Winkelleisen. Wenn dieses Längsverbandstück zur Aeusserung eines Zugwiderstandes im Zusammenhang mit dem Schiffskörper kommt, so werden die Verbindungsniete der Winkelleisen mit dem Steg auf Schub beansprucht, welcher um so geringer ist, je weiter die betreffenden Nietreihen von der neutralen Schicht des Schiffes entfernt sind. Es werden daher um so grössere Nietdistanzen genügen, je höher oder tiefer das Längsverbandstück im Schiffe eingebaut ist. Anders verhält es sich dagegen mit denjenigen Nieten, welche die einzelnen Platten des Stegs unter Anwendung einer Stossplatte miteinander verbinden, sobald das Längsverbandstück auf Zug kommt und ein solcher von einer Platte des Stegs auf die nächstfolgende durch die Stossplatte übertragen werden soll. Die Zugspannung im Längsverbandstück wird dann um so grösser sein, je weiter dasselbe von der neutralen Schicht entfernt ist. Es ist daher eine grosse Anzahl von Nieten durch die Stossplatte und die durch sie verbundenen Platten erforderlich; man stellt dieselben daher dichter und in doppelten eventuell dreifachen Reihen auf jeder Seite des Stosses. In beiden Fällen werden die Querschnitte der Niete an den Stellen, wo

sich die verbundenen Theile gegenseitig berühren, auf Abscheeren beansprucht und können ihrem Durchmesser nach bestimmt werden. Nimmt man statt einer Stossplatte auf den Stossfugen des Stegs deren zwei von etwas grösserer Dicke als die Hälfte der einen und zwar auf jeder Seite des Stegs, so werden zwei Querschnitte der Laschennietung auf Abscheeren beansprucht und dadurch eine bedeutend höhere Festigkeit der Verbindung erzielt. Die Nietköpfe erleiden bei den Festigkeitsnietungen so gut wie gar keine Beanspruchung, es sei denn, dass der Schaft des Niets seinen Sitz nicht vollkommen ausfüllt und dass zu den Beanspruchungen auf Abscheeren der Querschnitte noch Biegungsspannungen hinzutreten. Man findet daher bei Festigkeitsnietungen die Volumina der Nietköpfe auf ein Minimum reducirt.

Betrachtet man die Aussenhaut eines Schiffes lediglich als Längsverbandstück desselben, so würde sich für die Vertheilung der Niete in den Längsnähten und den Stössen ein ähnliches Resultat ergeben, wie oben. Es würden somit die Längsnähte in der Nähe der neutralen Schicht unter Voraussetzung eines constanten Durchmessers eng gestellte Niete, die am weitesten von der neutralen Schicht entfernten weit gestellte Niete bekommen müssen und umgekehrt für die Stossplatten in der Nähe der neutralen Schicht weitgestellte und die von derselben am weitesten entfernten enggestellte Niete und mehrere Reihen derselben auf jeder Seite der Stossfuge erforderlich sein. Da die Nietung der Aussenhaut indessen sowohl in den Längsnähten als auch den Stossfugen eine wasserdichte sein soll, so sind weitgestellte Niete ausgeschlossen, absolut wenigstens unter Wasser und zwar aus folgenden Gründen. Die Wasserdichtigkeit einer Nietung, z. B. derjenigen einer Längsnaht, erfordert ein möglichst vollkommenes Aufeinanderliegen der beiden Plattenränder in ihrer ganzen Ausdehnung. Wenn jedoch zwei Platten soweit vorbereitet sind, dass mit dem Nieten begonnen werden kann, so sind die sich überlappenden Theile noch keineswegs in dem Grade congruent, dass diese Bedingung erfüllt wäre; in jeder Platte sind vielmehr noch kleine Unebenheiten vorhanden, die bei weit gestellten Nieten bestehen bleiben und dem Wasser einen Weg in das Innere des Schiffsraumes liefern würden. Diese letzten Unebenheiten und kleineren Beulen verschwinden jedoch in Folge der Contraction des Nietschaftes in dessen unmittelbarer Umgebung und man wird daher in der ganzen Ausdehnung der Ueberlappung eine um so vollkommenere Berührung der beiden Platten erzielen, wenn man von zwei benachbarten Nieten, in der hier vorliegenden Beziehung, das eine in den Wirkungskreis des anderen bringt. Wie weit sich dieser Wirkungskreis erstreckt, ist nur durch die Erfahrung zu constatiren; a priori lässt sich nur sagen, dass er um so kleiner ist, je dicker die Bleche sind. Die von der Praxis festgestellten Grenzen sind folgende: Zwischen der Kante des Bleches und den Aussenkanten des Nietschaftes muss mindestens ein Abstand von einem Nietdurchmesser vorhanden sein; sind zwei Reihen Niete vorhanden, so darf die Entfernung zweier

Vernietung der Aussenhaut.

Nietdistanzen.

hinter einander stehender Niete von Mitte zu Mitte nicht mehr als drei oder wenn die Niete der beiden Reihen zickzackförmig zu einander stehen, nicht mehr als zwei Nietdurchmesser betragen. Die aufeinanderfolgenden Niete in einer Reihe dürfen bei vorhandener einfacher Nietreihe nicht weiter als vier, bei doppelter Nietung nicht mehr als $4\frac{1}{2}$ Nietdurchmesser von einander entfernt sein. Für die Nietungen der Laschen gelten dieselben Verhältnisse. Sind indessen drei Nietreihen zu jeder Seite eines Stosses vorhanden, so kann in der äussersten derselben der Abstand doppelt so gross sein.

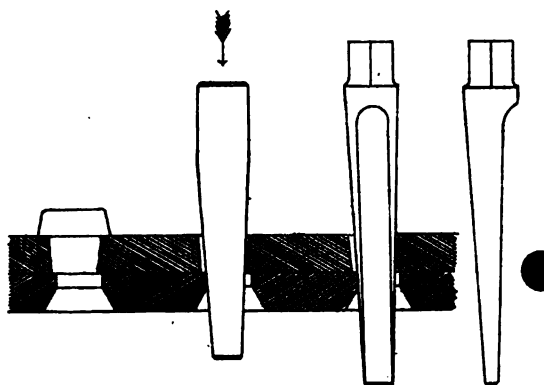
Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass bei den wasserdichten Nietungen die Beanspruchung der Niete eine wesentlich mehr zusammengesetzte ist als bei den Festigkeitsnietungen, da die Nietschäfte beim Zusammenziehen der Bleche in Folge der Abkühlung stark auf Zug kommen, der seinerseits von den Köpfen und der kegelförmigen Form des Schaftes aufgenommen wird. Es ist daher auf ein gutes Anliegen der Köpfe, sowie darauf, dass die Oberfläche der versenkt geschlagenen Schliessköpfe genau mit der Oberfläche der Bleche abschliesst, besonderer Werth zu legen. Es ist nothwendig, an dieser Stelle besonders auf diejenigen Umstände hinzuweisen, welche eine mangelhafte Nietung zur Folge haben. Zu derselben gehört in erster Linie das unvollkommene Uebereinstimmen der Nietlöcher in der einen Platte mit denen in der mit ihr zu vernietenden, derart, dass die Ränder der Löcher nicht zusammenfallen. Absolut lässt sich dies nur dadurch vermeiden, dass nur in der einen Platte die Nietlöcher auf der Lochmaschine hergestellt werden und diejenigen der anderen an Ort und Stelle, durch erstere hindurch, gebohrt werden. Sobald mehr Dicken als zwei durch Niete zu verbinden sind, verdoppeln sich natürlich die in dieser Beziehung zu überwindenden Schwierigkeiten und ist dann das Bohren der Nietlöcher unerlässlich. Dies geschieht dementsprechend mit Bezug auf die Löcher derjenigen Niete der Längsnähte der Aussenhaut, welche gleichzeitig die Spantwinkeleisen durchdringen, ferner für die Niete im Kiel und den Steven u. s. w. Für die grössere Mehrzahl der Nietlöcher ist jedoch das unvollkommenere Verfahren, sie mittelst der Lochmaschine herzustellen, nicht zu entbehren und muss man daher stets auf excentrische Nietlöcher rechnen. Dergleichen Löcher dürfen jedoch keineswegs mit Nieten versehen werden, weil selbst in dem Falle, wo es gelingen sollte, dieselben mit dem Material des Nietschaftes auszufüllen, stets eine bedeutende Reducirung des Querschnitts des Nietbolzens eintritt. Geringe Excentricitäten werden dadurch beseitigt, dass man vor dem Einsetzen des Niets einen conisch geformten Stahldorn in die Löcher beider Platten treibt, wodurch die Axen der Löcher in den beiden Platten mit der des Dorns und dadurch miteinander zur Coincidenz gebracht werden. Reicht dieses Mittel nicht mehr aus, so werden die Löcher aufgerieben, das heisst sie werden mittelst eines geeigneten Instruments, dem sogenannten Aufräumer, auf einen solchen

Mangelhafte
Nietungen.

Das Aufräumen
der Nietlöcher.

kreisförmigen Querschnitt erweitert, der die beiden excentrischen Querschnitte eben umschliesst. In ein so erweitertes Nietloch muss natürlich ein dickeres Niet geschlagen werden. Zu grosse Abweichungen haben selbstverständlich das Verwerfen der einen Platte zur Folge. In Fig. 35 ist zur Linken eine mangelhafte Nietung angedeutet; wie ersichtlich ist der Durchmesser des Nietschaftes an seiner dünnsten Stelle um die Excentricität der beiden Nietlöcher verringert. In dem folgenden Nietloche ist der Stahldorn, im dritten ein Aufräumer dargestellt, von welch' letzterem ausserdem die Seitenansicht und der Querschnitt gegeben sind. Ein weiterer Umstand, der eine Nietung unzuverlässig macht, hat seinen Grund in einer mangelhaften Qualität der Niete, besonders hinsichtlich der Form. Sehr häufig vorkommende Fehler in dieser Beziehung sind schiefe Nietköpfe, d. h. solche, deren Axen nicht mit den Axen der Nietschäfte übereinstimmen. Der-

Fig. 35.



gleichen Niete sind für wasserdichte Nietungen absolut verwerflich. Ferner dürfen Niete mit zu kurzen Schäften nicht verwendet werden, da sie zu kleine Schliessköpfe und bei versenkten Köpfen vertieft liegende Oberflächen derselben liefern. Mit Rücksicht auf das Aufräumen der Nietlöcher, welches das vom Nietschaft auszufüllende Volumen nothwendig vergrössert, ist es rathsam, die Länge der Nietschäfte für wasserdichte Nietungen lieber von vorn herein etwas reichlicher zu bemessen und unmittelbar nach erfolgtem Schlagen des Niets etwa vorstehendes überflüssiges Material, welches dann noch glühend ist, zu entfernen. Noch einige Hammerschläge stellen demnächst eine glatte, mit der Oberfläche der Platte in einer Ebene liegende Fläche des Nietkopfes her.

Sämmtliche Nähte und Stösse der Aussenhaut und wasserdichten Schotten, sowie die Fugen an den Verbindungswinkeleisen zwischen zwei unter einem Winkel aufeinander stossender wasserdichter Beplattungen, ferner sämmtliche Fugen an den Dichtungswinkeleisen derjenigen Verbandstücke, welche wasserdichte Beplattungen durchdringen, erhalten ihre absolute Wasser-

Die
Verstemmung.

dichtigkeit erst durch das sogenannte Verstemmen. Man versteht darunter die dem Abdichten des Holzschiffes analoge Operation mit dem Unterschiede, dass beim Eisenschiff von der Verwendung eines besonderen Dichtungsmaterials allerdings nicht die Rede sein kann. Die Dichtung wird vielmehr dadurch bewirkt, dass in der unmittelbaren Nähe der Fuge das Material durch Bearbeitung mit einem zweckmässig geformten, meisselartigen Instrument aus Stahl in einen bis zu einem gewissen Grade plastischen Zustand übergeführt wird, der gestattet, dasselbe fest auf die benachbarten Theile der Umgebung zu pressen.

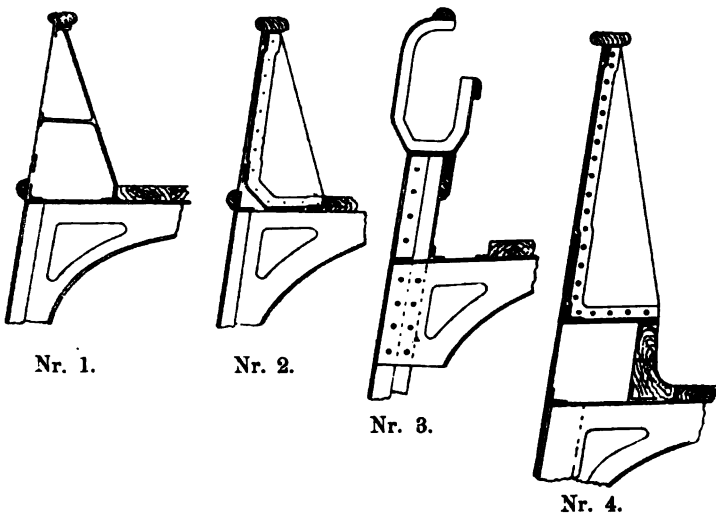
Beim Verstemmen von Stossfugen, wo die die Fuge bildenden Platten in einer Fläche liegen, wird in jeder der beiden Platten eine Kerbe von geringer Tiefe eingehauen, wodurch das Material zur Seite der Fuge mit grosser Kraft gegen dasjenige der benachbarten Platte gepresst wird; ausserdem wird dasselbe noch mit einem Verstemmeisen, welches statt einer Schneide eine hohl oder flach gearbeitete Endfläche besitzt, herunter gesetzt, wodurch der Querschnitt normal zur verstemmten Fuge und zwischen den eingehauenen Kerben eine schwach convexè Form annimmt. Uebrigens gehört das Verstemmen der wasserdicht sein sollenden Nähte zu denjenigen Arbeiten, welche mit der äussersten Sorgfalt ausgeführt werden müssen. Im Allgemeinen gilt die Regel, dass die Verstemmung um so zuverlässiger wird, je dicker die verstemmten Platten sind und dass bei geringen Plattenstärken dichter gestellte Niete in der der Fuge zunächst gelegenen Nietreihe zur Anwendung kommen müssen. Mit Bezug auf das Verstemmen von Winkeleisenflanschen ist zu bemerken, dass dasselbe nur dann in sachgemässer Weise zur Ausführung gelangen kann, wenn dieselben gut ausgewalzt, d. h. vollkantig und frei von überflüssig vorstehendem Material sind.

Die
Verschanzung.

Gewöhnlich reichen die Spanten eines eisernen Schiffes nur bis zum Oberdeck und stossen stumpf unter der Oberdeckstringerplatte ab, so dass letztere mittelst eines auf ihr liegenden ununterbrochen durchlaufenden Winkeleisens mit dem obersten Gang der Aussenhaut verbunden werden können. Das aus einem dünnen Plattengang hergestellte Schanzkleid entbehrt daher einer Abstützung durch Spantwinkeleisen. Es erhält seine Widerstandsfähigkeit nur durch seine Vernietung mit dem obersten Gange der Aussenhaut in Verbindung mit einer Anzahl binnenbords befindlicher Stützen aus Schmiedeeisen, deren Form aus Fig. 36 hervorgeht, welche einige der üblichen Constructionen von Verschanzungen zur Darstellung bringt. Ein Winkeleisen an der oberen Kante des Schanzkleidplattenganges gewährt demselben dort eine zweckmässige Versteifung und dient gleichzeitig einer hölzernen Railingsleiste als Auflage und zur Befestigung. Statt der geschmiedeten Stützen kann man auch an den Stellen, die der Festigkeit besonders bedürfen, z. B. zur Seite von Ladepforten oder anderen Oeffnungen im Schanzkleid, aus Platten und Winkeleisen zusammengesetzte Stützen zur Anwendung bringen, wie Nr. 2 der Fig. 36 zeigt.

Ist endlich die Verschanzung sehr hoch oder dient dieselbe gleichzeitig den Finkenetzkasten als Unterbau, so thut man am besten, die Spanten in beschränkter Anzahl, etwa jedes zweite, höher als das Oberdeck hinaufreichen zu lassen und dieselben als Schanzkleidstützen zu benutzen. Die Oberdeckstringerplatte wird dann in derselben Weise angeordnet wie bei den tiefer gelegenen Decks. Das Winkeleisen an der oberen Kante des Verschanzungsganges kann nicht mehr ein durchlaufendes sein, sondern besteht aus kurzen Stücken, die von Spant zu Spant reichen und welche entweder direct als Auflagefläche für die Railing dienen oder unter Vermittelung einer auf ihnen liegenden horizontalen Längsplatte diesen Zweck erfüllen. Gegebenen Falls dient die zuletzt erwähnte Platte, die übrigens schandeckelartig auf den Enden der Spanten liegt und mit denselben noch durch kurze Winkel-

Fig. 36.



eisenstücke verbunden ist, als Boden für die Hängemattskasten. Auf ihr werden dem Querschnitt der Hängemattskasten entsprechend geformte Winkelleisen durch Nietung befestigt, welche deren Längsbeplattung aufnehmen. Das Innere der Hängemattskasten ist mit einer Lattengrätig auszukleiden.

Um zu verhüten, dass Wasser zwischen die Spanten der Verschanzung und von da weiter nach unten in den Schiffsraum gelangt, werden dieselben innen entweder ganz mit Holz bekleidet oder nur soweit, als ein auf der Stringerplatte stehender und mit ihr durch ein durchlaufendes Winkelleisen verbundener an der Innenseite der Spanten liegender Plattengang solches nöthig macht. Nr. 3 von Fig. 36 zeigt die betreffende Anordnung im Querschnitt.

Ist ein Schiff sehr lang, so dass dessen obere Hälfte starke Druckbeanspruchungen aufzunehmen hat, so benutzt man den unteren Theil der Verschanzung dazu, um einen entsprechend grossen Widerstand gegen Druckbeanspruchungen zu schaffen. Dieser Theil geht dann ununterbrochen durch und zeigt einen kastenträgerartigen Querschnitt, ähnlich dem in Nr. 4 der Fig. 36.

Back und
Campagne.

Um eventuell im Bug eine Back und am Heck eine Campagne zu bilden, werden die Spanten bis zu der entsprechenden Höhe hinaufgeführt und mit Balken von leichten Profilen versehen, die ihrerseits Stringerplatten und andere Verstärkungen, wie die übrigen Decks, erhalten. Die äussere Beplattung dieser Theile eines Schiffes gehört zur Aussenhaut und muss dieselben Bedingungen erfüllen, wie diese. Sollen die Decks von Back und Campagne eine sogenannte Schildkrötenform erhalten, welche noch besser als die gewöhnlichen Decks das Uebernehmen von Wasser verhindern, so werden die Spanten mit einer entsprechenden Rundung und die Decksbalken ersetzend von Bord zu Bord geführt und vollständig beplattet.

Maschinen- und
Kessel-
fundamente;
Tunnel, Brunnen
u. s. w.

Mit Hilfe von Platten und Winkeleisen lassen sich mit Leichtigkeit die den speciellen Anordnungen von Maschine und Kessel entsprechenden Fundamente bilden, deren Querschnitte sich entweder zum Doppel T oder zu dem des kastenförmigen Trägers gestalten. Eine möglichst solide Verbindung dieser Theile mit den Querspanten und den Längsverbandstücken durch Nietung ist selbstverständlich geboten, um den Zusammenhang mit dem Schiffkörper als Ganzem herzustellen und jene Verbandstücke in demselben Verhältniss widerstandsfähiger zu machen, als sie durch das Gewicht von Maschinen und Kesseln und die Bewegung der Theile der ersteren einer höheren Beanspruchung ausgesetzt sind.

In den meisten Fällen ist es übrigens angängig, wenigstens für die Kesselfundamente die ohnehin vorhandenen Längsverbandstücke als solche zu benutzen, zu welchem Zwecke es gewöhnlich nur geringer Modificationen bezüglich der Dimensionen und Formen der Längsverbandstücke bedarf.

Am ungünstigsten stellt sich die Sache, wenn die Kessel von cylindrischer Form sind, da die Oberkante der Kesselträger alsdann eine kreisförmig concave Gestalt haben muss. Liegen solche Kessel mit ihren Achsen längsschiffs, so bedarf es bei einigen Querspanten entsprechend breiterer Bodenwrangplatten mit passenden Ausschnitten und doppelten Garnierungswinkeleisen an der Oberkante und eventuell einiger Versteifungen durch Platten und Winkeleisen in der Längsrichtung, um zweckmässige Kesselträger zu bilden.

Die Construction der Drucklager- und Laulagerfundamente lässt sich bei eisernen Schiffen ebenfalls wesentlich rationeller durchführen als bei hölzernen Schiffen. Auch hier sind Platten und Winkeleisen das gegebene Material, welches im Zusammenhang mit den vorhandenen Längsverbandstücken und den Querspanten zum Aufbau der genannten Theile dient. Gewöhnlich

sind drei über mehrere Querspanten reichende Längsträger vorhanden, von denen die Stegplatte des mittleren auf dem Kielschwein steht, mit welchem sie durch Nietung verbunden ist. Die beiden seitlichen Träger stehen, wenn in genügender Nähe Seitenkielschweine vorhanden sind, auf diesen oder direct auf der Aussenhaut und den Querspanten. Die Längsträger werden durch Querversteifungen verstärkt, die sich am passendsten in den Ebenen der Querspanten befinden und mit diesen und den Längsträgern vernietet sind. Die Oberkanten der Längs- und Querträger dienen einer stärkeren horizontalen schmiedeeisernen Platte zur Auflage, die eine solche Breite und Länge besitzt, dass die Befestigung des Drucklagers auf ihr bewirkt werden kann. Die Platte selbst ist mit Winkeleisen an den Quer- und Längsträgern des Fundaments befestigt. Von ihr aus nach vorn und hinten und nach den Seiten sind jene Träger in zweckmässiger Weise abgeschragt und wenn erforderlich in ihren Stegplatten mit Oeffnungen versehen. Die Fundamente für die Lauflager der Schraubenwelle werden in ähnlicher Weise wie die des Drucklagers construirt, jedoch mit Rücksicht auf deren geringere Beanspruchung nach Form und Dimensionen der zusammensetzenden Theile einfacher gehalten. Die Druck- und Lauflager der Schraubenschiffe befinden sich im Wellentunnel, einem aus Platten und Winkeleisen erbauten überdeckten Gange, welcher vom Maschinenraum bis zum Stopfbuchschott reicht. Der Querschnitt desselben muss in der Weise bemessen werden, dass er seinem nächsten Zwecke, die in ihm befindlichen Wellenlager und Kupplungen zugänglich zu machen, vollkommen entspricht. Man erreicht dieses mit einem Minimum an Flächeninhalt, wenn man den Querschnitt nicht symmetrisch zur Welle anordnet. Wie leicht ersichtlich, lassen sich die Fundamente zu den Druck- und Lauflagern mit dem Boden und den Seitenwänden des Tunnels in constructiven Verband bringen. Es würde sogar ein Fehler sein, wollte man diese Gelegenheit, die Widerstandsfähigkeit des Schiffes zu erhöhen, unbenutzt lassen. Dass die Begrenzungen des Tunnels, besonders bei langen Schiffen, auch die Festigkeit des Längsverbandes erhöhen, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Unter der Voraussetzung, dass die Seitenwände, der Boden und die Decke des Tunnels wasserdicht gearbeitet sind und dass dessen Zugang vom Maschinenraume her durch eine wasserdichte Thür verschliessbar ist, gewährt der Tunnel den weiteren Vortheil, dass er eine wasserdichte Unterabtheilung bildet, die im Falle einer grösseren Leckage dem Zufluss des Wassers und der dadurch bedingten Gewichtsvermehrung, oder was dasselbe sagen will, der Tiefgangsvermehrung des Schiffes entzogen werden kann. Mit Rücksicht auf diese hervorgehobenen Anforderungen geschieht die bauliche Ausführung des Tunnels. Zunächst sind Querverbandstücke aus Winkeleisen vorhanden, welche zur Aufnahme der Plattengänge der Seitenwände und der Decks dienen und sich am zweckmässigsten innerhalb des Tunnels befinden. Ihre unteren Enden sind der Spantform entsprechend

Der
Wellentunnel.

Der Tunnel
als wasserdichte
Abtheilung.

umgebogen, um sie mit diesen direct oder, wenn der Tunnelboden auf den Spanten liegt, unter Einschaltung des letzteren zu vernieten. Ist die Tunneldecke im Querschnitt halbkreisförmig gewölbt, so gehen die Querverbandstücke ununterbrochen von der einen Seite nach der anderen durch; ist die Decke dagegen flach, so kann man das horizontale Stück der betreffenden Winkeleisen als Balken betrachten und dasselbe besonders einsetzen, etwa mit dreieckigen Consolplatten an den Enden. Ist die Entfernung von Innenkante-Spanten bis Mitte Welle sehr gross, so muss entweder der Tunnelboden höher liegen als Innenkante-Spanten und sind alsdann für denselben Winkeleisenbalken erforderlich, die mit Hilfe von Consolplatten an den seitlichen Theilen der Querverbandstücke befestigt werden, welche Anordnung bei Handelsdampfern, wo der Raum unterhalb des Tunnels noch zum Stauen von Waaren benutzt werden soll, getroffen wird; oder es ist, wie bei den Schiffen der Marine, ein zweiter Boden innerhalb des Tunnels vorhanden, der als Fussboden beim Bedienen der Lager im Tunnel dient und aus Holz gefertigt werden kann. Die Anbringung der Tunnelbeplattung geschieht in Gängen mit verschiessenden Stössen in ähnlicher Weise, wie die Beplattung der Schotten; besondere Schwierigkeiten erwachsen nur bei der Beplattung des Tunnelbodens wegen der nach hinten zu schärfer werdenden Schiffsform; an dieser Stelle ist darauf zu achten, dass unterhalb desselben keine unzugänglichen Räume geschaffen werden, die die Conservierungsarbeiten in ihnen unmöglich machen.

Vermeldung unzugänglicher Räume unter dem Tunnel.

Doppelboden.

Eine Eigenthümlichkeit der eisernen Schiffe ist die Verwendung von Ballast in Form von Wasser. Dieselbe ist jedoch an die Bedingung geknüpft, dass das Ballastwasser bei den schlingernden und stampfenden Bewegungen des Schiffes seine Schwerpunktslage nicht verändere. Die Räume zur Aufnahme von Ballastwasser müssen daher von allen Seiten geschlossen und gegebenen Falls vollständig mit Wasser gefüllt sein. Andererseits müssen die Ballasträume so tief wie möglich liegen, um dem Schiffe die nöthige Stabilität zu geben, wenn dessen Laderäume mit einer specifisch leichteren Ladung vollgestaut sind, derart, dass es noch nicht auf seiner geladenen Wasserlinie liegt, oder wenn es ohne Ladung oder mit einer unvollständigen Ladung fahren soll. Endlich dürfen die Ballasträume dem eigentlichen Laderaume kein zu grosses Volumen entziehen, wenn man dieselben nicht so einrichten will, dass sie eventuell auch zum Stauen von Ladung benutzbar sind. Am einfachsten würden die angeführten Bedingungen erfüllt werden, wenn man die Querspanten etwa im Bereiche der Bodenwrangen, d. h. also von Kimm zu Kimm, von innen wasserdicht beplattete. Eine solche Beplattung würde dann für die Laderäume den Boden bilden, für das Schiff aber einen zweiten oder Doppelboden abgeben. Bei Schiffen, deren Bodenwrangen hinreichend hoch sind, kann die Einrichtung in der That so getroffen werden; wo dagegen niedrige Bodenwrangen vorhanden sind, wird eine Beplattung an deren Innenkante einen

Raum von zu geringem Volumen abschneiden, und in diesem Falle legt man den Doppelboden höher. Die Beplattung desselben ruht alsdann auf einem System von Längs- und Querträgern, die in Entfernungen von im Maximum etwa 1,25 Mtr. von Mitte zu Mitte angeordnet und im Allgemeinen als Doppel T Träger ausgeführt werden. Jedenfalls ist in der Symmetrieebene des Schiffes ein solcher Träger vorhanden, welcher dann als ein erhöhtes Kielschwein zu betrachten ist. Die Herstellung der Beplattung, welche im Allgemeinen mit einfacher Nietung ausgeführt wird, bietet nur an der Stelle, wo sie sich in der Kimm wasserdicht an die Aussenhaut anschliesst, einige Schwierigkeiten. Um diesen Anschluss zu bewirken, liegt der äussere Plattengang der Beplattung mit letzterer nicht in einer Ebene, sondern stets senkrecht zur Aussenhaut an der betreffenden Stelle, so dass die Innenkante dieses Ganges flanschartig gebogen werden muss, um mit dem übrigen Theil der Beplattung vernietet zu werden. In dem äussersten Plattengange sind ferner Oeffnungen für die Querspanten vorhanden, die mit Hülfe von Dichtungswinkeleisen wieder wasserdicht gemacht werden müssen. Mit der Aussenhaut erfolgt die Verbindung natürlich mittelst Winkeleisen.



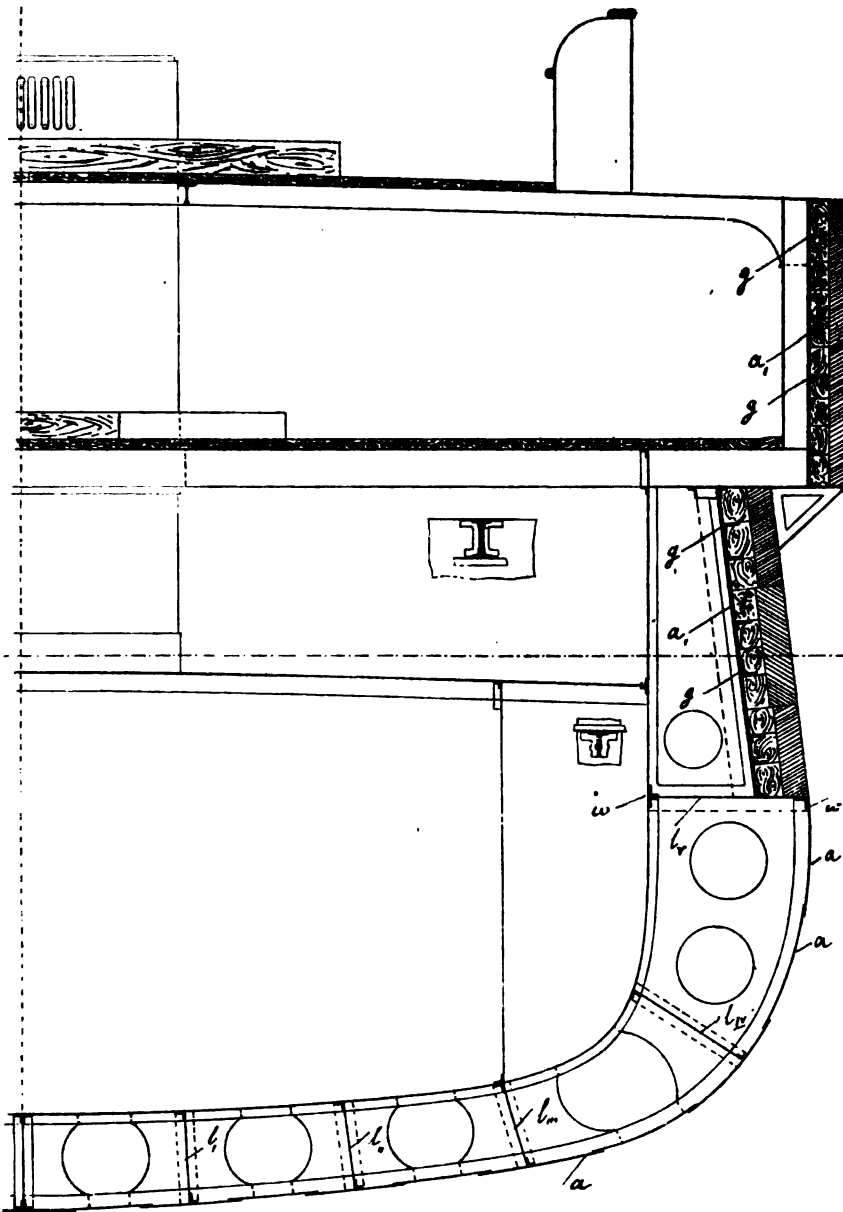
IV. Capitel.

Der Bau eiserner Schiffe nach dem Längsspantensystem.

Bei Schiffen von grosser Länge werden die Beanspruchungen auf Zug und Druck in der oberen und unteren Schiffshälfte besonders intensiv, so dass es behufs Innehaltung einer zulässigen Spannung pro Flächeneinheit erforderlich ist, die Querschnitte der in Betracht kommenden Längsverbandstücke zu vergrössern. Es ist jedoch aus Gründen, die im weiteren Verlaufe unserer Betrachtung einleuchten werden, üblich, an einer solchen Vergrösserung der Querschnitte nicht alle Längsverbandstücke participiren zu lassen. So geht man z. B. mit der Dicke der Aussenhautplatten nicht über eine solche Grenze hinaus, welche deren Bearbeitung zu schwierig machen würde. Liegt diese Grenze bereits vor, so ist man genöthigt, die übrigen Längsverbandstücke im Inneren des Schiffs, d. h. also die kielschweinartigen Theile in ihrem Querschnitt zu vergrössern. Für diese haben wir aber den doppelTförmigen Querschnitt als den vortheilhaftesten kennen gelernt und gerade dieser gestattet in ebenso einfacher als wirksamer Weise eine Steigerung der Widerstandsfähigkeit, indem man vorzugsweise dem Steg desselben erhöhte Dimensionen, speciell eine grössere Höhe giebt. Wenn man die Verbandstücke der fraglichen Art indessen wie beim Querspantensystem an der Innenkante der Querspanten anbringen wollte, würde man dadurch im Schiffsraume ein zu grosses Volumen der Benutzung entziehen; es erscheint demnach zweckmässig, diese Längsverbandstücke unmittelbar auf der Aussenhaut anzubringen, mit den durchgehenden Theilen die Querspanten zum Theil durchbrechend. Letzteres erscheint mit Rücksicht auf das in der Praxis beobachtete Verfahren zulässig, nach welchem die Innenkanten der Querspanten mit denen der in Rede stehenden Längsverbandstücke, für welche die Bezeichnung Längsspanten üblich geworden ist, binnenbords eine continuirlich gekrümmte Fläche bilden lässt, die, wenn auch nicht überall mit der Aussenhaut parallel, so doch mit derselben streckend ist. Dadurch erhalten die Querspanten und Längsspanten an allen Kreuzungsstellen dieselbe Höhe und weil die der letzteren sehr beträchtlich ist, liegt die Möglichkeit vor, den durchbrochenen Zusammenhang der Querspanten in hinreichendem Maasse durch Nietung wieder herzustellen. Die Bodenwrangen werden durch dies Verfahren sogar so hoch, dass eine

Begründung des
Längsspanten-
systems.

Fig. 37.



l l l l die Stege von durchbrochenen Längsspannten.

l l l l wasserdichtes Längsspannt.

l v der Panzerträger.

Die Querschnitte der Balken sind mit ihren Dichtungswinkeln umgeben.

w w die äusseren und inneren Winkel am Panzerträger.

a a a Plattengänge der Aussenhaut.

a1 a1 doppelte Beplattung hinter dem Panzer.

g g die Gürtelwinkel hinter dem Panzer.

geringere Anzahl, auf die ganze Länge des Schiffes vertheilt, genügt, um das grösste Querschiffsbiegemoment aufzunehmen, mit anderen Worten die vergrösserte Höhe der Bodenwrangen compensirt nicht nur den Umstand, dass sie von sämtlichen Längsspannten durchbrochen werden, sondern auch ihre grössere Distanz. Letztere beträgt circa 1,20 Meter. In Fig. 37 sind die Längsspannten mit l_I , l_{II} , l_{III} . . . bezeichnet.

Grössere Distanz der Querspannten.

Construction der Längsspannten.

Ist ein äusserlich vorstehender Kiel nicht vorhanden, so kann man auch den innerhalb der horizontalen Kielplatten befindlichen, aus Platten und Winkeleisen gebildeten, doppelTförmigen Träger zu den Längsspannten rechnen, welche ähnlich construirt sind wie jener; sie bestehen nämlich aus den Stegplatten und den an deren Längskanten aussen und innen befindlichen Winkeleisen, welche einerseits zur Verbindung der Stegplatten mit der Aussenhaut, andererseits mit der Beplattung des doppelten Bodens oder, wo ein solcher nicht mehr vorhanden ist, mit einem senkrecht zur Ebene des Stegs befindlichen Plattenstreifen dienen, der den inneren Flansch des DoppelT abzugeben hat. Der Steg der Längsspannten steht mit seinen Flächenelementen an jeder Stelle möglichst senkrecht zur Aussenhaut und zwar in der Regel auf einem abliegenden Gange; letzteres gilt auch für den entsprechenden Plattengang der Beplattung des doppelten Bodens. Man hat demnächst dafür Sorge zu tragen, dass das Längsspannt in einem möglichst grossen Theile seiner Länge auf den betreffenden Plattengängen der Aussenhaut und des doppelten Bodens bleibt, um dadurch einen continuirlichen DoppelT Träger von ausserordentlich grossem Widerstande zu erhalten, dessen Steg die Stegplatte des Längsspannts und dessen Flanschen die betreffenden Plattengänge sind. Die Stegplatten werden so lang wie möglich genommen, und zwei auf einander folgende durch doppelte Nahtstreifen verbunden. Von den Längsspanntwinkeleisen lässt man meist das eine continuirlich durchgehen, indem man dessen Stösse durch Stosswinkeleisen verbindet, während man das andere nur von Querspannt zu Querspannt reichen lässt.

Längsspannten kürzerer Schiffe.

Ist das Schiff kurz und breit, demnach das Längsschiffsbiegemoment relativ klein und das Querschiffsbiegemoment gross, so genügt es, eventuell von den Theilen der Längsspannten nur die Stegplatten ununterbrochen durchgehen zu lassen, die inneren und äusseren Winkeleisen dagegen an den Querspannten zu unterbrechen, um dadurch die entsprechenden Querspanntwinkeleisen querschiffs ununterbrochen durchgehen lassen zu können. Als Ganzes reichen die Längsspannten in der Regel von Steven zu Steven. Um jedoch in der Nähe der letzteren den Raum zwischen zwei benachbarten Längsspannten nicht zu klein zu bekommen, lässt man eins oder mehrere schon in einer gewissen Entfernung von den Steven aufhören. Als geeigneten Endpunkt für diese kürzeren Längsspannten bietet sich das vorderste resp. das hinterste wasserdichte Querschott oder das nächste dar. Zwischen dem Steven und dem nächsten Querschott lässt man die Stegplatten der

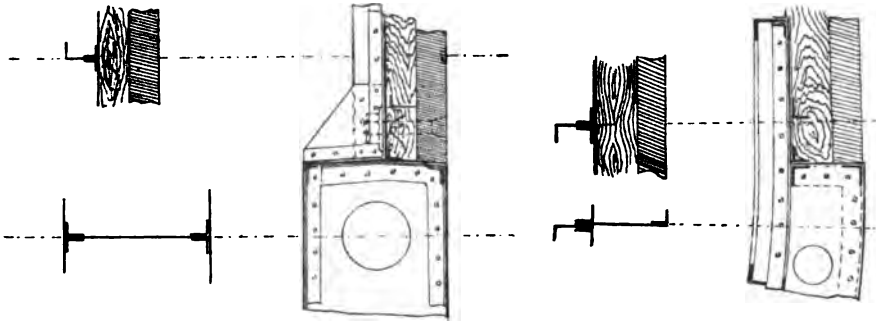
Durch die Längsspannten gebildete Räume an den Enden des Schiffes.

symmetrischen Steuerbord- und Backbordlängsspannten in eine einzige Beplattung übergehen, so dass der betreffende Raum in $n + 1$ wasserdichte Unterabtheilungen getheilt wird, wenn n Paar Längsspannten in der ange deuteten Weise zu einer wasserdichten Plattform gestaltet werden. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Stösse der Stossplatten, der durchlaufenden Winkeleisen, der betreffenden Aussenhautplatten u. s. w. in zweckmässiger Weise verschlossen müssen.

Von den Längsspannten zeichnen sich gewöhnlich zwei besonders aus, nämlich dasjenige, welches sich in der Gegend der Kimm befindet und dasjenige, welches bei Panzerschiffen an der unteren Begrenzung der Panzerung vorhanden ist. Beide sind wasserdicht hergestellt, und zwar ersteres, um dadurch den Raum zwischen Doppelboden und Aussenhaut in Verbindung mit dem ebenfalls wasserdichten in der Symmetrieebene gelegenen Längsspannt querschiffs in 4 wasserdichte Unterabtheilungen zu zerlegen, letzteres

Die wasserdichten Längsspannten.

Fig. 38.

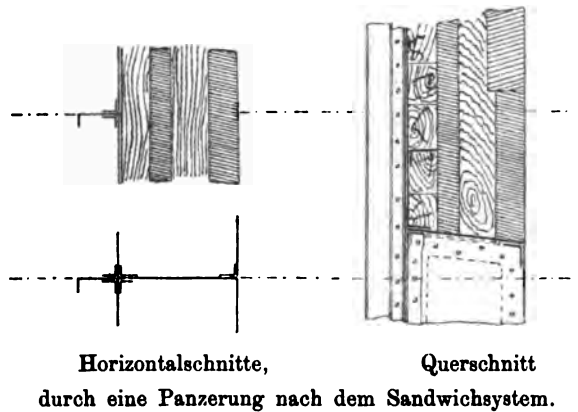


weil es gewissermassen ein Theil der Aussenhaut ist, indem es die Grenze bildet zwischen der Beplattung unterhalb des Panzers und derjenigen hinter dem Panzer. Letztere liegt um die Dicke der eigentlichen Panzerung der Symmetrieebene des Schiffes näher, so dass die Stegplatte des betreffenden Längsspannts eine mehr oder weniger horizontale Stufe bildet, auf welcher die Unterkante der Panzerung im Querschnitt ruhend erscheint. Aus diesem Grunde wird das betreffende Längsspannt auch Panzerträger genannt. Der Panzerträger. Mit Rücksicht auf diesen besonderen Zweck, sowie im Zusammenhang mit den Dimensionen und der Art der Panzerung, ferner mit Rücksicht auf die Verbindung des Querspanntensystems oberhalb und unterhalb des Panzerträgers und endlich auf die unmittelbar hinter dem Panzer befindlichen Räume fällt die besondere Construction des Panzerträgers bei verschiedenen Schiffen verschieden aus. Die Fig. 37, 38 und 39 stellen einige der in der Praxis zur Anwendung gekommenen Constructions von Panzerträgern dar.

In Fig. 37 ist die mit $l\gamma$ bezeichnete Platte die Stegplatte des Panzerträgers; $w w$ sind die äusseren und inneren Winkleisen, welche beide ununterbrochen durchlaufen; a ist die Aussenhaut unterhalb des Panzers, a_1 die aus zwei Plattenlagen bestehende Aussenhaut hinter dem Panzer; $g g$ sind die Gürtelwinkleisen u. s. w. In den Figuren ist auch die Verbindung des Spantensystems hinter dem Panzer und unterhalb desselben berücksichtigt, auf deren Einzelheiten weiter unten eingegangen werden soll.

Die nicht wasserdichten Spanten erhalten an geeigneten Stellen in den Stegplatten kleinere Oeffnungen zum Durchlassen von Leckwasser resp. Ballastwasser, wenn die Räume zwischen Aussenhaut und Doppelboden als Ballasträume benutzt werden sollen; ausser diesen kleinen

Fig. 39.



Erleichterungs-
löcher in den
Längsspannten.

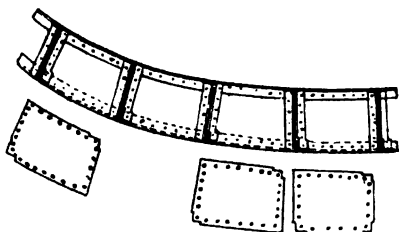
Oeffnungen aber noch grössere ovale Löcher, die zum Theil den Zweck haben, diese Räume in allen ihren Theilen zugänglich zu machen, zum Theil dazu dienen, die Längsspannten zu erleichtern. Diese grösseren Oeffnungen werden natürlich an solchen Stellen nicht angeordnet, wo sich die Stösse der Stegplatten befinden. Die gewöhnliche Anordnung besteht darin, dass in einem Querspanntzwischenraum um den andern in der Stegplatte ein und desselben Längsspannts ein Erleichterungsloch vorhanden ist.

Die Querspannten
bei nach dem
Längsspannten-
system erbauten
Schiffen.

Da das Längsspanntensystem nur in der unteren Hälfte des Schiffes, bei Panzerschiffen nur von der Unterkante-Panzerung abwärts voll ausgebildet ist, so beschränken sich die durch die Längsspannten bedingten Abweichungen in der Construction der Querspannten ebenfalls nur auf diesen Theil des Schiffes. Die Querspannten gewöhnlicher Construction haben als wesentlichen Bestandtheil im Boden des Schiffes die von Kimm zu Kimm durchgehende Bodenwringplatte. Bei voll ausgebildetem Längsspanntensystem wird die Bodenwringplatte dagegen von sämtlichen Längsspannten mit

Ausnahme des am weitesten von der Symmetrieebene befindlichen, bei Panzerschiffen den Panzerträgern, durchbrochen. Die Bodenwrangen bestehen daher aus mindestens so viel einzelnen Stücken als, ausser dem in der Symmetrieebene liegenden, Längsspannten vorhanden sind. Die Form

Fig. 40.

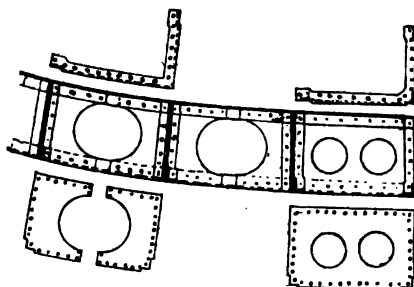


der Stücke richtet sich natürlich nach dem zwischen zwei auf einander folgenden Längsspannten in der Ebene des Querschnitts auszufüllenden Raum, speciell sind an denjenigen Ecken der Querspanntplatten, welche auf die durchgehenden Längsspanntwinkleisen stossen, Ausschnitte für letztere angebracht. Die Platten derjenigen Spannten, welche als wasserdichte zu fungiren haben, sind voll gehalten, d. h. weder mit Speigaten noch mit Erleichterungslöchern versehen, oder aus zwei Theilen gebildet.

Wasserdichte Querspannten.

Fig. 40 stellt einen Theil eines wasserdichten Querspannts dar, dessen Bodenwrangplatten besonders gezeichnet erscheinen. Fig. 41 dagegen ein nicht wasserdichtes Querspannt mit ebenfalls besonders gezeichneten Bodenwrangplatten, von denen die im ersten Längsspanntzwischenraum mit kreisförmigen Erleichterungslöchern versehen sind, während die übrigen aus zwei

Fig. 41.



Theilen bestehen. Letztere heissen im Englischen „bracket plates“, weshalb das Bausystem mit Längsspannten auch Bracket-System genannt wird, da dergleichen Constructionen nur in Verbindung mit Längsspannten in erhöhter Anzahl vorkommen. Als deutsche Bezeichnung für das Bracket-System ist der Ausdruck Stützplatten-System eingeführt worden.

Bracketssystem.

Die Querspannt-
winkel.

An den Aussen- und Innenkanten sämmtlicher Bodenwranplatten sind die äusseren und inneren Querspannwinkelleisen vorhanden und durch Nietung mit ihnen verbunden. Diese Winkelleisen stehen mit den äusseren und inneren Längsspannwinkelleisen in dem Falle, dass die gleichnamigen in continuirlicher Fläche liegen, wie solches bei der Aussenhaut immer zutrifft, in der Beziehung, dass da, wo bei der einen Gruppe von Verbandstücken die Winkelleisen durchlaufende sind, bei der anderen Gruppe unterbrochene Winkelleisen vorhanden sind. So sind z. B. bei S. M. S. „Preussen“ die inneren Querspannwinkelleisen durchlaufende, mithin die inneren Längsspannwinkelleisen nicht durchlaufend, sondern nur von Querspannt zu Querspannt reichend, oder bei S. M. S. „Oldenburg“ sind sowohl die äusseren als die inneren Querspannwinkelleisen im Allgemeinen durchlaufend und demnach die Längsspannwinkelleisen aussen und innen entsprechend unterbrochen.

Verbindung der
Bodenwran-
platten mit den
Stegplatten der
Längsspannten.

Zur Befestigung der Bodenwranplatten an den Stegplatten der Längsspannten dienen kurze Winkelleisenstücke, die in der Regel mit den nicht durchlaufenden Winkelleisen der Längsspannten oder der Querspannten, zu denen sie im Allgemeinen rechtwinklig stehen, aus einem Stück bestehen, wie dies bezüglich der äusseren Querspannwinkelleisen in Fig. 41 S. 139 dargestellt ist. Für die wasserdichten Querspannten ist dies Verfahren nothwendig, um eine möglichst zusammenhängende Fuge zwischen den Flanschen des betreffenden Winkelleisens und der anliegenden Beplattung zur Verstimmung zu bekommen.

Längsspannten bei
Handelsschiffen.

Bei grösseren besonders langen Dampfern der Handelsmarine bringt man in neuerer Zeit ebenfalls Längsspannten zur Anwendung, welche sich von denen der Kriegsschiffe, speciell der Panzerschiffe, nur wenig unterscheiden. Die Construction ist an die Bedingung geknüpft, dass das Schiff im Boden einen Wasserballasttank von hinreichender Längenausdehnung besitzt, dessen nach dem Innern des Schiffes zu gelegener, durch eine eiserne Beplattung bewirkter Abschluss mit einem doppelten Boden gleich zu achten ist, derart, dass durch Anordnung der Längs- und Querspannten zwischen diesem doppelten Boden und der Aussenhaut eine Einbusse an Stauraum nicht entsteht. Die Anordnung der Längs- und Querspannten bei der Handelsmarine ist aus dem in Fig. 42 dargestellten Querschnitt ersichtlich. Das wesentlichste dabei ist die noch weiter getriebene Vereinfachung der Querspannten, die allerdings zur Folge hat, dass eine Reducirung der Zahl derselben nicht in dem Maasse wie bei Kriegsschiffen stattfinden darf.

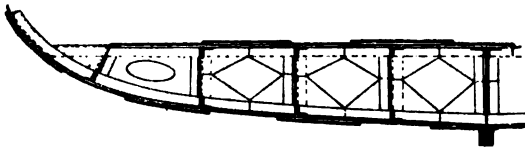
Verstärkung des
Längsverbands in
der oberen
Schiffshälfte.

Die eigentlichen Längsspannten beschränken sich auf die untere Schiffshälfte. Es soll damit nicht gesagt sein, dass der Längsverband in der oberen Schiffshälfte bei den in Rede stehenden Schiffstypen keiner entsprechenden Vergrösserung seines Widerstandsvermögens bedarf, sondern nur darauf hingewiesen werden, dass dies in anderer Weise leichter zu erreichen ist als mit Hülfe von Längsspannten. Die Beschränkung des

inneren Schiffsraumes ist ausserdem ein Grund, der für Kriegs- und Handelsschiffe in gleichem Maasse zwingend ist, nach dem Inneren des Schiffes hineinragende und Raum stehende Constructions zu vermeiden. Dieselben werden bei Handelsschiffen ersetzt durch die Wahl dickerer Aussenhautplatten, eventuell deren Verdoppelung in den höchst gelegenen Gängen, durch die Stringerplatten resp. deren Erweiterung zu einer vollen Beplattung des Oberdecks etc., bei Kriegsschiffen durch ähnliche Mittel und speciell bei Panzerschiffen durch Einführung der sogenannten Gürtelwinkelleisen, die statt an der Innenseite im Bereiche der Panzerung an der Aussen-
 Die Querspanten ausserhalb des Bereichs der Längsspanten.

seite der eigentlichen Aussenhaut liegen. Die Querspanten weichen daher in der oberen Hälfte des Schiffes nur unwesentlich von der gewöhnlichen Construction ab. Bei Handelsschiffen ist ein äusseres Spantwinkelleisen mit dem entsprechenden inneren zu dem üblichen \perp förmigen Querschnitt combinirt. Ersteres ist an seinem unteren Ende, wo es auf das wasserdichte Längs-

Fig. 42.



Querschnitt durch den Boden eines nach dem Längsspantensystem erbauten Schiffes; die vertikalen, dicker gezogenen Linien stellen die Stegplatten der Längsspanten dar. Die drei rautenförmigen Oeffnungen werden durch die in jedem Längsspantenzwischenraum aus 4 Stücken bestehenden Bodenwrangplatten freigelassen. Der Kiel ist aus Flacheisen mit centraler Mittelplatte gebildet.

spant stösst, scharf umgebogen, so dass es mit der Stegplatte des Längsspants eventuell unter Anwendung einer dreieckigen Stützplatte vernietet werden kann. Bei Panzerschiffen haben die Querspanten hinter dem Panzer den in den Figuren 38 und 39 dargestellten Querschnitt, d. h. es sind zwei äussere Spantwinkelleisen vorhanden, die mit den besonders breit gehaltenen, im Querschnitt des Schiffes liegenden Flanschen des inneren Spantwinkelleisens vernietet sind. Als Grund für die doppelten äusseren Spantwinkelleisen hinter dem Panzer ist die dadurch erreichte bessere Abstützung der Aussenhaut an dieser Stelle anzusehen, die mit Rücksicht auf die Funktion des Panzers als solchen nothwendig ist. Ausserdem haben Schiessversuche auf Scheiben, welche einen Theil der gepanzerten Schiffseite mit auf diese Weise angeordneten Querspanten darstellten, die Zweckmässigkeit der Construction dargethan. Dieselbe gestattet ferner eine ungezwungene Verbindung

der Spanten hinter dem Panzer mit dem Querspantensystem unterhalb des Panzers und im Bereiche der Längsspanten.

Querspanten
oberhalb eines
Gürtelpanzers
resp. eines
Panzerdecks.

Besitzt ein Schiff einen Gürtelpanzer oder ein gepanzertes Deck, oberhalb deren der Schiffskörper in der gewöhnlichen Weise beplattet ist, so sind die dort erforderlichen Spanten ebenso einfach, wie die eines gewöhnlichen, nach dem Querspantensystem erbauten Schiffes. Um die Verbindung mit dem unteren Theile des Schiffes herzustellen, sind sie an ihrem unteren Ende im Allgemeinen rechtwinklig umgebogen und unter Anwendung einer dreieckigen Stützplatte mit der Decksbeplattung oberhalb des Panzergürtels vernietet, resp. mit dem Deckspanzer durch Schrauben verbunden.

Der Bau der Schiffe nach dem Compositesystem.

Combination von
Holz und Eisen.

Schiffe, deren Querspantensystem und deren Hauptlängsverbandstücke aus Eisen bestehen, während die Aussenhaut aus Holz gefertigt ist, heissen Compositeschiffe. Der Grund für eine solche Combination von Eisen und Holz liegt vorzugsweise in der grösseren und länger vorhaltenden Festigkeit eines Spantensystems aus Eisen, im Gegensatz zu einem solchen aus Holz, während gleichzeitig die Beplankung des eisernen Spantensystems mit Holz die Anwendung eines kupfernen oder bronzenen Bodenbeschlags zur Verhütung des Bewachsens des Schiffsbodens gestattet.

Das Spanten-
system von Com-
positeschiffen.

Das Spantensystem eines Compositeschiffes zeigt von demjenigen eines eisernen Schiffes derselben Form keine wesentlichen Abweichungen, so dass es einer eingehenden Beschreibung desselben an dieser Stelle nicht bedarf. Auch die binnenbords liegenden, aus Eisen gefertigten Längsverbandstücke sind analog denen eines eisernen Schiffes. An Längsverbandstücken auf Aussenkante-Spanten sind vom eisernen Schiffe diejenigen Gänge der Beplattung geblieben, welche am meisten zum Widerstandsmoment des Querschnitts des Schiffes beitragen, d. h. die am weitesten von der neutralen Schicht entfernt gelegenen Gänge in der Höhe des Oberdecks und der Kielconstruction. Ferner hat man die ursprünglich dem Holzschiffe eigenthümlichen Diagonalschienen bei den Compositeschiffen zur Anwendung gebracht; dieselben liegen ebenfalls auf der Aussenfläche der Spanten und reichen, sich paarweise rechtwinkelig kreuzend, von jenem höchst gelegenen Plattengange bis zur Kimm, wo sie an einem zu diesem Zwecke vorgesehenen Kimmgange endigen. Diese Diagonalschienen erhalten auf jedem von ihnen gekreuzten Spantwinkleisen zwei Niete zur Befestigung

Diagonalverband
bei Composite-
schiffen.

und sind deren Enden oben und unten mit den dort vorhandenen Plattengängen unter Anwendung von Laschenplatten durch Nietung verbunden.

Was die Kielconstruction betrifft, so ist zu beachten, dass die Plankengänge neben dem Kiel in einer Sponung eines hölzernen Kiels liegen müssen und ein hölzerner Kiel sich in zweckmässiger Weise mit der bei Panzerschiffen üblichen Kielconstruction Nr. 4 Fig. 28 combiniren lässt. Bei Compositeschiffen bedarf es indessen nur einer Plattenlage, weil die zweite Lage durch den Holzkiel ersetzt wird.

Die Kiel-
construction.

Da auch die an den beiden Steven endigenden Planken von einer Sponung aufgenommen werden müssen, so ergibt sich als Querschnitt der Stevenconstruction eine ähnliche Figur wie für den Querschnitt des Kiels, d. h. soweit die Steven aus Eisen gefertigt sind, bestehen dieselben aus Platten mit umgebogenen Rändern, gegen deren querschiffs gelegenen Fläche die mit Sponungen versehenen hölzernen Steven und Binnensteven gebolzt werden können. Mit Rücksicht auf die Form des Schiffes und mit Bezug auf specielle örtliche Verhältnisse kann man häufig von einer eigentlichen Construction aus Eisen absehen und statt derselben das vorderste resp. hinterste Spant als wasserdichtes Schott ausführen, gegen dessen Beplattung die hölzernen Steven gebolzt werden, etwa entstehende Ecken seitlich von den Steven mit Holz ausfüllend.

Die Steven.

Die Beplankung von Compositeschiffen besteht entweder aus einer oder aus zwei Plankenlagen, die längsschiffs in Form von Gängen angeordnet werden. Die Stösse der Planken eines Ganges der einfachen Beplankung liegen nicht auf den Spantwinkleisen, sondern zwischen je zwei aufeinander folgenden, durchweg in gleichen Distanzen von 450 mm stehenden Spanten. Um ihnen dort Auflagefläche zu verschaffen, werden die beiden benachbarten Spanten durch eine kurze eiserne Platte von der Breite des betreffenden Plattenganges mit einander verbunden; auf ihnen erhalten die beiden zusammenstossenden Planken ihre Befestigung mit je zwei Schraubbolzen. Sind zwei Plankenlagen vorhanden, so gilt das bezüglich der Stösse gesagte für den inneren Plankengang. Dass die Stösse in zweckmässiger Weise, ähnlich wie bei Holzschiffen, verschossen müssen, bedarf kaum der Erwähnung. Die Breite der Planken darf 300 mm nicht übersteigen. Die Befestigung derselben an den Spanten resp. an den auf den Spanten befindlichen Plattengängen und Diagonalschienen erfolgt mittelst von aussen nach innen wasserdicht eingesetzter Schraubbolzen mit runden, mit Schlitz versehenen Köpfen und binnenbords aufgeschraubten Muttern. Sind die Planken breiter als 250 mm, so erhalten dieselben doppelte Befestigung, d. h. 2 Bolzen pro Spant; sind sie schmaler als 210 mm, so tritt einfache Befestigung ein und bei den zwischen diesen Grenzen liegenden Breiten abwechselnd einfache und doppelte Befestigung. Der Holzkiel erhält einen Schraubbolzen zwischen je zwei aufeinander folgenden Spanten. Die Bolzenköpfe liegen vertieft im Holze, und werden die Löcher über denselben mit einem zweckentsprechenden Kitt oder mit einem Holzpfropfen wasserdicht

Die Beplankung.

Die Befestigung
der Planken.

Das Material der Befestigungsbolzen.

geschlossen. Das Material der Befestigungsbolzen ist für zu kupfernde Schiffe auf $\frac{4}{6}$ der Höhe des Schiffes von unten gerechnet, stets Kupfer oder Bronze. Soll das Schiff nicht gekupfert werden und auch keinen Beschlag aus Yellowmetall erhalten, sondern mit Zink beschlagen werden, so können die Bolzen aus verzinktem oder aus blossem Eisen bestehen. Will man bei einem zu kupfernden Schiffe eiserne Bolzen verwenden, so muss dasselbe eine zweite Plankenlage erhalten. Diese muss mit Spikern, Durchbolzen oder Holzschrauben aus Kupfer oder Bronze an der inneren Plankenlage unter sorgfältiger Vermeidung des innen liegenden Eisens befestigt werden. Sind zwei Lagen Aussenhautplanken vorhanden, so braucht die Dicke einer jeden Lage nicht viel grösser als die Hälfte der Plankendicke eines Schiffes von derselben Grösse mit nur einer Plankenlage zu sein. Ferner lässt sich bei zwei Plankenlagen mit Vortheil für die Festigkeit des Schiffes entweder eine derselben oder beide in diagonaler Richtung anbringen, in welchem Falle für die Enden der Diagonalplanken in entsprechenden längsschiffs verlaufenden Plankengängen Sponungen anzubringen sind. Werden die beiden Plankenschichten in einer Ausdehnung von dem Plankengange neben dem Kiel bis zum Oberdeck in diagonaler Richtung angebracht, so wird die dadurch erlangte erhöhte Festigkeit für so beträchtlich erachtet, dass der eiserne Kimmgang und die eisernen Diagonalschienen entbehrlich werden.

Diagonale Beplankung.

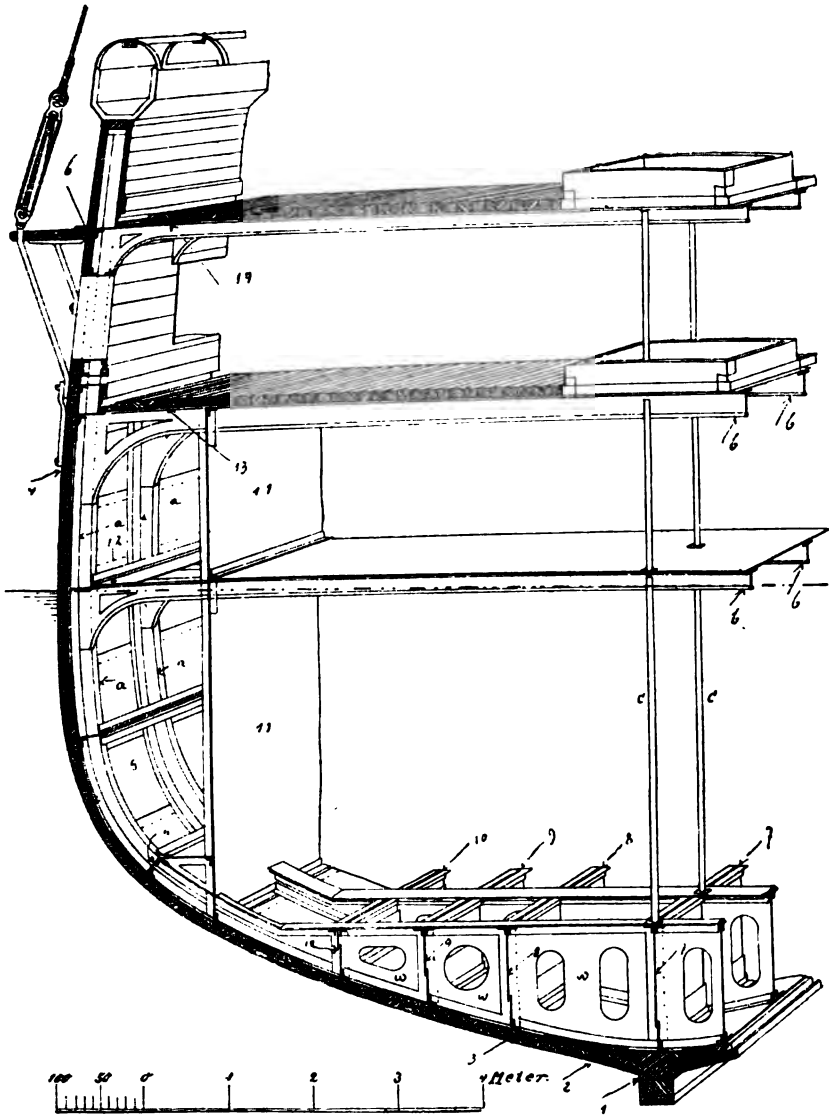
Die Abdichtung.

Die Abdichtung der Plankennähte muss bei Compositeschiffen besonders sorgfältig ausgeführt werden. Bei zu kupfernden Schiffen ist dabei nicht allein auf eine ausreichende Wasserdichtigkeit zu rücksichtigen, sondern gleichzeitig auf die Erzielung einer möglichst vollkommenen Isolirung des kupfernen Bodenbeschlages von dem Eisen des Schiffskörpers hinarbeiten, was bei Schiffen mit zwei Plankenlagen die Abdichtung der Nähte beider Lagen in besonders sorgfältiger Ausführung bedingt. Zu demselben Zwecke bedient man sich zwischen den beiden Plankenlagen einer isolirenden Zwischenschicht, z. B. aus getheertem oder geöltem Filz. Die Anbringung des Bodenbeschlages selbst erfolgt in derselben Weise wie bei gewöhnlichen Holzschiffen.

Eiserne Schiffe mit einem Bodenbeschlag aus Kupfer.

Die Nothwendigkeit, eiserne Schiffe mit einem das Bewachsen des Bodens einschränkenden Beschlage zu versehen, ist besonders für solche, welche zum Befahren tropischer Gewässer bestimmt sind, eine fast unabwiesbare. Die bisher erfundenen, Anwuchs verhindernden Anstriche eiserner Schiffsböden leiden nämlich alle, wenigstens an dem Fehler einer geringen Dauerhaftigkeit und sind daher im günstigsten Falle nur für Schiffe zu verwenden, welche die heimischen Gewässer nicht auf längere Zeit verlassen und daher zur Erneuerung des Bodenanstrichs öfter docken können.

Fig. 43.



- | | |
|---|---|
| <p>1 Der Holzkiel, darunter die Loskiel, darüber die eiserne Kielplatte.
 2 Die äussere Plankenlage.
 3 Die innere Plankenlage.
 4 Die einfache Beplankung über Wasser.
 5 Die eiserne Aussenhaut.
 6 Der doppelte Plattengang seitlich vom Oberdeck.
 7 Das Kielschwein in Form eines hohen DoppelT.</p> | <p>8, 9 u. 10 Seitenkielschweine als DoppelT mit der Aussenhaut in Verband.
 11 Die Kohlenbunkerschotten.
 12 Die Stringerplatte des Zwischendecks.
 13 u. 14 Die Stringerplatte des Batterie- u. Oberdecks.
 a Die Spanten.
 b Die Balken.
 c Die Deckstützen.
 w w Die Bodenwrandplatten.</p> |
|---|---|

Erfahrungsmässig haftet der vorzugsweise aus Muschelthieren bestehende Anwuchs der Schiffsböden am wenigsten auf einer Oberfläche aus reinem Kupfer. Ganz frei von Anwuchs bleibt allerdings auch Kupfer nicht, wenigstens nicht bei stillliegenden Schiffen. Die Adhäsion ist indessen klein genug, dass derselbe in Folge der auf der Oberfläche des benetzten Theiles des Bodenbeschlags entstehenden Strömungen abfällt, sobald das Schiff eine gewisse Fahrt annimmt.

Isolirung des
Kupferbeschlags.

Es ist nothwendig, dass die Anbringung eines kupfernen Bodenbeschlags auf dem eisernen Schiffskörper, wegen der galvanischen Beziehungen dieser beiden Metalle, in solcher Weise bewirkt wird, dass das Kupfer des Beschlags vom Eisen des Schiffskörpers galvanisch möglichst vollkommen isolirt wird. Ist dies nicht der Fall, so tritt bekanntlich eine Zersetzung des Wassers in seine Bestandtheile, Wasserstoff und Sauerstoff, ein, von denen ersterer sich auf dem Kupfer niederschlägt und, dasselbe vor weiterer Zersetzung schützend, ihm die Eigenschaft der Verhinderung des Bewachsens nimmt, während der Sauerstoff sich an den durch das Eisen des Schiffskörpers gebildeten Pol begiebt und dieses einer lebhaften Oxydation unterwirft. Das Oxydationsprodukt ist in Folge der Gegenwart von überschüssigem Wasser Eisenrost, der erfahrungsmässig nicht die Eigenschaft hat, die unter ihm befindlichen Eisentheile vor der weiter eindringenden Oxydation zu schützen, so dass der Process im Gange bleibt, so lange unoxydirtes Eisen vorhanden ist. Hiernach ist eine unvollkommene Isolirung eines kupfernen Bodenbeschlags in doppelter Weise schädlich, erstens wird der Zweck desselben überhaupt vereitelt und zweitens, weil die Substanz des eisernen Schiffskörpers zerstört wird. Zeigt sich daher auf einem Bodenbeschlage ein beträchtlicher und festhaftender Anwuchs in Verbindung mit einer nicht oxydirten, d. h. einer nicht grün gewordenen Oberfläche des Kupfers, so würde auf mangelhafte Isolation und damit auf Rostbildung am eisernen Schiffskörper zu schliessen sein. Aus Vorstehendem geht ferner hervor, dass bei einem Bodenbeschlage aus Kupfer die Eigenschaft, den Muschelanzwuchs nicht an seiner Oberfläche haften zu lassen, auf dem Umstande beruht, dass dasselbe unter der Einwirkung des Seewassers, in Verbindung mit dem in demselben suspendirten Sauerstoff, als solches an seiner Oberfläche eine chemische Zersetzung eingeht und zwar unter Bildung von solchen Kupferverbindungen, welche vermöge ihrer Löslichkeit in Seewasser oder weil sie hygroskopisch sind, eine so lockere Consistenz besitzen, dass sie durch den Wasserstrom bei in Fahrt befindlichem Schiffe fortgespült werden, natürlich den Anwuchs, soweit er nicht zufällig auf eine metallisch reine Stelle der Oberfläche des Kupfers gerathen ist, mit sich nehmend.

Folgen einer
mangelhaften
Isolirung.

Wirkungsweise
des isolirten
Bodenbeschlags.

Eine möglichst vollkommene Isolation ist demnach bei der praktischen Ausführung der Kupferung eines eisernen oder stählernen Schiffes bei weitem die Hauptsache. Sie wird in ähnlicher Weise erreicht, wie bei einem gekupferten Compositeschiffe mit zwei längsschiffs gerichteten Planken-

lagen. Wie bei jenem wird auch hier die innere Lage mit eisernen Schraubbolzen an der Beplattung des Schiffes befestigt. In letzterer sind zu dem Ende, abweichend von den Compositeschiffen, gebohrte und mit Muttergewinde versehene Löcher vorhanden, welche zur Aufnahme des Gewintheiles der Befestigungsbolzen dienen. Diese sind in ihrer Länge so bemessen und werden so weit eingeschraubt, dass sie binnenbords noch mit Unterlegscheibe und Mutter versehen werden können und dass andererseits der runde, mit einem Schlitz oder vertieften Vierkant zum Aufstecken eines Schraubenschlüssels versehene Kopf circa 25 mm. in der Planke versenkt liegt. Mit Hülfe der Befestigungsschrauben werden die Planken in solcher Weise an die eiserne Beplattung des Schiffes herangezogen, dass sie möglichst dicht auf derselben schliessen. Um indessen keinerlei Zwischenräume zwischen den Holzplanken und dem Eisen des Schiffskörpers bestehen zu lassen, bedient man sich an dieser Stelle eines plastischen Stoffes als Zwischenlage, der gleichzeitig die Eigenschaft besitzt, ein guter Isolator zu sein. Bei unseren bisher gebauten Schiffen hat man sogenannten Marineleim, eine Auflösung von Gummi in kohlenwasserstoffhaltigen Flüssigkeiten, zu dem angedeuteten Zwecke verwandt, indem man die Beplattung des Schiffes oder die Innenseite der aufzulegenden Planken dick mit diesem Stoffe bestreicht und nach erfolgtem Auflegen die Planke mittelst der Befestigungsschrauben so lange anzieht, bis kein Marineleim mehr seitlich hervorquillt. Ebenso zweckmässig als Marineleim würde auch eine Zwischenlage aus in Firnis getauchtem, dünnem Filz sein, wie dies für S. M. S. „Prinzess Wilhelm“ und „Irene“ neuerdings angeordnet ist. Nachdem sämtliche Planken der inneren Holzlage sich am Schiffe befinden, werden die Nähte und Stösse aufs sorgfältigste abgedichtet, etwa an der Oberfläche sich zeigende Windrisse verkittet, die Löcher der Bolzenköpfe mit einem aus Marineleim und Cement hergestellten Kitt geschlossen, um demnächst zum Anbringen der äusseren Plankenschicht zu schreiten. Zunächst sei bemerkt, dass die Nähte und Stösse dieser letzteren mit denen der inneren Plankenlage verschlossen müssen. Was im übrigen die Anordnung der Stösse beider Lagen betrifft, so werden dieselben Grundsätze befolgt, wie bei einem Holzschiffe, ohne jedoch so strenge genommen zu werden, weil das eiserne Schiff als solches sämtlichen Beanspruchungen gewachsen ist. Die Planken der zweiten Lage werden mittelst Schraubbolzen aus Bronze mit Holzgewinde an den Planken der ersten Lage befestigt. Die Bolzenlänge ist so bemessen, dass das in der inneren Plankenschicht steckende Gewindeende circa 22 mm vom Eisen des Schiffskörpers entfernt bleibt, und andererseits der runde, mit Schlitz oder hohlem Vierkant für den Schraubenschlüssel versehene Bolzenkopf circa 15 mm im Holz der äusseren Plankenlage versenkt ist. Das verbleibende Loch oberhalb des Bolzenkopfes wird mit einem Holzpfropfen, dessen Fasern mit denen der Planken parallel sind, wasserdicht geschlossen.

Ausführung der
Isolirung des
Bodenbeschlags.

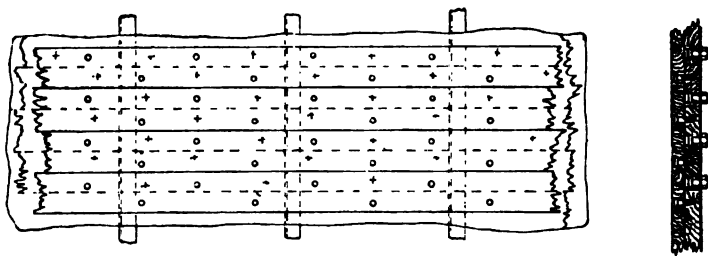
Zwischen den beiden Plankenlagen kommt zu demselben Zweck, wie zwischen der inneren Lage und der eisernen Beplattung eine Schicht Marineleim zur Anwendung. Die Nähte und Stösse werden auch hier mit der äussersten Sorgfalt abgedichtet. Fig. 44 wird das Gesagte, sowie die Gruppierung der Befestigungsbolzen und deren Zahl erläutern.

Soll ein eisernes Schiff auch über Wasser beplankt werden, so genügt dazu selbstverständlich eine einfache mit eisernen Schraubbolzen zu befestigende Plankenlage.

Material der
Beplankung.

Was die für die Beplankung zu verwendenden Holzarten betrifft, so giebt man bei denjenigen Planken, Kielstücken und Steventheilen, welche mit dem Eisen in directer Berührung sind, dem Teakholz den Vorzug. Für die übrigen Planken sind Eichenholz und Lärchenholz gestattet; für solche Planken, welche stets unter Wasser bleiben, ist auch Buchenholz zulässig.

Fig. 44.



Broncesteven.

Behufs Abdichtung der am Kiel und an den Steven entstehenden Fugen der Beplankung sind an diesen Stellen Sponungen erforderlich und zwar weil zwei Plankenlagen vorhanden sind, deren zwei. Dieser Umstand ist die Veranlassung, dass bei Schiffen der vorliegenden Art wenigstens die Hintersteven stets aus Bronze, die Vorsteven auch dann aus Bronze gefertigt werden, wenn ein den Vorsteven durchdringendes Torpedolancierrohr vorhanden ist. Während nämlich für die Herstellung der Sponungen am Kiel ein unter der eisernen Kielplatte des Schiffes mittelst eiserner Schraubbolzen befestigter Holzkiel von einem für den Zweck ausreichenden Querschnitt genügt, würde sich Holz als Material für die Steven nicht eignen und zwar wegen der zu grossen Beanspruchung dieser Theile und der durch Holz nicht erreichbaren, bei Schiffen mit grosser Geschwindigkeit aber nothwendigen scharfen Form. Hierzu tritt noch die weitere Complication durch anzubringende Oeffnungen für die Schraubenwelle oder, wie bei den Vorsteven S. M. S. „Prinzess Wilhelm“ und „Irene“, für Torpedolancierrohre. Da die Steven andererseits mit dem eisernen Schiffskörper in directem Zusammenhange stehen, indem sie die Enden der Plattengänge der Aussenhaut aufnehmen, wäre es das Nächstliegende, die-

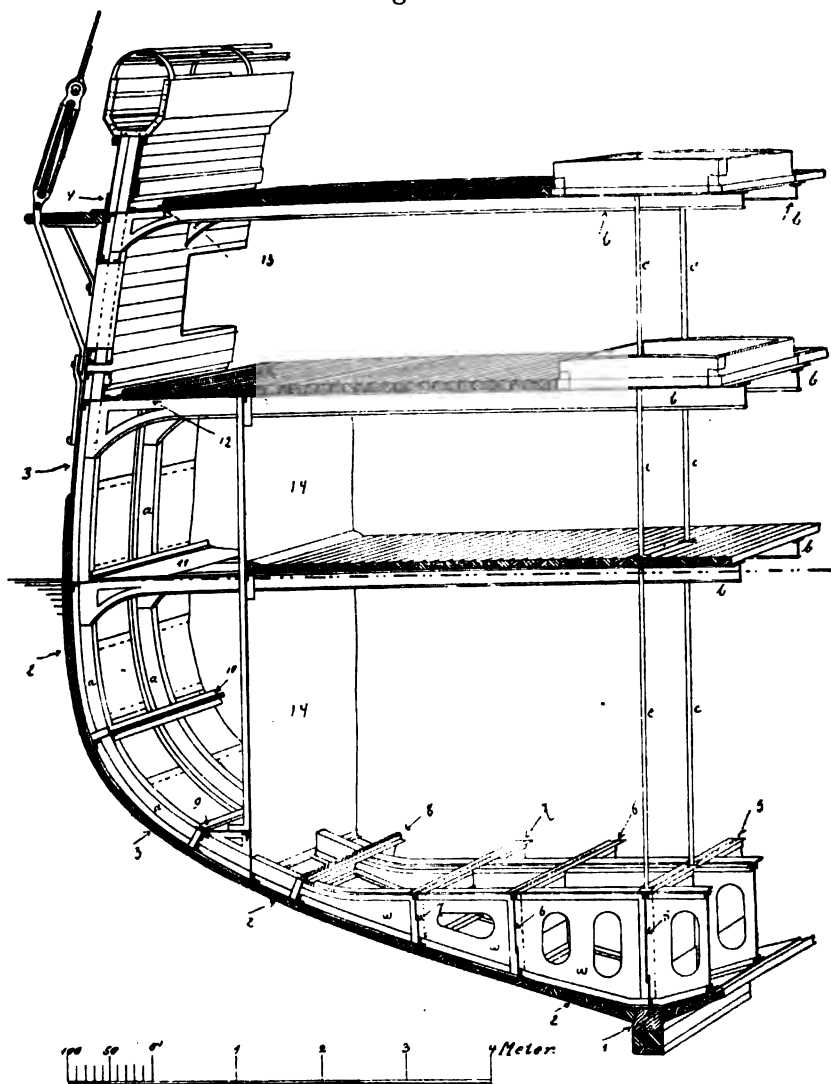
selben, wie bei eisernen Schiffen, aus Schmiedeeisen zu fertigen. Dem widersetzt sich jedoch der Umstand, dass wegen der vorhandenen Sponungen die Formgebung auf Schwierigkeiten stösst, die nur durch Aufwendung bedeutender Kosten überwunden werden können und dass wegen der Unmöglichkeit, bei Schmiedeeisen Hohlformen zur Anwendung zu bringen, das entstehende Gewicht zu gross ausfallen würde. Kurz, bei den Steven von Schiffen der vorliegenden Art trifft alles das zusammen, wodurch man auf anderen Gebieten der Technik zur Anwendung von Gussstücken genöthigt sein würde, und dies ist der Grund, weshalb man dieselben bisher aus Bronze gemacht hat, da dies Material den Abguss auch der complicirtesten Form gestattet und gleichzeitig eine hinreichende Zähigkeit behält, während Gusseisen wegen seiner Sprödigkeit nicht in Betracht kommen kann. Mit Bezug auf den Umstand, dass durch die Verbindung von Broncesteven mit dem Eisenmaterial des Schiffskörpers ein galvanischer Strom fast unvermeidlich ist, ist zu bemerken, dass der galvanische Strom allerdings in den Kauf genommen werden muss, dass man jedoch kein Mittel unversucht lassen darf, dessen Wirkung in gewissen zulässigen Grenzen zu halten. Zu diesen Mitteln ist zu rechnen, das Trockenhalten der betreffenden Stellen und die Anwendung von isolirenden Anstrichen, resp. Kittlagen. Binnenbords würde man zweckmässiger Weise den Raum vor dem Hintersteven und oberhalb des in der Verlängerung des Kiels liegenden Theils desselben mit Asphalt oder Cement ausfüllen können, dadurch die Verbindungsstelle von Eisen und Bronze vor der Berührung mit dem Bilgewater schützend,

Eiserne Schiffe mit einem Bodenbeschlag aus Zink.

Wir haben gesehen, dass die Wirksamkeit eines Bodenbeschlages aus Kupfer auf dem Umstande beruht, dass sich auf der Oberfläche des Kupfers durch die Einwirkung des Seewassers Kupferverbindungen bilden, die so lockerer, resp. schlüpfriger Consistenz sind, dass ein Anwuchs nicht darauf haften kann, resp. vom Wasserstrom mit fortgenommen wird. Hiernach würde ein anderer, weniger kostbarer Stoff als Kupfer, der sich in Form dünner Platten herstellen lässt und auf welchem sich durch die Einwirkung des Seewassers direct oder indirect ein lockerer Ueberzug bildet, ebenfalls zu einem Bodenbeschlage geeignet sein. Ein solcher Stoff ist das Zink. Durch die Berührung mit Seewasser bildet sich auf der Oberfläche von Zinkplatten allerdings nicht in ausreichendem Maasse schon die gewünschte Oxydschicht, wohl aber ist letzteres der Fall, wenn Eisen in der Nähe ist, welches mit Zink und unter Vermittlung des Seewassers ein kräftiges galvanisches Element bildet. Im Gegensatz zu der Combination Kupfer und Eisen bleibt indessen in diesem Falle das Eisen von der Oxydation durch den Sauerstoff des zersetzten Wassers befreit; derselbe begiebt sich vielmehr zum Zink, dieses kräftig oxydirend und den gewünschten lockern

Wirkungsweise
eines Boden-
beschlags aus
Zink.

Fig. 45.



1 Der Kiel.

2 Die einfache Plankenlage.

3 Die eiserne Beplattung.

4 Doppelte Beplattung
neben dem Oberdeck.

5, 6 u. 7 Doppel-T förmige
Kielschweine.

8, 9 u. 10 Intercostal-
Kielschweine.

11, 12 u. 13 Stringerplatten.

14 D. Kohlenbunkerschott.

a Die Spanten.

b Die Balken.

c Die Decksstützen.

w w Die Bodenwrang-
platten.

Isolirung des
Zinks nicht
erforderlich.

Ueberzug bildend, während das andere Zersetzungsprodukt, der Wasserstoff, sich am Eisen niederschlägt und dasselbe vor Oxydation schützt. Dieser theoretisch einfache Vorgang in Verbindung mit dem geringeren Preis des Zinks und dem Umstande, dass das Zink nicht von dem Eisen des Schiffskörpers isolirt zu werden braucht, hat dazu geführt, Zinkblech zu Boden-

beschlägen zu verwenden. Bei der praktischen Ausführung eines solchen betrachtet man die Aussenhaut des eisernen Schiffes als das eine der zur Hervorbringung des galvanischen Stromes erforderlichen Metalle und es bedarf demnächst nur der Befestigung einer einfachen, nicht abzudichtenden Holzbeplankung auf dem eisernen Schiff, auf welcher der Zinkbeschlag aufgenagelt werden kann. Die Befestigung der Holzbeplankung geschieht mittelst eiserner Schraubbolzen, wie bei der inneren Plankenschicht der gekupferten eisernen Schiffe. Als Material der Beplankung empfiehlt sich Teakholz. Die Beplankung wird übrigens nur so weit ausgeführt, als der Zinkbeschlag reichen soll, d. h. das Oberschiff bleibt unbeplankt. Das Aufnageln des Zinkbeschlages geschieht in ähnlicher Weise, wie dasjenige eines Kupferbeschlages; auch haben die zur Anwendung kommenden Zinkbleche behufs Erzielung einer beulenfreien Oberfläche keine grösseren Längen- und Breitenabmessungen, als entsprechende Kupfertafeln. Die Dicke der Zinkbleche richtet sich nach der beabsichtigten Dauer des Beschlages. Die Nägel zu ihrer Befestigung werden aus Zink gepresst. Was die Steven von gezinkten eisernen Schiffen betrifft, so unterliegt es keinen Schwierigkeiten, dieselben aus Schmiedeeisen zu fertigen, da nur für eine einzige Plankenschicht eine tiefere Sponung anzubringen ist, und der Querschnitt über Wasser derselbe ist wie bei einem gewöhnlichen eisernen Schiff. Der Bodenbeschlag aus Zink scheint sich in der Praxis indessen nicht in dem Maasse bewährt zu haben, dass er den theuren und diffcilen Kupferbeschlag eiserner Schiffe hat ersetzen können. Dies rührt ohne Zweifel daher, dass die sich ergebende Stromstärke, die seine Wirksamkeit bedingt, sich jeder Regulirung entzieht und fast gänzlich vom Zufall abhängig ist. Damit ein Strom überhaupt entstehen kann, ist es nothwendig, dass wenigstens ein Theil der eisernen Aussenhaut unter Wasser dem Zinkbeschlage gegenüber nicht isolirt ist, mit anderen Worten, des Anstrichs entbehre. Hierzu wird man sich indessen um so weniger entschliessen, als die nicht gestrichenen Theile des Schiffes nach vollständiger Aufzehrung des Zinks, selbst der Oxydation, d. h. dem Verrosten preisgegeben sind.

Anbringung des
Zinkbeschlags.

Die Kostspieligkeit eines vor Anwuchs schützenden Bodenbeschlags aus Kupfer und auch aus Zink, wobei bezüglich des letzteren noch dessen unzuverlässige Wirkung mitspielt, ist die Veranlassung, dass von Seiten der Fachleute unausgesetzt nach billigeren Ersatzmitteln gesucht wird, und zwar geht das Bemühen vorzugsweise dahin, die Bodenbeschläge durch Bodenanstrieche zu ersetzen. Ein das Bewachsen des Schiffsbodens verhindernder Anstrich wirkt in derselben Weise, wie ein Bodenbeschlag, d. h. der Anwuchs haftet aus dem Grunde nicht an seiner Oberfläche, weil dieselbe eine lockere, abblätternde Beschaffenheit besitzt, vermöge deren der Anwuchs bei in Fahrt befindlichem Schiffe fortgeschwemmt wird. Es ist indessen mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, einen diesen An-

Andere Mittel,
das Bewachsen
der eisernen
Schiffsböden
zu verhüten.

forderungen entsprechenden Anstrich herzustellen und ist das Problem noch keineswegs als gelöst zu betrachten. Unter anderem ist versucht worden, dem Bodenanstrich oxydirbare Metalle in Pulverform zuzusetzen und soll Zinkpulver in dieser Beziehung gute Dienste leisten, wenn man ausserdem ein gewisses Quantum Zinkweiss in den Anstrich mischt. Auch hat man Kupferpulver zur Anwendung gebracht, allerdings mit weniger gutem Erfolge wegen der galvanischen Einwirkung dieses Metalls auf das Eisen des Schiffsbodens, da die nothwendige Isolation eines Anstrichs mit Kupferzusatz praktisch unmöglich ist. Es scheint jedoch, dass auch Zusätze von Metalloxyden zum Anstrich die zu erzielende Beschaffenheit der Oberfläche nicht unter allen Umständen verhindern. So liefert z. B. ein Zusatz von Zinkweiss ebenfalls einen im Seewasser abblätternen Anstrich. Der in unserer Marine eingeführte Anstrich von Rathjen scheint, wenigstens nach der Farbe zu urtheilen, Eisenmennige zur Erzielung des vorliegenden Zweckes zu enthalten. Ein Schutzanstrich gegen Anwuchs kann auch dadurch hergestellt werden, dass derselbe von vornherein an seiner Oberfläche schlüpfriger oder fettiger Natur ist und unter Wasser so bleibt. Eine dahin gehörige Composition, die bei den Seeleuten eine gewisse Beliebtheit erlangt hat, besteht in einer Mischung von Rindertalg mit Bleiweiss, welche warm aufgetragen wird und eine gewisse Zeit vorhält. Der Hauptfehler aller Anstriche gegen Anwuchs besteht in ihrer geringen Dauerhaftigkeit, da ihre Wirksamkeit in der That an Substanzverlust geknüpft ist. Wird ein solcher Anstrich ferner nicht rechtzeitig erneuert, so entsteht die Gefahr, dass auch der Grundanstrich des Schiffsbodens mit abblättert und dass letzterer auf diese Weise der rapiden und ausgedehnten Rostbildung überantwortet wird.

Bodenanstriche gegen das Bewachsen.

Anstriche mit abblättern der Structur.

Schlüpfrige Anstriche.

Giftige Anstriche. Es möge noch hinzugefügt werden, dass eine grosse Anzahl von Fabrikanten von Anwuchs verhindernden Compositionen den letzteren giftig wirkende Stoffe zusetzen und behaupten, der animalische und vegetabilische Anwuchs werde vergiftet und falle deswegen ab. Als Gifte werden vorzugsweise Arsenik-, Quecksilber- und Kupferverbindungen angeführt. Mit Bezug auf Kupferverbindungen ist jedoch constatirt, dass der Anwuchs durch solche nicht vergiftet wird, da ein stillliegendes gekupfertes Schiff trotz seines reichlichen Ueberzuges von giftigem Kupferoxydchlorid in kurzer Zeit mit Muscheln bedeckt ist, die fortwährend an Volumen zunehmen. Sind dagegen Arsenik oder Quecksilbergifte in dem Anstrich enthalten, so zeigt derselbe, wenn er frei von Anwuchs geblieben ist, stets eine abblätternde Oberfläche, sodass das Abfallen desselben in Folge Vergiftung wenigstens zweifelhaft ist.

V. Capitel.

Die Conservirung der Schiffe.

Sobald es gelingt, die Substanz eines eisernen oder stählernen Schiffes vor der Bildung von Rost zu schützen, würde von einem Substanzverlust und einer damit verbundenen Schwächung der baulichen Elemente solcher Schiffe, resp. dem Eintreten von das Sinken der Schiffe herbeiführenden Leckagen nicht die Rede und deren Dauer eine unbegrenzte sein können. Dass die Technik dieses Ziel annähernd zu erreichen im Stande ist, geht daraus hervor, dass nur wenige Fälle bekannt geworden sind, wo der Existenz eines eisernen Schiffes dadurch ein Ziel gesetzt worden ist, dass es durchrostete, und dass es bei diesen wenigen Fällen nachgewiesen worden ist, dass die Catastrophe durch grössere Aufmerksamkeit oder Sachkenntniss hätte vermieden werden können. Um zu einem rationellen Verständniss der Mittel zur Verhütung der Rostbildung auf Eisen oder Stahl zu gelangen, ist zunächst zu bedenken, dass Rost ausser aus Eisen noch aus Sauerstoff und Wasser besteht und dass überall da, wo die beiden zuletzt genannten Bestandtheile dem Eisen geboten werden, Rostbildung stattfindet, dass dagegen kein Rost entstehen kann, wenn einer derselben, oder noch besser beide nicht zur Stelle sind, resp. verhindert werden, mit dem Eisen oder Stahl in directe Berührung zu kommen. In der Umgebung des Eisens von Schiffen sind jedoch sowohl Wasser, als auch Sauerstoff in unerschöpflichen Quantitäten vorhanden und zwar aussenbords und unter Wasser ist letzteres im Ueberfluss und Sauerstoff in demselben aufgelöst vorhanden, über Wasser und binnenbords liefert der Sauerstoff der atmosphärischen Luft und die in ihr in Dampfform vorhandene Feuchtigkeit beide Bestandtheile.

Die Conservirung
eiserner Schiffe.

Chemische Zu-
sammensetzung
von Eisenrost.

Im Innern des Schiffes ist ferner Wasser in Form von Bilgewasser oder als Condensationswasser an den Eisentheilen des Schiffskörpers häufig genug in solchen Quantitäten vertreten, dass dadurch besonders günstige Bedingungen für die Rostbildung gegeben werden. Es ist daher vor allen Dingen bei in Dienst befindlichen Schiffen wesentlich, die Bilge so trocken als möglich zu halten und durch lebhaftere Ventilation der Schiffsräume den Wasserdampfgehalt der im Schiff befindlichen Luft nie höher kommen zu lassen, als den der äusseren Luft. Durch eine allzeit trockene Bilge erreicht man ferner eine bessere Conservirung der

Bilgewasser
besonders
rostfördernd.

Rostbildung in
Folge galvanischer
Zersetzung.

auf der Oberfläche des Eisens als Schutz gegen Rostbildung angebrachten Anstriche. Die das Schiff umgebenden Medien, Wasser und Luft, sind jedoch nicht die einzigen Quellen, welche den zur Rostproduktion erforderlichen Sauerstoff liefern. Bringt man nämlich in die Nähe von Eisen bei Gegenwart von Wasser, vorzugsweise Salzwasser oder angesäuertes Wasser, ein electro-negatives Metall, z. B. Kupfer oder eine Kupferlegirung, so entsteht, wie weiter oben bereits ausgeführt, ein galvanischer Strom, der das Wasser zersetzt; dessen Bestandtheil Sauerstoff ist dann zur Rostbildung an dem vom Eisen gebildeten positiven Pol disponibel. Es müssen daher solche Combinationen nach Möglichkeit beim Schiff vermieden werden. Binnenbords geschieht dies z. B. dadurch, dass man die Sauge- und Druckrohrleitungen der Pumpen, die sonst aus Kupfer gefertigt werden, soweit sie voraussichtlich mit dem Bilgewasser in directe Berührung kommen, aus Eisen macht, welches man mit einem electropositiven Metall, in diesem Falle Zink überzieht. Ebenso werden sämmtliche zur Leitung des Bilgewassers dienenden sogenannten Drainagerohre aus verzinktem Eisen gefertigt. An solchen Stellen, wo die unmittelbare Nachbarschaft von Eisen und Kupfer resp. Bronze nicht zu vermeiden ist, muss dagegen alles gethan werden, um eine möglichst vollkommene Isolation der beiden Metalle herbeizuführen, wie z. B. beim Anbringen eines Bodenbeschlages aus Kupfer oder Müntzmetall auf eisernen Schiffsböden. Leider kann diese Isolation unter Umständen aus nicht viel mehr bestehen als einem blossen Anstrich, der dann allerdings besonders sorgfältig ausgeführt wird, um ihn so dauerhaft wie möglich zu gestalten. Die unter Wasser mündenden Sauge- und Druckrohre der Maschinen und Lenzpumpen werden in unmittelbarer Nähe der Aussenhaut mit Absperrventilen versehen, die zur Herbeiführung eines stets funktionirenden wasserdichten Verschlusses kaum anders als aus Bronze hergestellt werden können und die mit der Beplattung der Aussenhaut in directer Verbindung stehen. Die nähere Umgebung dieser Bronzekörper ist dem Verrosten besonders ausgesetzt, und sind solche Stellen binnenbords continuirlicher Beobachtung zu unterwerfen und aussenbords bei jeder Dockung des Schiffes speciell zu untersuchen.

Anstriche zur
Verhinderung
der Rostbildung.

Um die dem Eisen zur Rostbildung nothwendigen Bestandtheile, Sauerstoff und Wasser an der unmittelbaren Berührung mit der Oberfläche des Eisens zu verhindern, giebt man derselben einen Ueberzug in Form eines Anstrichs. Die wesentlichste Bedingung, die ein solcher Anstrich erfüllen muss, ist möglichst vollkommene Unlöslichkeit im Wasser, speciell im Seewasser; anderen Falls würde von einer dauernden Getrennthaltung der Bestandtheile des Rostes nicht die Rede sein können, während eine, wenn auch nur allmähliche Löslichkeit eine baldige Erneuerung des Anstrichs nothwendig machen würde. Der Anstrich muss ferner in gewissem Grade elastisch und dehnbar sein, damit er bei den Volumenveränderungen, denen das Eisen in Folge von Temperaturdifferenzen ausgesetzt ist, nicht rissig

wird und durch die entstandenen Risse dem Wasser den Zutritt zu dem Eisen gestattet. Mit dieser Elasticität muss der Anstrich indessen eine gewisse Härte verbinden, damit er im Stande ist, gegen mechanische Verletzungen einen entsprechenden Widerstand zu äussern. Dergleichen Eigenschaften werden dem Anstrich durch dessen wesentlichsten Bestandtheil, das gekochte Leinöl ertheilt. Dieses gehört zu den sogenannten trocknenden Oelen, d. h. denjenigen, welche in Berührung mit Sauerstoff schnell oxydiren oder verharzen. Wird gekochtes Leinöl, selbst ohne Zusatz von anderen Stoffen, mit Hilfe eines Pinsels in einer homogenen, nicht porösen und dabei möglichst dünnen Schicht auf die vorher gereinigte Oberfläche des Eisens aufgetragen, so entsteht in kurzer Zeit in Berührung mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft zunächst äusserlich eine Schicht Harz, die bei längerer Einwirkung des Sauerstoffs schliesslich so dick wird, dass sie bis auf das Eisen reicht und nunmehr einen wasser- und luftdichten und dabei auf dem Eisen fest haftenden Ueberzug bildet. Je länger man diesen ersten oder Grundanstrich der Einwirkung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft aussetzt, um so gründlicher geht die Verharzung vor sich und um so widerstandsfähiger wird der Anstrich. Ist er dabei dünn genug aufgetragen, so entbehrt er dabei keineswegs der wünschenswerthen Elasticität. Das Leinöl wird jedoch nur selten allein, d. h. ohne Zusatz von anderen Stoffen in der angegebenen Weise verwendet. Es werden demselben gewöhnlich zur Erhöhung seiner Oxydationsfähigkeit, besonders in denjenigen Schichten des Anstrichs, welche der directen Einwirkung des Sauerstoffs der Luft entbehren, fremde Körper in Pulverform beigemischt. Die meisten dieser Zusätze bestehen aus Metalloxyden, von denen man beansprucht, dass sie dem Eisen nicht schädlich sind und die sich dem Leinöl gegenüber in chemischer Beziehung neutral verhalten. Sie führen dem letzteren den ihnen vermöge ihrer mehl- oder pulverförmigen Consistenz mechanisch anhaftenden Sauerstoff zu und tragen auf diese Weise zum Verharzen desselben bei. Die Bleimennige jedoch, der bei Anstrichen auf Eisen bei weitem am meisten angewendete Zusatz zum Leinöl, wirkt ausserdem auch chemisch auf dasselbe, indem sie Sauerstoff abgibt. Reine Bleimennige besteht nämlich aus einem Aequivalent Blei und fünf Aequivalenten Sauerstoff und stellt also ein sehr sauerstoffreiches Oxyd von Blei dar, welches in Gegenwart eines dritten sauerstofffreien Körpers in ein sauerstoffärmeres Bleioxyd übergeführt wird, während der freiwerdende Sauerstoff jenen dritten Körper oxydirt, und wenn dieser dritte Körper Leinöl ist, dieses in Harz verwandelt. Diese Eigenschaft der Bleimennige macht den Anstrich in gewissem Grade unabhängig von dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft, so dass das Verharzen desselben nicht allein sehr schnell vor sich geht, sondern auch unter Wasser noch weiter fortschreitet. Der Anstrich wird dadurch in höchst erreichbarem Grade in Wasser unlöslich und erweist sich daher als am dauerhaftesten.

Der wirksame Bestandtheil des Anstrichs, gekochtes Leinöl.

Bleimennige.

Grundanstrich.

In Folge dessen erhalten alle unsere eisernen resp. stählernen Schiffe vor dem Ablauf einen mehrfachen Bleimennigeanstrich. Beim Auftragen solcher Anstriche sind indessen gewisse Vorsichtsmassregeln nöthig, die darauf hinauslaufen, zu verhüten, dass der von der Bleimennige abgegebene Sauerstoff nicht etwa dazu gelangt, das Eisen zu oxydiren, was, bei Gegenwart von Wasser geschehend, gleichbedeutend mit einer beschleunigten Rostbildung sein würde. Es ist klar, dass dieses vermieden wird, wenn man vorher einen dünnen Anstrich von reinem Leinöl aufgetragen hat, welcher den etwaigen Zutritt des Sauerstoffs der Mennige zum Eisen verhindert, denselben eventuell zu seiner eigenen Oxydation verbraucht. Ist ein Grundanstrich von reinem Leinöl nicht vorhanden, so darf der Zusatz von Mennige entweder nur ein relativ geringer sein oder es muss ein weniger stark gekochtes Leinöl zur Anwendung kommen, welches mehr Sauerstoff zum Verharzen bedarf, so dass dieser der Mennige lediglich durch das Leinöl gründlich entzogen wird. Ein zu reichlicher Zusatz von Mennige würde den Erfolg haben, dass der Anstrich zu dick ausfiele und dass derselbe in Folge der schnellen Verharzung Risse bekäme, durch welche das Wasser an das Eisen gelangen würde, dessen Verrostung nunmehr durch den von der Mennige gelieferten Sauerstoff unausbleiblich sein würde. Auch ist es nothwendig, den Anstrich unmittelbar vor seiner Verwendung frisch zu bereiten, da derselbe sonst im Farbetopf schon verharzt, d. h. dickflüssig wird. Vor allen Dingen muss es jedoch vermieden werden, dass ein Mennigeanstrich auf nicht vollkommen trockene Eisentheile aufgetragen wird, da gegebenen Falls dem Eisen dann gerade die Bestandtheile geboten werden, vor denen man dasselbe zu schützen beabsichtigt. Es möge an dieser Stelle noch hervorgehoben werden, dass eine auf dem Eisen entstandene Rostschicht das darunter befindliche Material keineswegs vor dem weiteren Verrosten schützt, dass der Process vielmehr so lange andauert, als noch unoxydirtes Eisen vorhanden ist. Auf diese Weise erklären sich die an den Schiffsboden häufig beobachteten, durch Rost gebildeten tiefen Löcher, die ihre Entstehung nur dem Ausserachtlassen der erwähnten Vorsichtsmassregel verdanken.

Vorsichtsmassregeln bei Bleimennige-Anstrichen.

Surrogate zum Ersatz eines Mennige-Anstrichs.

Die guten Eigenschaften eines Oelfarbeanstrichs mit Mennigezusatz, verbunden mit dem relativ hohen Preise der letzteren, haben dazu geführt, Surrogate zur Anwendung zu bringen, die jedoch nur zum Theil den Mennigeanstrich zu ersetzen vermögen. Keinem derselben ist z. B. das Nachhärten in feuchter Umgebung oder unter Wasser eigenthümlich, während es dagegen keinerlei Schwierigkeiten unterliegt, einen schnell trocknenden Anstrich herzustellen. Zu dem Ende bedarf es nur der Auflösung eines gewissen Quantum Harz in einer entsprechenden Flüssigkeit. Wird eine solche Lösung als Anstrich auf eine zu schützende Stelle aufgetragen, so wird von jener Flüssigkeit beansprucht, dass sie schnell verdunstet, während das in Lösung gewesene Harz als solches in Form einer dünnen lackartigen,

elastischen Schicht die gestrichene Oberfläche überzieht. Anstriche, welche auf diesem Princip beruhen, werden Lackanstriche genannt. Die als Lösungsmittel in Anwendung kommenden Flüssigkeiten sind entweder sogenannte flüchtige Oele, wie Terpentinöl, oder kohlenwasserstoffhaltige Verbindungen resp. Gemenge derselben. Je nachdem die Lösung mehr oder weniger concentrirt hergestellt wird, erhält man natürlich einen schneller oder langsamer trocknenden Anstrich. Mit Bezug auf die Widerstandsfähigkeit unter Wasser ist dagegen zu bemerken, dass Harze in kohlenwasserstoffhaltigen Flüssigkeiten, z. B. in Spiritus, nur dann vollkommen löslich sind, wenn das in denselben stets enthaltene Wasser ein gewisses Maximum nicht überschreitet, und dass das Harz aus seiner Lösung durch Zusatz von Wasser über jenes Maximum hinaus in Form eines pulverförmigen Niederschlages gefällt wird. Wird daher ein Anstrich der in Rede stehenden Art unter Wasser gebracht, bevor die Verdunstung des Lösungsmittels vollständig beendet ist, so nimmt der noch vorhandene Rest desselben Wasser auf und die für den vorstehend erwähnten Vorgang nothwendigen Bedingungen sind gegeben; etwa noch in Lösung befindliche Harztheilchen schlagen sich im Inneren der im Uebrigen lackartigen Schicht nieder und machen dieselbe unganzz, so dass sie eine blättrige Structur annimmt. Der für das Niederschlagen des Harzes erforderliche Feuchtigkeitsgehalt wird einem solchen Anstriche indessen auch schon während des Auftragens desselben zugeführt, wenigstens dann, wenn die gestrichene Fläche ein guter Wärmeleiter ist, wie ein eiserner Schiffsboden. Beim Verdunsten des Lösungsmittels des Harzes wird nämlich eine gewisse Abkühlung des gestrichenen Gegenstandes eintreten und sich in Folge dessen die Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft condensiren. Auf diese Weise erweist sich ein Lackanstrich an einem eisernen Schiffsboden unter allen Umständen als ein schlechtes Schutzmittel gegen Rost, dagegen als ein geeigneter Anstrich gegen Anwuchs, da bei letzterem eine blättrige und unbeständige Structur wünschenswerth ist.

Uebrigens kann man auch den Lackfarben in derselben Weise wie den Oelfarben verschiedene Farbestoffe mit Ausnahme der Mennige zusetzen, um eine bestimmte Farbennüance zu erzielen. Auch ist klar, dass man zu dick gewordene Oelfarben dadurch wieder streichfähig machen kann, dass man Harz lösende Flüssigkeiten, z. B. Terpentinöl, zusetzt, wodurch man ein Mittelding zwischen einem Oelfarben- und einem Lackfarbeanstrich erhält, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dass dies Verfahren für den Bodenanstich von Schiffen zu billigen ist; dass man ferner alte Anstriche durch Behandlung mit Terpentin oder Spiritus entfernen kann u. s. w. Aus dem Vorstehenden erklärt sich ferner, dass auch der einfache Leinöl-anstrich, je nachdem derselbe mehr oder weniger lange gekocht worden ist, wodurch unter anderem auch die in demselben ursprünglich harzlösenden, flüchtigen Bestandtheile in grösserem oder geringerem Maasse aus demselben

entfernt werden, als ein Gemenge von einem Oelanstrich und einem Lackanstrich betrachtet werden kann; dass demselben mithin in einem gewissen Grade auch die geringe Beständigkeit gegen die Einwirkung der Feuchtigkeit eigenthümlich ist, was durch die Erfahrung bestätigt wird.

Reinigung der
zu schützenden
Eisenthelle.

Mit Bezug auf die praktische Ausführung eines Anstrichs, der als Schutz gegen Rost fungiren soll, ist es unerlässlich, dass die zur Aufnahme des Anstrichs bestimmte Fläche vollkommen rein und trocken sei. Dieselbe darf unter anderem keinen Ueberzug von Eisenoxydoxydul, welches sich bei der Fabrikation von Platten und Winkeln stets bildet, besitzen, da man nicht wissen kann, ob ein solcher Ueberzug allenthalben so fest sitzt, dass das Wasser nicht seinen Weg unter demselben zu dem Eisen finden würde. Bei unseren älteren Schiffen wurde das Eisenoxydoxydul durch Abpicken mit scharfen Hämmern so gut wie möglich beseitigt; in neuerer Zeit entfernt man dasselbe dadurch, dass man sämmtliche Platten unmittelbar nach dem Eintreffen auf der Baustelle in ein Salzsäurebad bringt, welches etwa 17—18% freie Säure und den Rest an Wasser enthält. Ein Eintauchen der Platten von $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Stunden genügt, um die Eisenoxydoxydulschicht aufzulösen. Nach dem Herausnehmen aus dem Säurebad werden die Platten mit Bürsten gescheuert und erscheinen dieselben alsdann vollkommen metallisch blank; sie werden demnächst behufs Neutralisirung der anhaftenden Säurereste einige Minuten in Kalkwasser getaucht und endlich mit warmem Wasser abgespült. In Folge der aufgenommenen Wärme trocknen die Platten sehr schnell und sind nun bereit, den ersten Anstrich gegen Rostbildung aufzunehmen. Derselbe, aus reinem gekochten Leinöl bestehend, fällt vermöge der erhöhten Glätte der Platten sehr dünn aus und erhärtet daher in kurzer Zeit vollkommen. Er bildet den besten Schutz gegen Rosten während des Baues und ausserdem einen passenden Grundanstrich.

Schutz gegen
Rosten durch
metallische
Ueberzüge.

Verzinkung.

In neuester Zeit hat man den Versuch gemacht, die Substanz eiserner Schiffe durch Ueberzüge von anderen Metallen gegen Rostbildung zu schützen und zwar sind in dieser Beziehung Zink- und Nickelüberzüge in Anwendung gekommen. Zur Herstellung eines Zinküberzuges werden die Bleche in ähnlicher Weise, wie vorstehend angegeben, von dem anhaftenden Eisenoxydoxydul befreit und dann in metallisch reinem Zustande in flüssiges Zink getaucht. An der Berührungsstelle zwischen Eisen und Zink findet dann eine Legirung dieser beiden Metalle statt, während äusserlich noch eine gewisse Schicht Zink haften bleibt. Da sich Zink, wie mehrfach erwähnt, dem Eisen gegenüber electropositiv verhält, so bleibt das Eisen auch an den Stellen, wo in Folge der späteren Verarbeitung der verzinkten Platten das blanke Eisen zum Vorschein gekommen sein sollte, frei von Rost, während das Zink nach und nach oxydirt. Letzteres ist daher seinerseits mittelst Oelfarbenanstrichs zu schützen.

Vernickelung.

Die Verwendbarkeit von Nickel als Ueberzug auf Eisen beruht auf dessen Eigenschaft, sich mit Eisen resp. Stahl zusammenschweissen zu lassen.

Ein solcher wird hergestellt, indem man das Stück Eisen oder Stahl, aus welchem die Platte gefertigt werden soll, mit einem Stück Nickel von so grossem Volumen zusammenschweisst, dass es den Ueberzug hergiebt. Das auf diese Weise erhaltene Stück wird dann zu der betreffenden Platte ausgewalzt, wobei die genannten Materialien sich in solcher Weise strecken, dass beide die verlangten Stärken bekommen.

Was die Conservirung der Holzsubstanz bei hölzernen, Composite- und eisernen Schiffen betrifft, so handelt es sich dabei ebenfalls um die Verzögerung der chemischen Zersetzung. Dieselbe ist selbstverständlich bedeutend schwieriger, da Holz als ein organischer Körper eine sehr complicirte Zusammensetzung besitzt. Die beschleunigte Zersetzung des Holzes besteht vorzugsweise in solchen chemischen Vorgängen, die unter der Bezeichnung der Gährungs- und Fäulnisserscheinungen zusammengefasst werden, und die Mittel, Holz zu conserviren, laufen darauf hinaus, den Eintritt und Fortgang dieser Processe zurückzuhalten. Das, was im Holze gähren oder faulen kann, ist zunächst der Inhalt seines Zellengewebes. Bringt man diesen auf natürlichem oder künstlichem Wege zum Eintrocknen, so ist dadurch eine gewisse Garantie für eine lange Dauer des Holzes gegeben. Daher die Vorschrift, dass nur trocknes, in unserem Klima im Winter, in den Tropen im Sommer gefälltes- und daher saftarmes Holz verwendet werden darf, welches ausserdem frei von Splint ist. Ein Oelfarbe-, Lack- oder Theer-anstrich wird die Dauer von ursprünglich trockenem Holze nur vergrössern, da ein solcher das Eindringen von Feuchtigkeit und damit von Fermenten und Sporen von Pilzen verhindert. Befindet sich Holz in feuchter, kohlen-säurereicher Atmosphäre, bei relativ hoher Temperatur, so sind die Bedingungen für seine Zersetzung besonders günstig. Daher die weitere Vorschrift einer lebhaften Ventilation der von Holz begrenzten Räume. — Uebrigens sind die verschiedenen Holzarten vermöge der in ihnen enthaltenen besonderen Bestandtheile verschieden widerstandsfähig gegen Fäulniss und Gährungserscheinungen. So besitzt Eichenholz als conservirenden Bestandtheil Tannin, ein Stoff, der indessen auch die Eigenschaft hat, das Eisen sehr schnell zum Rosten zu bringen, wobei er sich selbst zersetzt, dem Holz also entzogen wird und letzteres der schnellen Zersetzung preisgiebt. Daher im Eichenholz nur verzinkte eiserne, kupferne oder broncene Befestigungsmittel. Dem Teakholz, einem Tropenprodukt, welches sich sowohl in der Hitze, in feuchter Atmosphäre und unter Wasser gleich gut hält, rühmt man dagegen nach, dass es sich besonders gut mit Eisen verträgt. Ein schlimmer Fehler desselben besteht jedoch in den zahlreichen von Ameisen verursachten Höhlungen in seinem Inneren. Was die Classe der Coniferen betrifft, so zeichnen sich dieselben durch ihren schlanken Wuchs und ihren Harzreichtum aus, welche Eigenschaften der Ostseekiefer zu bevorzugter Verwendung zu Rundhölzern und Decksplanken verhelfen. Permanent unter Wasser ist dagegen nur Lärchenholz zu verwenden.

Die Conservirung
des Holzes.

Fäulniss- und
Gährungs-
erscheinungen.

Das Schiffbau-
holz im Winter
zu schlagen.

Wirkung des
Anstrichs auf
Holz.

Tanningehalt
von Eichenholz.

Wurmlöcher im
Teakholz.

VI. Capitel.

Die wasserdichten Abtheilungen eiserner Schiffe; das Drainage- und Pumpensystem.

Die relativ leichte Perforirbarkeit der immerhin nur dünnen Scheidewand zwischen dem inneren Raum eines eisernen Schiffes und dem umgebenden Wasser hat bereits in den ersten Zeiten des Eisenschiffbaues dazu geführt, den Raum zunächst durch wasserdichte Querschotte in solcher Weise zu theilen, dass durch etwa entstandene Oeffnungen in dem unter Wasser befindlichen Theil der Aussenhaut, nicht der ganze Schiffsraum, sondern nur ein Theil desselben mit dem Wasser aussenbords in directe Communication treten und dass nur dieser Theil voll Wasser laufen konnte. Bei unseren neueren eisernen Schiffen hat man die Methode, durch Theilung des Schiffsraumes einen gewissen Grad von Unsinkbarkeit herbeizuführen, im Zusammenhang mit der Tragfähigkeit und der Stabilität weiter ausgebildet und in jedem speciellen Falle den grösstmöglichen Grad von Unsinkbarkeit geschaffen, welcher mit dem anderweitigen Zwecke des Schiffes vereinbar ist. In Folge dessen sind zu den einfachen Querschotten auch andere wasserdicht gearbeitete Wandungen hinzugetreten und zwar vorzugsweise in Form von Längsschotten und hat man ausserdem gewisse im Innern des Schiffes ohnehin von eisernen Beplattungen umgebene Räume dadurch in das System der wasserdichten Abtheilungen hineingezogen, dass man dieselben wasserdicht und hermetisch verschliessbar herstellte. Zu diesen Räumen würden gehören: Die Kohlenbunker, der Wellentunnel, die Munitionsräume, die Spirituslast, die Kettenkasten u. a. m.

Welche Rolle die Tragfähigkeit und die Stabilität bei der Volumenbemessung und Anordnung der wasserdichten Abtheilungen spielen, geht aus folgender Ueberlegung hervor: Ein auf seiner normalen Wasserlinie schwimmendes Schiff mit seinem vorgeschriebenen mittleren Tiefgang und Steuerlastigkeit und in aufrechter Position, besitzt ein Deplacement von einer bestimmten Grösse, welches gleich dem Gewichte des Schiffes ist. Mit Rücksicht auf den Zweck ragt der Schiffskörper indessen mit seiner wasserdichten, seitlichen Begrenzung stets noch um eine gewisse Höhe über Wasser

hervor, so dass derselbe bis zu einem gewissen Grade eine Schlagseite, eine Steuerlastigkeitsänderung und eine Vergrößerung des mittleren Tiefgangs erleiden kann, ohne dass die im normalen Zustande in ausreichender Höhe über Wasser befindlichen und mit dem inneren Schiffsraum communicirenden Oeffnungen dauernd unter Wasser treten. Nennt man dasjenige Displacement, Reserveauftrieb. welches der Schiffskörper haben würde, wenn er bis zum unteren Rande jener Oeffnungen von dem umgebenden Wasser benetzt wird, sein Maximal-Displacement, so ist die Differenz zwischen diesem und dem normalen Displacement sein Reservereplacement oder sein Reserveauftrieb resp. seine Reservetragefähigkeit. Dieselbe ist disponibel für eine Gewichtsvergrößerung des Schiffes an etwa durch eine grössere Oeffnung in der Aussenhaut eingedrungenem Wasser, welches nicht durch die Pumpen bewältigt werden kann.

Der Reserveauftrieb ist proportional mit dem Flächeninhalte der Horizontalschnitte durch den Schiffskörper oberhalb der normalen Wasserlinie und mit der Entfernung der niedrigst gelegenen, mit dem Schiffsraum communicirenden Oeffnungen von der normalen Wasserlinie, also in dem Falle steigerbar, wenn diese Oeffnungen wasserdicht verschliessbar sind. Grösse des Reserveauftriebs.

Angenommen der Reserveauftrieb eines Schiffes sei seiner Grösse nach bekannt, so ist klar, dass keine der vollständig geschlossenen und im übrigen unter Wasser gelegenen wasserdichten Abtheilungen so viel freien Raum für eingedrungenes Wasser bieten darf, als der Reserveauftrieb Cubikmeter beträgt, oder wenn man beansprucht, dass ein Schiff bei mehreren vollgelaufenen Abtheilungen noch schwimme, so darf der combinirte Inhalt dieser Abtheilungen, nach Abzug der in ihnen vorhandenen, wasserverdrängenden Gegenstände, den Reserveauftrieb nicht erreichen. Ist dagegen eine wasserdichte Abtheilung nicht gänzlich unter Wasser gelegen und nach oben zu nicht wasserdicht verschliessbar oder überhaupt stets offen, was bei den die Kessel enthaltenden Abtheilungen immer zutrifft, so wird sich im Falle einer eintretenden grösseren Leckage das Wasser in solchen Räumen mit dem Wasser aussenbords in dasselbe Niveau stellen. Dadurch wird nicht nur der durch die vertikalen Wände der Abtheilung umschlossene Raum dem normalen Displacement entzogen, sondern auch der Reserveauftrieb um etwa soviel verkleinert, als der in dessen Zone hineinragende Theil der wasserdichten Abtheilung beträgt. Das Schiff schwimmt unter diesen Umständen in der That nur noch auf den unverletzt gebliebenen wasserdichten Räumen, welche ihrerseits in diesem Zustande soviel Wasser verdrängen müssen, als das normale Displacement beträgt und dem Schiffsgewicht entspricht. Beziehung zwischen dem Reserveauftrieb und dem Volumen der Abtheilungen.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass Schiffe mit geringem Reserveauftrieb oder, was im Allgemeinen auf dasselbe hinauskommt, mit geringer Bordhöhe, wasserdichte Abtheilungen von geringem Volumen und daher erhöhter Anzahl erhalten müssen. Wäre z. B., wie im Falle der unterseeischen Fahrzeuge, der Reserveauftrieb Null, so würde das Volumen der wasserdichten Abtheilungen im Maximum den cubischen Inhalt Null

haben müssen, derart, dass das geringste Quantum eingedrungenen Wassers ein Sinken des Fahrzeugs zur Folge haben würde; bei unterseeischen Fahrzeugen sind daher wasserdichte Abtheilungen in dem hier betrachteten Sinne überhaupt überflüssig.

Bei der Bemessung des Volumens der wasserdichten Räume ist es indessen nur dann gestattet, den zur Verfügung stehenden Reserveauftrieb, im Interesse der Verwendung der betreffenden Räume zu anderen Zwecken, nahezu voll auszunutzen, wenn das tiefere Einsinken des Schiffes ohne Aenderung der Steuerlastigkeit resp. ohne eintretende Schlagseite vor sich geht. Ist daher eine wasserdichte Abtheilung mit ihrem Volumenschwerpunkt nicht mittschiffs, sondern seitlich oder an den Enden des Schiffes gelegen, so darf deren Volumen nicht so gross sein, dass die obere Begrenzung der Zone des Reserveauftriebs, trotz der in diesem Falle um eine Längsachse oder Querachse erfolgenden Drehung des Schiffes, erreicht wird. Daher die Erscheinung, dass bei jedem Schiff die grösseren Abtheilungen in der Mitte gelegen sind, während das Volumen der übrigen mit der Entfernung von der Mitte des Schiffes abnimmt.

Mit Bezug auf die oben offenen Abtheilungen ist ferner zu bemerken, dass deren begrenzende Schotten wenigstens so hoch hinaufgeführt werden müssen, dass das eventuell in der Abtheilung befindliche Wasser nicht über den oberen Rand der Schotten hinweg in die benachbarten Abtheilungen gelangen kann. Die Schotten müssen daher im Minimum um eine solche Höhe oberhalb der normalen Wasserlinie hervorragen, als die Tiefgangsvergrösserung in der Ebene der Schotten beträgt. Die Bestimmung dieser Höhe ist für eine mittschiffs gelegene Abtheilung deswegen besonders einfach, weil beim Volllaufen einer solchen diese Tiefgangsvergrösserung ohne Aenderung der Steuerlastigkeit vor sich geht. Bezeichnet man nämlich dasjenige Volumen Wasser, welches eine mittschiffs gelegene wasserdichte Abtheilung bis zur normalen Wasserlinie aufzunehmen im Stande ist, mit q , den Flächeninhalt der oberen Wasserlinie mit F und denjenigen Theil derselben, welcher innerhalb der überflutheten Abtheilung fällt, mit f und endlich die Tiefgangsvergrösserung resp. die Höhe, um welche die Schotten im Minimum oberhalb der oberen Wasserlinie hervorragen müssen, mit x , so ist

$$x = \frac{q}{F - f}$$

Die sich ergebende Minimalhöhe für die Schotten wird im Interesse einer erhöhten Sicherheit, unter anderem mit Rücksicht auf die schlingernenden und stampfenden Bewegungen des Schiffes, wobei die Minimalgrenze zum Theil unter Wasser gerathen würde, stets überschritten; es ist jedoch von Interesse, die Grenze festzustellen, um sich zu vergegenwärtigen, dass eine Oeffnung im Schott unterhalb derselben mit einer Leckage auch der benachbarten wasserdichten Abtheilung gleich zu achten ist.

Minimalhöhe
der Schotten.

Die wasserdichten Abtheilungen eines Schiffs werden übrigens im Allgemeinen mit Rücksicht auf solche Verletzungen des Schiffskörpers angeordnet, für deren Möglichkeit besondere Chancen vorhanden sind. So sind z. B. die durch einen Doppelboden und die wasserdichten Quer- und Längs-

Zweck des
Doppelbodens.

spanten gebildeten wasserdichten Räume direct gegen eine Verletzung der Aussenhaut durch Grundberührungen wirksam. In Folge dessen ist ein Doppelboden nur an solchen Stellen des Schiffsbodens erforderlich, wo letzterer durch Grundberührungen überhaupt verletzbar ist, d. h. also bei Schiffen mit relativ flachem Boden und auch hier nur im mittleren Theile desselben, etwa auf $\frac{2}{3}$ der ganzen Schiffslänge.

Wallgangs-
schotten.

Die sogenannten Wallgangsschotten befinden sich im Allgemeinen parallel zur Bordwand und in einer solchen Entfernung von derselben, dass im Falle des Gerammtwerdens der feindliche Sporn nicht durch dasselbe hindurchreicht. Ob die Wallgangsschotten auch bei der Explosion eines Torpedokopfes in unmittelbarer Nähe der Aussenhaut ihre Wasserdichtigkeit behalten, sei dahin gestellt; jedenfalls sind sie auch dann nicht ohne Nutzen.

Die wasserdichten Räume unmittelbar hinter einem als Rammstevan benutzten Vorderstevan haben den speciellen Zweck, die während des Rammens dem eigenen Schiffe entstandenen Verletzungen der Aussenhaut unschädlich zu machen.

Da weder die wasserdichten Räume des Doppelbodens, noch diejenigen der Wallgänge und die in der Nähe der Steven befindlichen für andere Zwecke an Bord benutzbar sind, so kann man deren Zahl beliebig gross machen, so lange dieselben noch so gross sind, um die erforderlichen Reinigungs- und Malerarbeiten in ihnen ausführen zu können.

Oeffnungen in
den wasser-
dichten Schotten,
Doppelböden etc.

Sämmtliche wasserdichten Räume an Bord eines Schiffes müssen zugänglich sein, mithin muss bei den allseitig geschlossenen Räumen wenigstens eine der begrenzenden Wände mit einer wasserdicht verschliessbaren, den Zugang gestattenden Oeffnung versehen sein. Bei denjenigen Räumen, welche von Seiten der Besatzung entweder überhaupt nicht oder nur in seltenen Fällen betreten zu werden brauchen, bleibt es bei dieser einen Oeffnung, die bezüglich ihrer Grösse ausserdem auf ein Minimum beschränkt wird und deren manlochartiger, wasserdichter Verschluss nur von einer Seite her zu öffnen ist.

Anzahl der
Oeffnungen im
Minimum.

Solche Räume dagegen, welche durch die Besatzung mehr oder weniger häufig betreten werden müssen, oder durch welche hindurch die Communi-

Decks zu keinen Unzuträglichkeiten führt, ganz abgesehen von dem Umstande, dass durch dergleichen Oeffnungen die Schotten selbst nicht unwesentlich geschwächt werden, und wodurch dann wieder Veranlassung zu schwerwiegenden Verstärkungen gegeben wird. Sind thatsächlich solche Thüren vorhanden, so gebietet das Interesse für die Sicherheit des Schiffes, dieselben stets geschlossen zu halten und sie nur in Ausnahmefällen zu benutzen. Mit Bezug auf den Verschluss der grösseren Communicationsöffnungen in den Schotten besteht ein Unterschied zwischen denjenigen, welche sich in den unteren Räumen des Schiffes befinden und daher im Falle einer Ueberfluthung dieser Räume unzugänglich werden, und denjenigen in den höher, etwa oberhalb des Zwischendecks gelegenen Räumen, die im Falle der Gefahr länger zugänglich bleiben. Erstere müssen von einem höher gelegenen Punkte aus verschliessbar sein und werden daher als eiserne Schiebethüren mit horizontaler oder vertikaler Bewegung ausgeführt; letztere sind gewöhnliche, jedoch aus Eisen gefertigte Klappthüren, welche um Angeln drehbar sind. Die horizontal bewegbaren, wasserdicht schliessenden Schiebethüren finden sich gewöhnlich in den Trennungsschotten zwischen den einzelnen Kesselräumen resp. zwischen diesen und den Maschinenräumen auf unseren älteren Schiffen. Sie erhalten ihre Bewegung mittelst zweier horizontaler an ihnen befestigter Zahnstangen, in welche zwei auf gemeinsamer, vertikaler Welle sitzende Zahnräder eingreifen. Die Drehung der Welle bewirkt den Verschluss oder die Oeffnung und geschieht von einem der höher gelegenen Decks aus mittelst Kurbelmechanismus oder mit Hilfe eines Aufsteckschlüssels, welcher letzterer in der Nähe der Gebrauchsstelle jederzeit zugänglich verstaut ist. Der wasserdichte Verschluss an den Rändern der Oeffnung im Schott geschieht dadurch, dass sowohl diese als auch die Ränder der Thür mit je einem, im Horizontalschnitt keilförmig gearbeiteten Dichtungsrahmen aus Bronze versehen sind, welche in der Schlussposition wasserdicht auf einander schliessen.

Von höher
gelegenen
Punkten aus
verschliessbare
Thüren.

Der gewöhnliche Bewegungsmechanismus der in vertikaler Richtung beweglichen Schiebethüren besteht in einer in vertikaler Lage an dem betreffenden Schott drehbar, jedoch in der Richtung ihrer Länge nicht verschiebbar gelagerten Welle, deren unteres Ende auf einer Länge gleich der Hubhöhe der Thüre mit Schraubengewinde versehen ist. Auf dem Rücken der Thüre befindet sich ein geeigneter Beschlag mit dem zugehörigen Muttergewinde, welches mit dem Gewinde der Welle im Eingriff steht; die Drehung der letzteren mittelst Aufsteckschlüssels von einem der höher gelegenen Decks aus bringt ein Heben resp. Senken der Thüre zu Stande. Letztere wird in zwei vertikalen Nuthen geführt und die Dichtung erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den horizontalen Schiebethüren mittelst Bronce-rahmen. Die wasserdichten Schiebethüren leisten nur dann das von ihnen beanspruchte, wenn sie in allen ihren Theilen gangbar und besonders auf ihren Verschlussflächen vollständig sauber erhalten werden; sie bedürfen

daher der unausgesetzten Aufmerksamkeit besonders in dem Falle, wo sie den Verschluss der Oeffnungen zwischen den Kohlen- und den Heizräumen bilden.

Die wasserdichten Klappthüren sind bezüglich ihrer Construction und der Art ihres wasserdichten Verschlusses so beschaffen, dass sie ohne besondere Sachkenntniss gehandhabt werden können. Sie bestehen aus einer einzigen Blechtafel von solcher Dicke, dass ausser einem, den Rand derselben begrenzenden, geschweissten Winkeleisenrahmen keine weiteren Versteifungen erforderlich sind, um eine Biegung zu verhindern. An der einen Langseite derselben befinden sich die Beschläge für die Angeln, deren Löcher, behufs Ermöglichung eines gleichmässigen Anziehens mittelst der Vorreiber, mit einem gewissen Spielraum die Dorne der Angeln aufnehmen. Die Vorreiber sind in einer Anzahl von 6 bis 10 Stück in geeigneten Distanzen über die ganze Peripherie der Thür vertheilt, derart, dass auf die Ober- und Unterkante wenigstens einer kommt. Dieselben sind auf beiden Seiten der Thür mit Griffen versehen und gestatten eine Drehung von circa 90°; in der Schlussposition stehen sie senkrecht zu den Kanten der Thür, soll dieselbe geöffnet werden, so müssen sie parallel zu den Kanten gestellt werden.

Die wasserdichten Klappthüren.

Zur Herstellung des wasserdichten Abschlusses ist der Rand der Oeffnung im Schott mit einem flach aufgelegten Gummistreifen versehen, der durch zwei Rahmen aus Bronze von \perp förmigem Querschnitt gehalten und geschützt wird. Das die Thür umgebende Winkeleisen kommt in der Verschlussposition mit dem Gummi in Berührung und wird durch Anziehen der Vorreiber wasserdicht gegen dasselbe gepresst.

Ausser den Oeffnungen für das Betreten der wasserdichten Räume resp. für die Communication durch dieselben giebt es noch andere Oeffnungen in den Schotten, die einer um so eingehenderen Controlle seitens der Besatzung eines Schiffes bedürfen, als sie nicht so offen zu Tage liegen als erstere, und die um so gefährlicher werden können, je tiefer im Raume und je versteckter in Folge der anderweitig in den Räumen untergebrachten Gegenstände und Einbauten sie liegen. Die meisten derselben stehen mit dem weiter unten behandelten Drainage- und Pumpensystem im Zusammenhange und sollen dort erwähnt werden. Die übrigen sind folgende:

Andere Durchbrechungen der wasserdichten Schotten.

a) Oeffnungen zur Durchführung sämmtlicher Dampf oder Wasser führenden Rohre zwischen den Kesseln und Maschinen, eventuell Hilfsmaschinen. Dieselben werden mittelst Stopfbüchsen durch die Schotten geführt und zwar die Dampfrohre soviel wie möglich in den oberen, die Wasserrohre gewöhnlich in den unteren Theilen derselben. Da durch die Verletzung eines dieser Rohre in einer überflutheten Abtheilung die Communication zweier benachbarter Räume durch die Rohre hindurch erfolgen kann, so sind dieselben gegebenen Falls mittelst der vorhandenen Absperrventile, Schieber oder Hähne zu schliessen.

b) Oeffnungen für den Durchgang von Ventilationsrohren. Dieselben

müssen allerdings nach Möglichkeit vermieden werden, indem man z. B. sämtliche durch Querschotte gebildete, nach oben offenen Abtheilungen durch innerhalb dieser letzteren an Deck geführte Rohrleitungen ventilirt. Ist dies nicht durchführbar, wie unter anderem bei den unterhalb eines durchgehenden, wasserdichten Panzerdecks gelegenen Räumen, so werden die Ventilationsrohre entweder mittelst wasserdichter Vernietung oder mit Hilfe von Stopfbüchsen durch die Schotten geführt. Gerade die Ventilationsrohre stellen eine gefährliche Communication zwischen den einzelnen wasserdichten Räumen her und sind auch schon die Veranlassung zum Sinken von Schiffen gewesen. Die Controlle derselben kann daher nicht dringend genug empfohlen werden und ist es im Interesse der Sicherheit des Schiffes geboten, die an den Durchgangsstellen durch die Schotten resp. an den Enden derselben vorhandenen wasserdichten Schieber und Verschlüsse im Allgemeinen verschlossen zu halten und sie nur bei dringend gegebener Veranlassung zu benutzen.

c) Durchgangsöffnungen für Sprachrohre. Dieselben können fast stets durch die höher gelegenen Theile der Schotten, welche im Falle einer Ueberfluthung einer Abtheilung über Wasser bleiben, geführt werden, sind indessen trotzdem mit Stopfbüchsen an den Durchgangsstellen zu versehen. Sollte dieses mit Rücksicht auf gewisse örtliche Verhältnisse nicht möglich sein, so bedürfen auch sie eines wasserdichten Verschlusses in den unteren Räumen.

d) Durch die Schotten geführte Wellenleitungen, Ruderreeps, Gestänge zur Bewegung von Ventilen, wasserdichten Thüren; ferner mechanische, pneumatische und electricische Telegraphenleitungen werden ebenfalls soviel wie möglich in den oberen Theilen der Schotten mittelst Stopfbüchsen durchgeführt.

Schwere und leichte Leckagen.

Man kann die Verletzungen der Aussenhaut ihrer Qualität nach in schwere und leichtere unterscheiden, je nachdem das in Folge derselben in's Schiff gelangende Wasser die inneren Räume in kürzester Frist vollständig füllt oder dazu eine längere Zeit gebraucht. Die zum Füllen einer wasserdichten Abtheilung erforderliche Zeit ist aber um so kürzer, je kleiner das dem Wasser zugängliche Volumen und je grösser das, in der Zeiteinheit die in der Aussenhaut vorausgesetzte Oeffnung passirende Wasserquantum ist. Bezeichnet man das Volumen einer wasserdichten Abtheilung mit Q und das pro Sekunde die Leckstelle der Aussenhaut durchströmende Wasserquantum, in einem gewissen mittleren Stadium des Volllaufens, mit q , so wird die betreffende Abtheilung in $\frac{Q}{q}$ Sekunden gefüllt sein. Der Werth Q ist für jede wasserdichte Abtheilung eine gegebene Grösse; q dagegen ist von zwei Factoren abhängig: nämlich von der Grösse der Oeffnung und von der Geschwindigkeit, mit welcher das ins Schiff strömende Wasser die Oeffnung passirt. Bezeichnen wir den Querschnitt der Oeffnung mit O und

jene Geschwindigkeit mit v , unter O Quadratmeter und unter v , Meter pro Sekunde verstanden, so ist

$$q = O \cdot v \text{ Cubikmeter.}$$

Die Geschwindigkeit v ist ihrerseits proportional mit der Entfernung der Leckstelle unter Wasser und dem Widerstande, den das Wasser beim Einströmen desselben ins Schiff erleidet. Bezeichnen wir jene Entfernung mit h und einen den Widerstand berücksichtigenden Coefficienten mit μ , so ist

$$v = \mu \cdot \sqrt{2gh},$$

folglich:

$$q = O \cdot \mu \cdot \sqrt{2gh}.$$

Aufgabe: Wieviel Wasser gelangt durch eine Oeffnung von 1,25 Quadratmeter Inhalt, welche mit ihrem Druckmittelpunkt 5,1 Meter unter Wasser gelegen ist, pro Sekunde ins Schiff, wenn der den Widerstand berücksichtigende Coefficient gleich 0,6 ist?

In diesem Falle ist

$$O = 1,25, h = 5,1, \mu = 0,6, g = 9,81,$$

folglich:

$$q = 1,25 \cdot 0,6 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 5,1} = 7,5 \text{ Cubikmeter.}$$

Zweite Aufgabe. Wieviel Wasser strömt in der ersten Sekunde durch die Oeffnung von 1,25 Quadratmeter Inhalt, wenn der den Widerstand berücksichtigende Coefficient 0,6, die Entfernung des Druckmittelpunkts vom Wasserspiegel dagegen nur 0,81 Meter ist?

In diesem Falle ist:

$$q = 1,25 \cdot 0,6 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,81} = 3 \text{ Cubikmeter,}$$

d. h. weniger als die Hälfte des Quantum der ersten Aufgabe.

Dividirt man die Werthe von q der beiden Aufgaben in der noch nicht ausgerechneten Form durch einander, so erhält man:

$$\frac{1,25 \cdot 0,6 \sqrt{2gh \cdot 5,1}}{1,25 \cdot 0,6 \sqrt{2gh \cdot 0,81}} = \sqrt{\frac{5,1}{0,81}}$$

d. h. die Quantitäten des in der ersten Sekunde durch zwei Leckstellen von derselben Grösse durchströmenden Wassers verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus deren Entfernungen unter Wasser. Hieraus folgt, dass die Leckstellen um so gefährlicher sind, je tiefer sie liegen.

Eine Leckage um so gefährlicher, je tiefer unter Wasser sie liegt.

Es kann somit eine in der Nähe der Wasserlinie gelegene Leckstelle eine leichtere Leckage sein, während trotz der gleichen oder sogar kleineren Grösse des Querschnitts, eine solche in der Nähe des Kiels eine schwere Leckage genannt werden müsste.

Angenommen das pro Zeiteinheit ins Schiff gelangte Wasserquantum ist von vornherein kleiner als dasjenige, welches in derselben Zeiteinheit von den Pumpen bewältigt werden kann, so ist man mit Hilfe der letzteren

im Stande, die betreffende Abtheilung trocken oder lenz zu halten, so dass eventuell Leckstopfer von innen angebracht werden können.

Notwendigkeit
der Lenz-
vorrichtungen.

Ist dagegen das durch die Leckage eingedrungene Wasserquantum in der ersten Zeiteinheit grösser als das von den Pumpen fortschaffbare, so wird das Niveau des Wassers im Inneren des Schiffes zunächst steigen, dadurch wird die ursprünglich vorhandene, die Durchströmungsgeschwindigkeit bedingende Druckhöhe verringert und das in einer späteren Zeiteinheit durchströmende Wasserquantum ebenfalls verringert und womöglich auf ein solches Maass gebracht, dass die Pumpen im Stande sind, ein weiteres Steigen des Wassers zu verhindern. Aus diesem Grunde ist es absolut nothwendig, dass jede einzelne wasserdichte Abtheilung eines Schiffes mit Vorrichtungen zum Lenzen versehen ist, die auch dann in Thätigkeit gesetzt werden müssen, wenn die eintretende Leckage im ersten Augenblick als eine schwere, die Leistungsfähigkeit der Lenzvorrichtungen übersteigende erscheinen sollte. Selbstverständlich werden die Lenzvorrichtungen auch dadurch nothwendig, dass auch das absichtlich z. B. in Form von Ballast in's Schiff gelassene Wasser, sowie dasjenige, welches zum Spülen der Räume benutzt wird, wieder herausgeschafft werden muss.

Das Pumpen-
und
Drainagesystem.

Die Lenzvorrichtungen an Bord eines Schiffes werden gebildet durch die an Bord desselben vorhandenen Pumpen, bei grösseren Schiffen in Verbindung mit dem sogenannten Drainagesystem mit der speciellen Bestimmung, die Leistungsfähigkeit mehrerer Pumpen auf eine einzige Abtheilung concentriren zu können. Zum Drainagesystem gehört demnach zunächst eine möglichst tief im Schiff und in der Nähe der kräftigsten Pumpen gelegene Sammelcisterne, aus welcher jene Pumpen saugen. Sie besteht aus einem aus Platten und Winkeln gebildeten, der Form nach würfelförmig gestalteten, wasserdicht genieteten Kasten, welcher den von je zwei benachbarten Quer- und Längsspannten, sowie der Aussenhaut und eventuell dem Doppelboden gebildeten Raum fast gänzlich ausfüllt. An die vordere und hintere Begrenzung der Sammelcisterne schliessen sich der vordere und hintere Strang des Hauptdrainagerohres, welche so tief wie möglich im Schiffsraum liegend, parallel zur Symmetrieebene des Schiffes bis in die Nähe der Enden desselben sich erstrecken, wo sie mittelst eines wasserdichten Schiebers von einem höher gelegenen Deck aus geschlossen und geöffnet werden können. Das Hauptdrainagerohr ist aus Schmiedeeisen oder Stahl gefertigt und besteht behufs der Erleichterung der Montage aus einzelnen kurzen Stücken, welche wasserdicht miteinander zu einem Ganzen verschraubt werden.

Characteristisch ist der relativ bedeutende Durchmesser, der in einem geeigneten Verhältniss zur Leistungsfähigkeit der aus der Sammelcisterne saugenden Pumpen stehen muss; er beträgt für grössere Schiffe 300 bis 400 Millimeter. Zur Verhütung der Rostbildung ist das Drainagerohr von aussen und von innen verzinkt.

Bei Schiffen mit Doppelboden stimmt die Länge des Hauptdrainage-

rohres im Allgemeinen mit der Längenausdehnung des Doppelbodens überein, dessen wasserdichte Zellen übrigens in keiner Verbindung mit demselben stehen. Die wasserdichten Spanten unterhalb des Doppelbodens durchdringt es mittelst Stopfbüchsen.

Vom Drainagerohr gehen kurze, relativ weite Verbindungsrohre nach sämtlichen wasserdichten Räumen direct oberhalb des Doppelbodens, durch welche diese Räume demnach mit der Hauptcisterne und unter einander, sowie bei geöffneten Endschiebern am Drainagerohr auch mit den vor und hinter dem Doppelboden vorhandenen Räumen in Verbindung stehen. Ferner sind behufs Verbindung der seitlich gelegenen wasserdichten Räume, z. B. der Wallgangabtheilungen und der Zellen oberhalb des wasserdichten Längsspants mit dem Drainagerohr, und dadurch mit der Hauptcisterne, Zweigrohre vorhanden, die ebenfalls aus Eisen oder Stahl gefertigt und verzinkt sind. Auf diese Weise ist demnach der grösste Theil sämtlicher wasserdichter Räume mit der Sammelcisterne resp. den aus der Sammelcisterne saugenden Pumpen in Communication und können die betreffenden Abtheilungen gegebenen Falls durch jene Pumpen einzeln gelenzt werden, wenn nämlich alle übrigen Abtheilungen von jener Communication abgeschlossen sind. Um letzteres zu ermöglichen, sind die Verbindungsrohre der wasserdichten Abtheilungen mit dem Drainagerohr mit wasserdicht schliessenden Ventilen oder Schiebern versehen, welche von einem höher gelegenen Deck aus geöffnet und geschlossen werden können, die Verbindungsrohre zwischen den oberhalb des doppelten Bodens liegenden Abtheilungen mit dem Hauptdrainagerohr ausserdem mit einem selbstthätig functionirenden Ventil, welches so eingerichtet ist, dass es das Einströmen des Wassers vom Drainagerohr aus in diese Abtheilungen verhindert, dagegen das Durchströmen in der anderen Richtung gestattet.

Bei Schiffen der Sachsen-Classe sind zwei Sammelcisternen und zwei Hauptdrainagerohre vorhanden, entsprechend der durch das in der Symmetrieebene befindliche, wasserdichte Längsschott herbeigeführten Anordnung der wasserdichten Räume in zwei symmetrische Gruppen. Ferner sind die Enden der Hauptdrainagerohre bei diesen Schiffen mit je einem wasserdicht gearbeiteten Kasten versehen, an dessen Begrenzungsflächen Vorrichtungen angebracht sind, um Saugeschläuche für die Entwässerung der wasserdichten Abtheilungen vor resp. hinter dem Doppelboden und unter dem Panzerdeck anschrauben zu können.

Als zum Drainagesystem gehörig sind die Schleusenschieber aufzufassen. Man versteht darunter in den unteren Theilen der wasserdichten Schotten angebrachte Schieber, welche von einem höher gelegenen Deck aus bewegbar, die Herstellung einer Communication zwischen zwei benachbarten Räumen gestatten, um eventuell das in einer Abtheilung befindliche Wasser in eine benachbarte übertreten lassen zu können. Es ist dies Manoeuver dann nothwendig, wenn die überfluthete Abtheilung entweder

Drainagerohrstützen und Zweigrohre.

Doppelte Drainagerohre und Sammelcisternen.

Die Schleusenschieber.

kein directes Saugerrohr besitzt, so dass das Saugerrohr der benachbarten Abtheilung in Anspruch genommen werden muss oder wenn man die Saugerrohre verschiedener Pumpen zur Entfernung des Wassers benutzen will.

Bei unseren neuesten Schiffen mit durchgehenden Panzerdecks, welche ausser den mit gepanzerten Süllen versehenen Luken keinerlei Durchbrechungen für Rohrleitungen, Ventilstangen und dergleichen zulassen, ist für die oberhalb des Panzerdecks vorhandenen, wasserdichten Abtheilungen ein besonderes Drainagesystem vorhanden. Die Abtheilungen werden durch Quer- und Längsschotte, welche wasserdicht auf dem Panzerdeck befestigt sind, gebildet. Die äusserste Reihe derselben besitzt eine permanente Korkfüllung; die zweite Reihe bleibt leer und bildet den sogenannten Kofferdamm, während die übrigen zum grössten Theil eine temporäre Füllung in Form von Proviant, Kohlen etc. haben.

Entwässerung
der Zellen ober-
halb eines
Panzerdecks.

Zur Entwässerung der Zellen befindet sich auf jeder Schiffseite in der dritten Zellenreihe von aussen ein Drainagerohr von 200 mm lichter Weite aus verzinktem Stahlblech, welches sich längsschiffs ungefähr soweit erstreckt, wie die Kofferdämme, und welches die von ihm durchsetzten Querschotten wasserdicht passirt. Jedes dieser beiden Rohre entsendet nach den einzelnen Zellen des nebenliegenden Kofferdamms einen mit Absperr- und Rücklaufventil versehenen Saugestutzen; untereinander sind sie mittelst eines querschiffs geführten Rohrs verbunden, welches mit der Centrifugallenzpumpe in Verbindung steht. Mittelst dieser Leitung können demnach direct nur die Zellen der Kofferdämme gelenzt werden; es ist daher nothwendig, sämtliche übrigen Zellen oberhalb des Panzerdecks, mit Ausnahme der mit Kork gefüllten, mittelst Schleusenschieber nach jenen Zellen hin zu entwässern.

Das System der
wasserdichten
Abtheilungen
durch das
Drainagesystem
wieder aufge-
hoben.

Durch das Drainagesystem werden sämtliche wasserdichte Abtheilungen eines Schiffes, mit Ausnahme der Zellen des Doppelbodens, mit einander verbunden und somit die durch die Schotten geschaffene Theilung des Schiffsraumes in wasserdichte Unterabtheilungen wieder aufgehoben. Es sind daher sämtliche Schieber und Ventile, die zum Drainagesystem gehören, im Allgemeinen stets geschlossen zu halten und nur im äussersten Falle zu benutzen.

Durch eine Verletzung der Hauptsammelcisterne, z. B. in Folge einer Grundberührung, wird aus übrigens leicht ersichtlichen Gründen das ganze Drainagesystem ausser Funktion gesetzt, und die in dem Augenblicke der Verletzung etwa mit dem Drainagesystem communicirenden wasserdichten Räume werden volllaufen.

Die Pumpen.

Die an Bord eines Schiffes befindlichen Pumpen werden unterschieden in die eigentlichen Schiffspumpen, welche, durch Menschenkraft betrieben, auch dann brauchbar sind, wenn das Schiff nicht unter Dampf ist, und die Dampfmaschinen. Man stellt an erstere die Anforderung eines wenig Raum beanspruchenden Volumens und geringen Gewichts, verbunden mit grösster

Leistungsfähigkeit und unausgesetzter Gangbarkeit aller Theile. Diesen Anforderungen entsprechen bei unseren älteren Schiffen die nach ihrem Erfinder benannten Downton's-Pumpen, bei unseren neueren Schiffen in erhöhtem Maasse die Stone'schen Pumpen. Beides sind sogenannte mehrkolbige Pumpen, d. h. statt nur eines Kolbens, wie bei den gewöhnlichen Pumpen, sind in der Downton's-Pumpe drei, in der Stone's-Pumpe vier Kolben vorhanden, deren Hin- und Hergang in dem cylindrischen Pumpenkörper das Wasser ansaugt und weiter befördert. Die Bewegung der Kolben geschieht mit Hilfe einer in dem oberen Theile des Pumpenkörpers senkrecht zur Achse gelagerten, mehrfach gekröpften Kurbelwelle, an deren Kurbeln die Kolbenstangen mittelst Kurbelschleifen gekuppelt sind; letztere werden in seitlichen Nuten gerade geführt. Der obere Theil des Pumpenkörpers erhält in Folge dieser Anordnung einen etwas grösseren Durchmesser als derjenige, in welchem die Kolben spielen; er wird mit einem luftdicht aufgeschraubten Deckel versehen, so dass er gegebenen Falls als Windkessel funktionirt und einen continuirlichen Wasserstrahl aus dem Pumpenausguss befördert.

Die Enden der gekröpften Kurbelwelle treten durch Stopfbüchsen aus dem Pumpenkörper heraus und werden durch aufgesteckte Handkurbeln in einer solchen Ausdehnung verlängert, dass die erforderliche Anzahl Leute zum Drehen der Pumpenkurbel Raum findet. Die Handkurbeln sind in klappstützenartig zwischen den Decks aufgestellten und gesicherten Ständern aus Schmiedeeisen gelagert. Wird die Pumpe nicht gebraucht, so werden sie mit ihren Ständern in der Nähe derselben unter Deck oder an den Schiffsseiten aufgefangen. Sämmtliche zu einer Pumpe gehörigen Kurbeln und Ständer werden mit dem Buchstaben der Pumpe und mit Ziffern signirt, so dass gegebenen Falls eine beschleunigte Zusammensetzung derselben stattfinden kann. Mit Rücksicht auf die Thatsache, dass die Saugehöhe einer Pumpe im Maximum nicht grösser sein darf als 10 Meter, und dass die Leistungsfähigkeit einer Pumpe beeinträchtigt wird, wenn die Saugehöhe derselben diesem Maximum zu nahe kommt, werden die Pumpen grösserer, besonders hoher Schiffe, nicht auf deren Oberdeck, sondern auf einem der tiefer gelegenen Decks aufgestellt. Steht unter gleichzeitiger Berücksichtigung einer vortheilhaften Ausnutzung des disponibelen Raumes die Pumpe auf dem Zwischendeck, so kann der zugehörige Handkurbelmechanismus sich gebotenen Falls auch im Batteriedeck befinden; es kommen dann entsprechende Transmissionswellen mit conischen Rädern zur Anwendung.

Was die Anzahl der grösseren Schiffspumpen an Bord eines mit zahlreichen wasserdichten Abtheilungen versehenen Schiffes betrifft, so ist dieselbe um so grösser, je grösser die Anzahl jener Abtheilungen ist. Mit Rücksicht auf die beschränkten Raumverhältnisse auf den einzelnen Decks und auf die Schwierigkeiten, welche die Anordnung der ausgedehnten Handkurbelmechanismen verursacht, ist die Anzahl der Pumpen

Bewegungs-
mechanismen
der Pumpen.

Anzahl der
Pumpen.

indessen selten grösser als fünf. Sie werden von hinten nach vorn mit den grossen Buchstaben des Alphabets bezeichnet, so dass z. B. die Pumpe *A* stets in der hinteren Hälfte eines Schiffes, die Pumpe *E* in der vorderen, die Pumpe *C* mittschiffs zu suchen ist und dass die entsprechend gelegenen Abtheilungen im Allgemeinen zu den genannten Pumpen gehören.

Um demnächst mit Hilfe der beschränkten Anzahl von Pumpen das Wasser aus sämtlichen Abtheilungen entfernen zu können, kann man sich in erster Linie des Drainagesystems bedienen. Da jedoch das Drainagesystem nicht alle an Bord eines Schiffes befindlichen Räume beherrscht und ausserdem der Fall eintreten kann, dass dasselbe unklar geworden ist, so besteht das Mittel, jene zahlreichen Abtheilungen mittelst nur weniger Handpumpen zu entwässern, darin, dass man das Saugerrohr einer Pumpe in soviel Zweige spaltet, als man wasserdichte Räume von der Pumpe aus lenzen will.

Die Wechselplatte der Downton- und Stonepumpen.

Dies geschieht mit Hilfe der sogenannten Wechselplatte, welche sich in der Nähe der Pumpen, eventuell auf einem Sockel aus Eisenblech von solcher Höhe befindet, dass sie oberhalb des Niveaus des äusseren Wasserspiegels ist. Sie besteht aus einem bronzenen Gussstück mit einer centralen Oeffnung für das von der Pumpe kommende Verbindungsrohr und etwa sechs im Kreise angeordneten Oeffnungen für ebenso viele Saugerrohre, welche im Nichtgebrauchsfalle mit aufgeschraubten Deckeln wasserdicht verschlossen sind. An das von der Pumpe kommende Rohr schliesst sich wasserdicht und dabei drehbar ein Krümmer oder Schwanenhals, dessen zweite Oeffnung mittelst Verschraubung wasserdicht mit einem der übrigen an der Wechselplatte endigenden Rohre verbunden werden kann, aus welchem demnach die Pumpe, sobald sie in Gang gesetzt wird, saugen würde. Das eine der an der Wechselplatte mündenden Rohre steht immer mit dem Pumpen-Kingston in Connex, um aus See saugen zu können, wenn die Pumpe zum Deckwaschen oder zum Feuerlöschen gebraucht werden soll; die übrigen führen dagegen auf dem kürzesten Wege, jedoch so, dass sie an keiner Stelle im Schiff hinderlich sind, nach den betreffenden Abtheilungen, aus denen die Pumpe saugen soll. Damit das von den Kolben der Pumpe angesaugte Wasser beim Niedergang derselben nicht wieder in die Saugleitung zurückgepresst wird, befindet sich in dem vertikal gerichteten, mit den von der Wechselplatte abgehenden Rohren zu verbindenden Theile des Schwanenhalses, das sogenannte Rücklaufventil, welches den Durchgang des Wassers nach der Pumpe hin gestattet und in der entgegengesetzten Richtung verhindert. Ein ebensolches Ventil befindet sich in einem besonderen Gehäuse aus Bronze in der Nähe der Enden der Saugerrohre, mit der speciellen Bestimmung, die Rohrleitung bis zur Wechselplatte voll Wasser zu erhalten und dadurch ein sofortiges Anschlagen der Pumpe im Gebrauchsfalle zu bewirken. Von diesem zweiten Rücklaufventil aus führt die Saugleitung direct nach dem tiefst gelegenen Punkte der betreffenden

Rücklaufventil im Schwanenhals.

wasserdichten Abtheilung, etwa 30 mm über dem Boden endigend. Es ist dort ein aus verzinktem Eisenblech gefertigter Saugkorb vorhanden mit der Bestimmung, den Eintritt fester Bestandtheile in die Rohrleitung zu verhindern.

Angenommen, es seien an Bord eines Schiffes fünf Pumpen mit Wechselplatten zu sechs Rohren vorhanden, so kann man mit Hilfe derselben nach Abzug der Rohre nach den Seehähnen oder Kingstons zunächst 25 Abtheilungen lenzen, u. zw. deren fünf zu gleicher Zeit. Besitzt das Schiff mehr Abtheilungen, so genügt die Einrichtung noch nicht und es muss eine noch weiter gehende Spaltung der Saugerohre bewirkt werden. Um z. B. die zahlreichen Zellen des Doppelbodens zu lenzen, werden mehrere derselben an ein gemeinschaftliches, zur Wechselplatte führendes Rohr angeschlossen. Zu dem Ende werden kurze Saugestutzen aus verzinktem Schmiedeeisen durch die Beplattung des doppelten Bodens bis fast auf den äusseren, durch die Aussenhaut gebildeten Boden, geführt. Oberhalb des doppelten Bodens schliessen sich diese Stutzen an ein Ventilgehäuse mit Rücklaufventil, welches dreierlei verschiedene Funktionen hat:

Es kann nämlich mittelst einer den Deckel des Ventilgehäuses wasserdicht passirenden Spindel auf seinen Sitz niedergeschraubt werden, von seinem Sitz dauernd abgehoben werden und als selbstthätiges Bodenventil spielen. Die Ventilgehäuse der zu einem Saugestrang gehörigen Zellen werden durch eine gemeinschaftliche Rohrleitung mit jenem Saugestrang verbunden. Die betreffenden Ventile heissen Niederschraubventile; zu ihrer Handhabung sind sie an Ort und Stelle mit einem Handrade versehen; ausserdem sind an ihnen Marken angebracht, welche äusserlich die Stellung des Ventils erkennen lassen. Soll eine wasserdichte Zelle des Doppelbodens von Wasser befreit werden, so sind mithin folgende Operationen erforderlich:

Das Niederschraubventil mit drei Funktionen.

- 1) die Aufstellung der Handkurbeln;
- 2) Verbindung des Schwanenhalses auf der Wechselplatte mit dem an der letzteren mündenden Rohrstrange, welcher nach derjenigen Gruppe von Zellen führt, zu denen die zu lenzende gehört;
- 3) Einstellung des zu dieser Zelle führenden Niederschraubventils, so dass es als Rücklaufventil spielt;
- 4) Niederschrauben der übrigen an dasselbe Rohr angeschlossenen Ventile; endlich
- 5) Ingangsetzung der Pumpen.

Lenzen einer Abtheilung des Doppelbodens.

Soll eine Zelle des Doppelbodens mit Ballastwasser gefüllt werden, so hat dieses wie folgt zu geschehen: Man verbindet den Schwanenhals mit dem Seehahn oder Kingstonventil der Pumpe; ausserdem den Pumpenausguss mittelst eines kurzen Schlauches, der an beiden Enden mit entsprechenden Verschraubungen versehen ist, mit dem nach der zu füllenden Zelle führenden Rohr; man hebt das Rücklaufventil am Ende der Rohrleitung aus seinem Gehäuse heraus, zu welchem Zweck der Deckel des

Füllen einer Abtheilung des Doppelbodens.

selben ab- und wieder aufzuschrauben ist; endlich wird das zu der betreffenden Zelle gehörige Niederschraubventil durch Drehen seiner Spindel von seinem Sitze abgehoben, während man sich gleichzeitig überzeugt, dass die übrigen zu demselben Rohrstrang gehörigen Niederschraubventile tatsächlich niedergeschraubt sind. Nach Oeffnung des Seehahns und Ingangsetzen der Pumpe wird das Wasser, von aussen her durch den Seehahn eintretend, die Wechselplatte und deren Schwanenhals, demnächst das Verbindungsrohr zwischen diesem und der Pumpe passirend, in den Pumpenkörper gelangen; durch die Kolben hindurch bewegt es sich zum Ausguss und durch den Verbindungsschlauch nach der Wechselplatte zurück, um endlich seinen Weg nach der zu füllenden Zelle durch den zugehörigen Rohrstrang, dessen Rücklaufventilgehäuse und Niederschraubventil zu beendigen. Ist die ganze Rohrleitung in allen ihren Theilen, sowie der Pumpenkörper und die Ventilgehäuse einmal vollständig mit Wasser gefüllt, so bedarf es der Bewegung der Pumpe nicht mehr, da die Leitung vom Seehahn bis zur Zelle einen Heber bildet, durch welchen das Wasser nun selbstthätig weiter strömt.

Was das Füllen und Entleeren von hermetisch verschlossenen Räumen betrifft, so wird dasselbe nur in dem Maasse geschehen, als die Spannkraft der in der Abtheilung vorhandenen Luft dieses zulässt; soll dieselbe daher vollständig gefüllt oder vollständig entleert werden, so müssen an derselben kleine Hähne zur Ausgleichung des Luftdrucks vorhanden sein. Für die tiefer gelegenen Räume werden diese sogenannten Lufthähne der Sicherheit halber unter Einschaltung eines Rohrs von geringem Durchmesser auf einem der höher gelegenen Decks angebracht.

Die Druckrohr-
leitung.

Um das von den Pumpen geförderte Wasserquantum fortzuschaffen, ist jede derselben mit einem Ausgussrohr versehen, an welchem sich meist in unmittelbarer Nähe der Pumpe ein permanentes Druckrohr und ein temporäres in Form eines angeschraubten Schlauches befindet. Ersteres besitzt zunächst ein mittelst Hahn oder Ventil absperrbares Zweigrohr, welches auf dem kürzesten Wege nach aussenbords führt. Seine Mündung daselbst muss im Interesse einer erhöhten Leistungsfähigkeit der Pumpe so tief wie möglich liegen. Ein anderer Zweig führt, wenn die Pumpe nicht gerade auf dem Oberdeck, auch nicht unter einer Back oder Campagne steht, vertikal nach oben, durchdringt mittelst geeigneter Dichtungs-
vorrichtungen die betreffenden Decks, eventuell auch die von Back und Campagne und ist auf jedem Deck mit einer Vorrichtung zum Anschrauben eines Spritzenschlauchs versehen, um die Pumpe zum Feuerlöschen, Deckwaschen, Abspülen der aus dem Grunde gehievten Anker und Ketten und dergleichen benutzen zu können.

Material der
Schiffspumpen
und Rohr-
leitungen.

Das Material, aus welchem die Downtons- und Stones-Pumpen nebst zugehörigen Ventilgehäusen, Hähnen und Wechselplatten gefertigt werden, ist Bronze, welche den Vorzug besitzt, in Berührung mit Seewasser am wenigsten zu oxydiren und daher die betreffenden Theile am längsten gangbar

zu erhalten. Die permanenten Rohrleitungen bestehen aus demselben Grunde aus reinem Kupfer, welches ausserdem gestattet, die vielfachen Krümmungen einer Leitung auf relativ leichte und einfache Weise herzustellen. Die unteren Enden jeder Saugleitung bestehen dagegen behufs Vermeidung einer galvanischen Action auf das Eisen- oder Stahlmaterial des Schiffskörpers aus verzinktem Eisen resp. Stahl.

Bezüglich der Anordnung der Krümmungen einer Saugleitung ist zu bemerken, dass das Rohr an allen Stellen aufwärts streben muss, um die Bildung eines sogenannten Luftsackes zu vermeiden, was ein mangelhaftes Funktioniren resp. Versagen der Pumpe zur Folge hat. Ist ein Luftsack absolut nicht zu vermeiden, so muss an dessen höchster Stelle ein kleiner Hahn zum Ablassen der Luft vorgesehen werden.

Befindet sich das Schiff unter Dampf oder ist ein Hilfskessel unter Dampf vorhanden, so können die im Uebrigen für den Betrieb der Schiffsmaschine vorhandenen Pumpen zum Lenzen der wasserdichten Räume gebraucht werden. Es geschieht dies vorzugsweise unter Benutzung des Drainagesystems, indem man die sich zu diesem Zwecke eignenden Pumpen mit einer absperrbaren Saugleitung nach der Hauptsammelcisterne oder direct nach dem Hauptdrainagerohr versieht. Die betreffenden Pumpen würden sein: die Maschinenlenzpumpen und die Circulationspumpen, welche letztere von besonders grosser Leistungsfähigkeit sind und stets zu dem angegebenen Zwecke benutzt werden sollten.

Die durch Dampf
getriebenen
Pumpen.

Bei Schiffen ohne Doppelboden und Wallgänge ist ein Drainagesystem in der vorstehend beschriebenen Ausdehnung nicht vorhanden. Was bei denselben Hauptdrainagerohr genannt wird, ist das Saugerohr der Dampfpumpen. Dasselbe ist mit Rücksicht auf deren grosse Leistungsfähigkeit von ähnlichen Dimensionen, wie ein Hauptdrainagerohr und wird ebenso wie dieses aus kurzen Längen zusammengesetzt, die einzeln aus verzinktem Eisen- oder Stahlblech gefertigt sind. Abweichend von einem gewöhnlichen Drainagerohr, welches das Wasser selbstthätig, d. h. unter dem Einfluss des höher gelegenen Wasserniveaus in der zu entwässernden Abtheilung nach der Sammelcisterne führt, besitzt das in Rede stehende grosse Saugerohr in jeder grösseren Abtheilung ein Zweigsaugerohr mit Absperrventil von einer zum Durchmesser des Hauptrohrs in einem passenden Verhältniss stehenden lichten Weite.

Bei unseren neuesten Schiffen mit voll ausgebildetem Pumpen- und Drainagesystem sind übrigens, lediglich zum Manoeuver mit den wasserdichten Abtheilungen bestimmte Circulationslenzpumpen mit Dampfbetrieb vorgesehen.

Vorzugsweise für Torpedoboote eignet sich der ebenfalls durch Dampf getriebene Lenzjector, der sich durch geringes Volumen, einfachen Betrieb und grosse Leistungsfähigkeit auszeichnet.

Die Signirung
der zum
Drainage- und
Pumpensystem
gehörigen Ein-
richtungen.

Das zweckentsprechende Manoeuvriren mit den wasserdichten Abtheilungen, dem Drainage- und Pumpensystem bedingt eine klare und sichere Uebersicht sämmtlicher auf diesen Gegenstand bezüglicher Einrichtungen. Um diese zu ermöglichen, bedarf es einer möglichst eingehenden, allgemein verständlichen Bezeichnung derselben, welche sich leicht dem Gedächtniss einprägt. Beginnen wir mit der Bezeichnung der wasserdichten Querschotten, so tragen dieselben die Nummern desjenigen Spants, in dessen Querebene sie stehen, z. B. Schott 42 ist das in der Ebene von Spant 42 befindliche Schott. Die durch Querschotte gebildeten wasserdichten Abtheilungen werden mit römischen Ziffern und zwar von hinten nach vorn nummerirt. Abtheilung I befindet sich demnach stets unmittelbar vor dem Hintersteven. Jede wasserdichte Abtheilung dieser Art an Bord des Schiffes erhält auf den begrenzenden Querschotten an einer in die Augen fallenden Stelle ihre Bezeichnung und die Schottnummer, am besten mit weissen Zahlen auf blauem Grunde. Wird eine Abtheilung von einem oder mehreren Decks unterbrochen, so wird die Bezeichnung in allen auf diese Weise abgetrennten Räumen wiederholt. Auch auf dem Oberdeck werden die Stellen, wo sich Schotten befinden, durch deren Nummern seitlich an der Verschanzung markirt. Die wasserdichten Spanten im Doppelboden werden ebenfalls nach den Spanten, an denen sie sich befinden, benannt und in ähnlicher Weise signirt. Hat das Schiff ein durchgehendes Panzerdeck, so werden die von den Querschotten oberhalb des Panzerdecks gebildeten Abtheilungen mit arabischen Ziffern von hinten nach vorn bezeichnet und die durch die Längsschotten gebildeten Zellenreihen als Mittelzellen, Seitenzellen, Kofferdamm und Korkzellen unterschieden. Die wasserdichten Längsschotten bei Schiffen ohne Panzerdeck sind an Bord in so geringer Zahl vertreten, dass eine Nummerirung derselben nicht geboten erscheint. Ihre Signatur entspricht der vollen Bezeichnung, z. B. „wasserdichtes Mittelschott“, „Wallgangsschott“ etc. Das Drainagesystem eines Schiffes liegt im Allgemeinen vollständig verdeckt und da man selbst beim Besteigen der Räume, in denen sich dasselbe befindet, nur Theile desselben zu Gesicht bekommt, so bedient man sich an Bord unserer grösseren Schiffe eines Modells der Drainageleitung im Zusammenhang mit den betreffenden wasserdichten Räumen, in welchem alle verdeckenden Theile weggelassen sind und welches eine deutliche Uebersicht gestattet. Die meisten der Bewegungsmechanismen der Ventile, Schieber und Hähne des Drainagesystems sind übrigens bis zu einem der höher gelegenen Decks, womöglich bis zum Oberdeck, hinaufgeführt, wo sie in Decksverschraubungen endigen. Die Decksverschraubungen tragen eine eingravirte Nummer und die abgekürzte Bezeichnung des Schiebers oder Ventils, welches sich darunter befindet. Bei der Ausführung des Manoeuvres ist zunächst die Decksverschraubung durch Linksdrehung mittelst des zugehörigen Schraubenschlüssels zu öffnen und demnächst das Ventil oder der Schieber ebenfalls mittelst Aufsteck-

schlüssel durch Linksdrehung zu öffnen, durch Rechtsdrehung zu schliessen. Die zugehörigen Schlüssel sind in Form von Universalschlüsseln, welche zu jeder Verschraubung passen, in der Nähe der Gebrauchsstelle verstaut und dürfen unter keinen Umständen verschleppt werden. Die Nummerirung der Verschraubungen erfolgt vom untersten Deck aus von hinten nach vorn und setzt sich auf den folgenden Decks stets am hinteren Ende beginnend fort.

Die sogenannten Peilrohre, d. h. solche, durch welche hindurch von Deck aus der Wasserstand in den einzelnen Abtheilungen constatirt wird, indem man an einer Schnur einen eisernen Maassstab, den Peilstock, bis auf den Boden der Abtheilung herunterlässt, um demnächst durch Ablesung des nass gewordenen Theils desselben einen Schluss auf den Wasserstand zu machen, endigen ebenfalls in Deckverschraubungen, deren Signirung durch den eingravirten Buchstaben *P* bewirkt wird. Die Pumpen werden mit den grossen Buchstaben des Alphabets und zwar von hinten nach vorn bezeichnet. Die zugehörigen an den Wechselplatten endigenden Rohre erhalten auf der Wechselplatte die abgekürzte Bezeichnung der Abtheilungen, wohin sie führen; zwischen den Decks und im Raum dagegen den Buchstaben der Pumpe und eine Nummer.

Die Decksverschraubungen mit ihren Nummern und der entsprechenden Bedeutung werden übrigens auf besonderen Decksplänen in kleinerem Maassstabe für den Gebrauch an Bord dargestellt. Ausserdem erhält jedes Schiff besondere Rohrpläne, aus denen sich der allgemeine Verlauf der Rohre und ihre Bestimmung unter Anwendung verschiedener Farben deutlich erkennen lässt. In denselben ist auch die Feuerlöschrohrleitung, die auf unseren grösseren Schiffen durch eine Dampfmaschine gespeist wird, zur Darstellung gebracht und sind die Stellen innerhalb jeder Abtheilung angegeben, wo der Spritzenschlauch angeschraubt werden muss. Desgleichen die Rohrleitung zum Unterwassersetzen der Munitionsräume mit der besonderen Einrichtung, dass deren Decksverschraubungen noch einen speciellen Verschluss besitzen, welcher nur mittelst eines beim Commandanten des Schiffes befindlichen Schlüssels geöffnet werden kann.

Zur Aufbewahrung des von den Schiffen an Bord genommenen Frischwassers, sowie des mit Hilfe des Destillirapparates gewonnenen, sind an Bord aus Schmiedeeisen gefertigte und in der Wasserlast verstaute Wasserkisten (Tanks) vorhanden. Dieselben haben im Allgemeinen eine cubische Form mit nach Bedürfniss abgeschrägten Kanten; inwendig sind sie mit einer dünnen Schicht Cement bestrichen, um das Wasser reiner und schmackhafter zu erhalten. Sie haben in ihrer oberen Begrenzung einen mit Bajonnetverschluss versehenen Deckel. Zum Füllen der Tanks ist auf unseren grösseren Schiffen eine besondere Downtons- oder Stones-Pumpe vorhanden, deren Saugerohr- und Druckrohrleitung aus Eisen gefertigt sein muss. Erstere führt von der Pumpe auf dem kürzesten Wege zur Bordwand, wo dieselbe aussenbords mit einer Verschraubung nebst Deckel ver-

sehen ist; ein dort angeschraubter Saugeschlauch nach dem längsseitliegenden Wasserfahrzeug vervollständigt die Leitung. Die Druckleitung führt bis in die Wasserlast resp. endet an einem der diese begrenzenden Schotten mit einer Verschraubung zur Aufnahme eines Schlauches, der so lang sein muss, dass er in die Oeffnungen sämmtlicher Wasserkisten hineingehängt werden kann. Auch das Leitungsrohr vom Destillirapparat zu den Wasserkisten ist aus Schmiedeeisen gefertigt; es endet ebenfalls mit einer Verschraubung in der Nähe der Tanks, zu welcher derselbe Schlauch benutzt werden kann, der für die Pumpenleitung gebraucht wird.

Zur Entnahme des Wassers aus den Tanks für die Bedürfnisse der Küche, Pantries etc. genügen kleine Hebelpumpen, die jedoch stets als Sauge- und Druckpumpen ausgeführt sind. Mittelst derselben werden die für die Combüsen und Pantries in der Nähe der Gebrauchsstelle und höher als diese eingebauten und der Controlle halber nothwendigen, besonderen Wasserkisten gefüllt, denen das Wasser mittelst Hähnen entnommen wird.

Obleich das Drainage- und Pumpensystem eines grösseren Schiffes beim ersten Studium einen allerdings complicirten Eindruck macht, so ist die Complication bei weiterem Eindringen in die Einzelheiten doch nur eine scheinbare. Die Einfachheit ist sogar so gross, dass sich alles zu wissen wünschenswerthe ohne Schwierigkeit in ein Schema bringen lässt, welches seinerseits wiederum geeignet ist, eine schnelle Orientirung über die in Frage kommenden Details zu gewähren und beim Manoeuver als sicherer Anhalt zu dienen. Dieses Schema ist die sogenannte Lenztafel, unter welcher Bezeichnung dasselbe allen Schiffen mit wasserdichten Schotten mitgegeben wird. Auf Seite 180 und 181 ist die Lenztafel eines Schiffes mit Panzerdeck und Doppelboden abgedruckt und sind auf Seite 182 die ebenfalls auf der Lenztafel gemachten Bemerkungen über die Lenzvorrichtungen, sowie über die Leistungsfähigkeit der Pumpen hinzugefügt. Für ein Schiff ohne Panzerdeck reducirt sich die Lenztafel auf das untere Drittel der Tafel, welches die Räume unterhalb des Panzerdecks behandelt. Die Oberkante des Schemas ist mit einer den Spanten entsprechenden Eintheilung versehen und sind durch diejenigen Nummern derselben, wo sich Querschotte befinden, vertikale Linien gezogen. Für die Räume oberhalb des Panzerdecks sind demnächst in den links befindlichen Aufschriften 5 Reihen von Zellen angegeben, deren horizontale Trennungsstriche, soweit sie dicker ausgezogen erscheinen, die Längsschotten andeuten, so dass der betreffende Theil der Lenztafel gewissermassen als Grundriss des Zellensystems angesehen werden kann. Jede einer Zellenreihe gewidmete Horizontalzone ist ferner durch zwei resp. drei horizontale Linien in 3 resp. 4 Unterabtheilungen getheilt, welche seitlich mit der Aufschrift „Verwendung“, „Lenzrohrstutzen“ und „Schleusenschieber“ versehen sind und sind die betreffenden Angaben in den durch die vertikalen Linien geformten Rechtecken eingetragen.

Unterhalb der Zonen *K*, *Sz. B*, *M*, *Sz. St.* und *K* ist in der seitlichen

Aufschrift angegeben, wie hoch die Querschotten hinaufreichen; die horizontalen Linien stellen nämlich in der Reihenfolge von oben nach unten die oberhalb des Panzerdecks vorhandenen Decks resp. Plattformen dar.

Der untere Theil der Lenztafel ist den Abtheilungen unterhalb des Panzerdecks gewidmet. Die vertikalen Linien stellen wiederum die Querschotten mit ihren Spantnummern dar. In der seitlichen Aufschrift sind zunächst die Räume vor resp. hinter dem Doppelboden berücksichtigt und nach Verwendung, Lenzrohr, Drainagestützen und Schleusenschieber, weiter detaillirt. Dasselbe ist in einer folgenden Zone für die Räume oberhalb des Doppelbodens geschehen. Die untersten drei Zeilen der Lenztafel stellen die Theilung der betreffenden Räume in horizontaler Richtung dar und geben an, wie hoch die wasserdichten Querschotten reichen.

Zur Einführung in den Gebrauch der Lenztafel dienen folgende mit deren Hülfe zu lösende Aufgaben:

Aufgaben
mittels der
Lenztafel zu
lösen.

1te Aufgabe: Wie weit erstrecken sich die oberhalb des Panzerdecks befindlichen Zellen des Kofferdamms?

Mit Hilfe der Lenztafel ergibt sich die Antwort „von Spant 17 bis Spant 65“.

2te Aufgabe: Wieviel Zellen enthalten die Kofferdämme?

Das Auszählen mit Hilfe der Lenztafel ergibt für Backbord 18 und für Steuerbord 18 Zellen, im Ganzen 36 Zellen.

3te Aufgabe: Welche Schotten oberhalb des Panzerdecks reichen bis zum Oberdeck, welche bis zum Zwischendeck?

Ein Blick auf die Lenztafel genügt, um zu sehen, dass die Schotten Nr. 11, 24, 33 und 62 bis zum Oberdeck und alle übrigen bis zum Zwischendeck reichen.

4te Aufgabe: Wie wird die durch die Schotten 27 und 30 begrenzte Mittelzelle gelenzt?

Die Lenztafel ergibt, dass sich das Wasser mittelst des an der Achterkante dieses Raumes auf Backbord befindlichen Schleusenschiebers in die benachbarte Seitenzelle und von dort durch den ebenso gelegenen Schleusenschieber in den Kofferdamm ablassen lässt, von wo aus es nach Oeffnung des Niederschraubventils in das Seitenlenzrohr tritt; die aus diesem saugenden Pumpen sind nach den Bemerkungen zur Lenztafel auf Seite 182 die Centrifugallenzpumpe, welche pro Stunde 300 Cubikmeter Wasser schafft und die Pumpen *A* und *E* mittelst der Saugerohre Nr. 6, welche pro Stunde 27 Cubikmeter liefern. Die Lenztafel besagt ferner, dass die zu öffnenden Schleusenschieber und das Ventil im Kofferdamm vom Zwischendeck aus manoeuvrirt werden und dass das beschriebene Manoeuver auch auf *St. B.* ausführbar ist.

5te Aufgabe: Während das Schiff momentan eine Schlagseite nach Steuerbord hat, wird dasselbe vor Spant 17 in einer Entfernung von 0,75 Meter unter der Wasserlinie der aufrechten Position von einer Granate getroffen, welche, ohne zu crepiren, die Aussenhaut, die Korkschiebt, die begrenzenden

Spantennummern mit Decken.		7	8	7	7 1/2	7 1/2	8 1/2	9	9 1/2	10	11		
Abtheilungen über dem Pumpdeck.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Backbord	H. Koffer.	Verwendung		Brod	Brod	Offic. Vertheil.	Deckoff. Vertheil.						
		Lanzrohr stützen.		von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	
		Decklansen, schieber.						von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	
	Sz. B. Seitenzellen	Verwendung		Brod	Brod	Offic. Vertheil.	Deckoff. Vertheil.		Maach. Vertheil.			Abblen. Abblen.	
		Lanzrohr stützen.	von Lwd.										
		Decklansen, schieber.		von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.		von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	
	M. Mittelzellen	Lanzrohr	Pumpe A6										
		Verwendung		Ordn. dach.	Officiers	Deck. offic.	Maach. Vertheil.					Abblen. Abblen.	
		Verwendung		Ver. rath.	Vertheil.	Ver. rath.	Langrohrst.					Abblen. Langr.	
	Steuerbord	Sz. St. Seitenzellen	Lanzrohr	Pumpe A6									
			Decklansen, schieber.		von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.		von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	
			Lanzrohr stützen.			von Lwd.							
H. Koffer.		Verwendung		Brod	Brod	Offic. Vertheil.	Deckoff. Vertheil.		Maach. Vertheil.			Abblen. Abblen.	
		Decklansen, schieber.						von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	
		Lanzrohr stützen.			von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.	von Lwd.		
Wasserdeck		Überdeck			11				24		39		
		Einwärtsdeck	5	8		14	17	21	27	30	35	44	
Abtheilungen unter dem Pumpdeck.		Stattfundek zum Langrdeck											
			I		II		III		IV		V		
Vor und hinter dem Doppelboden		Verwendung	Steuer. Beschieb.		Pumpe A2		Pumpe A2		Pumpe A2		Pumpe A2		
		Lanzrohr	Pumpe A2		Pumpe A2		Pumpe A2		Pumpe A2		Pumpe A2		
	Drainage, rotorstützen.			von Lwd.		von Lwd.		von Lwd.		von Lwd.			
Dop. pol. Sen.	Verwendung							Maach. an Ram.		Maach. an Ram.			
	Lanzrohr und Doppelboden							Pumpe A2+B3		Pumpe B3+B4			
	Lanzrohr über Doppelboden							Pumpe A4		Pumpe B2			
	Drainage rotorstützen							von Lwd.		von Lwd.			
Wasserdeck	Langrdeck			12		20		23		38			
	Stattfundek über dem Einwärtsdeck	von Lwd.						24		31			

Bemerkungen zu umstehender Lenztafel.

a) Lenzvorrichtung über dem Panzerdeck.

In den Seitenzellen, binnenbords vom Kofferdamm, liegt je ein Lenzrohr von grösserem Durchmesser, welche durch ein Querrohr verbunden sind, aus dem die Centrifugallenzpumpe saugt.

Aus den Seitenlenzrohren saugen ferner die Pumpen *A* u. *E* mittelst Rohr Nr. 6.

b) Lenzvorrichtung unter dem Panzerdeck.

Das Hauptdrainagerohr liegt im Doppelboden und reicht von Spant 12 bis Spant 72.

Die Hauptsammelcisterne liegt bei Spant 34—35.

Aus ihr saugen: die Pumpe *B* mittelst Rohr Nr. 4.

„ „ *C* „ „ Nr. 4.

die Maschinenlenzpumpe.

die Maschinenhandpumpe.

Dem Hauptdrainagerohr sind direct angeschlossen:

1) Eine besondere Centrifugallenzpumpe.

2) Zwei Circulationspumpen.

Die Stonespumpe <i>A</i> saugt mittelst Rohr	}	Nr. 1 aus See.
		„ 2 aus den Abtheilungen I, II und III.
		„ 3 aus dem Doppelboden, Abtheilung IV.
		„ 4 von oberhalb des Doppelbodens, Abtheilung IV.
		„ 5 aus dem Hauptdrainagerohr.
		„ 6 aus den Seitenlenzrohren über dem Panzerdeck.
Die Stonespumpe <i>B</i> saugt mittelst Rohr	}	Nr. 1 aus See.
		„ 2 aus Abtheilung V.
		„ 3 aus dem Doppelboden, Abtheilung V.
		„ 4 aus dem Hauptdrainagerohr.
		„ 5 aus dem Doppelboden, Abtheilung IV.
Die Stonespumpe <i>C</i> saugt mittelst Rohr	}	Nr. 1 aus See.
		„ 2 aus Abtheilung VI, oberhalb des Doppelbodens.
		„ 3 aus dem Doppelboden, Abtheilung VI.
		„ 4 aus der Hauptsammelcisterne.
Die Stonespumpe <i>D</i> saugt mittelst Rohr	}	Nr. 1 aus See.
		„ 2 aus Abtheilung VII, oberhalb des Doppelbodens.
		„ 3 aus dem Doppelboden, Abtheilung VII.
		„ 4
Die Stonespumpe <i>E</i> saugt mittelst Rohr	}	Nr. 1 aus See.
		„ 2 aus Abtheilung VIII und aus dem Doppelb., Abth. VII.
		„ 3 aus dem Doppelboden, Abtheilung VII.
		„ 4 aus dem Hauptdrainagerohr.
		„ 5 aus den Abtheil. 27, 28 u. 29 oberhalb d. Panzerdecks.
		„ 6 aus den Seitenlenzrohren.

Leistung der Pumpen.

Eine der zu vorstehender Lenztafel gehörigen Stonesumpen liefert unter günstigen Betriebsbedingungen	27 Cubikmeter Wasser	} pro Stunde.
Die Centrifugallenzpumpe	300 „ „	
Zwei Circulationspumpen	720 „ „	
Die Maschinenhandpumpe	2 „ „	
Die Maschinenlenzpumpe	32 „ „	

Schotte des Kofferdamms und das nächste Längsschott durchschlägt, demnächst das Zwischendeck durchbricht und auf Steuerbord wieder herausgeht; sie hinterlässt in der Korkfüllung eine auf 2 Quadratdecimeter zu taxirende Oeffnung.

- 1) Wie viel Wasser wird bei aufrechter Schiffslage in der ersten Sekunde einströmen?
- 2) Welche Zellen oberhalb des Panzerdecks werden gefüllt werden?
- 3) Ist man im Stande, das eingedrungene Wasser mittelst einer Stones-Pumpe in solchem Maasse zu bewältigen, dass sich im Kofferdamm ein Leckstopfer anbringen lässt?
- 4) Wie kann die praktische Ausführung des Leckstopfens bewirkt werden?

Zu 1) Das in der ersten Sekunde eingedrungene Wasserquantum wird sein:

$$Q = O \cdot \mu \cdot \sqrt{2gh}$$

worin $O = 0,02$, $\mu = 0,6$, $2g = 19,62$ und $h = 0,75$, so dass

$$Q = 0,046 \text{ Cubikmeter}$$

oder 46 litres wird.

Zu 2) Ein Blick auf die Lenztafel zeigt, dass die Kofferdammzelle 6, die Steuerbordseitenzelle 6 und die Mittelzelle 6 volllaufen werden.

Zu 3) Da eine Stones-Pumpe pro Stunde, d. h. in 3600 Sekunden, 27 Cubikmeter oder 27000 litres Wasser schafft, so liefert sie pro Sekunde $\frac{27000}{3600} = 7,5$ litres; durch das Leck strömt demnach in den ersten Stadien

des Vorganges ungefähr 6 mal so viel Wasser ein, als eine Stones-Pumpe zu schaffen vermag, mithin würde, um den betreffenden Zweck zu erreichen, die Circulationslenzpumpe, welche pro Stunde 300 Cubikmeter und pro Sekunde $\frac{300000}{3600} = 83\frac{1}{3}$ litres bewältigt, anzustellen sein.

Zu 4) Die Ausführung des Leckstopfens würde das Besteigen der Kofferdammzelle durch einen Zimmermann, eventuell mit einem Mann zur Hilfeleistung erforderlich machen, welche vor die Leckage im äusseren Kofferdammschott eine Hängematte, auf diese etwa eine Backstischplatte zu legen haben, welch' letztere mittelst einer oder mehrerer Holzspreitzen gegen das innere Kofferdammschott abzusteißen sein würde.

6te Aufgabe: Wieviel grössere wasserdichte Abtheilungen und wieviel Doppelbodenzellen sind unterhalb des Panzerdecks vorhanden?

Die Lenztafel sagt 10 grössere Abtheilungen vor resp. hinter und oberhalb des Doppelbodens und 20 Doppelbodenzellen.

7te Aufgabe: Angabe der Verwendung und der Lenzvorrichtungen des Raumes VIII unterhalb des Panzerdecks.

In Raum VIII befinden sich die vorderen Munitionskammern und die Wasserlast; die Entwässerung geschieht mittelst des Hauptdrainagerohres und Pumpe E, Rohr Nr. 2.

Das beste Mittel, sich an Bord eines Schiffes über die wasserdichten Abtheilungen zu orientiren und sich alles das anzueignen, was zur sicheren Handhabung der darauf bezüglichen Einrichtungen gehört, besteht darin, mit Hilfe der Lenztafel sämtliche Einzelheiten ausfindig zu machen, wobei gleichzeitig der Zweck erreicht wird, die Richtigkeit der Angaben der Lenztafel zu constatiren. Das Schema gestattet übrigens, die Angaben desselben erforderlichen Falls in nutzbringender Weise zu erweitern, z. B. durch Angabe der wasserdichten Thüren in den Schotten, der Mannlöcher im Doppelboden, der Luken in wasserdichten Decks, Plattformen und desgleichen.

Auch dürfte es nach vorstehenden Auseinandersetzungen nicht schwer fallen, eine etwa verloren gegangene Lenztafel durch Aufstellen einer neuen, an Bord selbst aufgenommenen, zu ersetzen.

Wasserdichte
Schotten auf
Handelsschiffen.

Im Vergleich zu dem Schottensystem eines grösseren Kriegsschiffes ist dasjenige der Handelsschiffe allerdings weniger complicirt, aber auch im Allgemeinen weniger Sicherheit bietend. Bei eisernen Segelschiffen findet man gewöhnlich nur das sogenannte Collisionsschott, welches, in geringer Entfernung vom Vorsteven befindlich, bis zum Oberdeck hinaufreicht. Es ist mehr gegen diejenigen Verletzungen wirksam, die das Schiff, mit seinem Steven rammend, sich selbst zufügt, als gegen solche, die es von einem fremden Schiffe empfängt. Bei Dampfern tritt zum Collisionsschott noch das Stopfbüchenschott, welches sich an derjenigen Stelle im Hinterschiff befindet, wo die Schraubenwelle ins Schiff tritt, ferner ein Querschott an der Vorkante Kesselraum, ein solches an der Hinterkante Maschinenraum und eventuell ein Trennungsschott zwischen Maschinen- und Kesselräumen, so dass die Anzahl der gebildeten Räume selten grösser als 6 ist. Dazu treten allerdings noch der Tunnel und die Kohlenbunker, welche indessen nicht immer mit wasserdichten Verschlüssen versehen sind. Der Grund für die geringe Zahl von Querschotten besteht darin, dass die damit verknüpfte Theilung der Räume für das Stauen der Fracht äusserst hinderlich ist und dass für das Manoeuver des Löschens und Ladens eine grosse Anzahl von Luken nebst Hebezeugen erforderlich wird, ohne dass dadurch unter allen Umständen eine entsprechende Verzögerung vermieden würde. Für Passagierschiffe besteht dieser Grund nicht und findet man daher bei ihnen auch eine eingehendere Theilung der Räume.

Ein wichtiges Element für die Sicherheit eiserner Handelsschiffe, allerdings nur gegen Grundberührungen, bildet der bei manchen Schiffen vorhandene Ballasttank. Derselbe findet sich bei allen im Boden nach dem Längsspanntensystem erbauten Schiffen und wird durch ein wasserdichtes Längsschott in der Symmetrieebene und eine Anzahl wasserdichter Querspannten in Räume von geringer Capacität zerlegt. Zum Entleeren der einzelnen Räume ist eine besondere Dampfballastpumpe vorhanden, die aus einem allseitig geschlossenen Kasten, mit ebensoviel Niederschraubventilen auf seiner inneren Bodenfläche, saugt, als Saugerrohre nach den einzelnen

Räumen des Ballasttanks vorhanden sind und sich jenen Niederschraubventilen anschliessen. Das Füllen der Abtheilungen des Ballastraumes geschieht am zweckmässigsten durch eine besondere Rohrleitung, die mit geeigneten Absperrventilen oder Hähnen versehen, mit dem Wasser aussenbords in Communication gesetzt werden kann.

Für den Fall, dass Handelsdampfer seitens der Kaiserlichen Marine zu irgend welchen Zwecken requirirt werden, ist es nothwendig, sich durch Anfertigung einer Lenztafel über die Eintheilung in wasserdichte Räume und die vorhandenen Lenzvorrichtungen zu informiren, um ein Urtheil über den Grad der Sicherheit des Schiffes bei eintretenden grösseren oder geringeren Leckagen zu gewinnen.

VII. Capitel.

Die artilleristischen Einrichtungen und die Panzerung.

Unter ersteren haben wir die Einrichtung der Geschützstände auf dem Oberdeck oder in der Batterie, in Drehthürmen, auf Drehscheiben u. s. w. nebst Zubehör, wie Pivots, Schienensystem, Pforten, Ringbolzen etc. — und die Munitionsräume zu verstehen. Angenommen, es sei ein Breitseitgeschütz mit Deckpivot und Schienensystem zu installieren, so kommt es zunächst auf eine geeignete Fixirung des Pivots an. Dasselbe muss der Bordwand so nahe liegen, dass die für das Geschütz vorgesehene Seitenrichtung genommen werden kann und muss im Deck so sicher befestigt werden, dass es die Beanspruchung beim Rücklauf des Geschützes aufnehmen kann, ohne gelockert oder ausgerissen zu werden. Seine Befestigung an der Beplankung und dem Balken- und Schlingensystem des Decks erfolgt daher in der Weise, dass die betreffende Stelle zunächst durch je zwei quadratisch geformte Platten aus Stahl oder Schmiedeeisen verstärkt wird, indem man eine derselben auf Deck, die andere unter Deck mittelst 4 Stück gemeinschaftlicher Bolzen befestigt. Beide Platten und das dazwischen befindliche Holz werden zur Aufnahme des cylindrischen, unteren Theiles des Pivots durchbohrt und letzteres mittelst unter Deck aufgeschraubter Mutter und Contremutter in unverrückbar fester Lage gehalten. Gegen ein zu tiefes Einziehen und eine Biegung des Pivots beim Rücklauf des Geschützes funktionirt der die Länge des eigentlichen Pivotzapfens unten begrenzende Anlauf oder Kragen desselben, welcher auf der oberen Verstärkungsplatte aufliegt.

Befestigung der
Pivotbolzen.

Das Schienensystem.

Das Schienensystem muss mit seiner Oberfläche in einer zur Achse des Pivots senkrecht liegenden Ebene gelegen sein. Mithin ist die Beplankung des Decks wegen der gewölbten Form des letzteren im Bereich des Schienensystems durch aufgelegtes und an der Beplankung befestigtes Holz in diesem Sinne zu erhöhen. Die mit dem Pivot als Mittelpunkt kreisförmig gestalteten Schienen von solcher Breite als die Räder des Lafettenrahmens beanspruchen und etwa 25 mm Dicke, sind aus Bronze gefertigt und behufs Sicherung einer unverrückbaren Lage um einen Theil ihrer Dicke in die Beplankung des Decks eingelassen. Sie werden mittelst Holzschrauben mit versenkten Köpfen befestigt.

Sind mehrere Pivots für ein Geschütz erforderlich, was z. B. für die Schwenkpivots. Bug- und Heckgeschütze mit Pfortenwechsel der Fall ist, so treten zu dem einfachen Schienensystem soviel neue hinzu, als Schwenkpivots vorhanden sind. Da die Decks alsdann in einer entsprechend grösseren Ausdehnung eine ebene Fläche darbieten müssen, wenigstens in soweit als sich die Oberfläche der Schwenkbahnen nicht durch geringeres oder tieferes Einlassen in das Holz der Decksplanken herstellen lässt, so nimmt man letztere von vornherein entsprechend stärker.

Zum seefest zurren eines Geschützes sind auf jeder Seite desselben zwei Zurrbolzen mit rundem oder ovalem Ring vorhanden, die an der Beplankung des Decks in ähnlicher Weise wie die Pivots, wenn auch mit geringeren Abmessungen befestigt sind. Ausserdem sind Ringbolzen zu beiden Seiten der Pforten in der Bordwand für die Vorholtaljen und Seitentaljen vorgesehen.

Die Geschützpforten kann man unterscheiden in solche, welche eine Geschützpforten. horizontale, die Rohrachse schneidende Verschlussfuge haben und solche, deren Verschlussfuge vertikal steht. Im ersteren Falle drehen sich die Pfortenklappen um horizontale, im letzteren um vertikale Axen und dementsprechend angebrachte Angelpaare mit Vorrichtungen, welche ein unbeabsichtigtes Verlassen ihrer Lage verhindern. Zum Durchlassen des in seiner Zurrposition stehenden Rohres sind die Pfortenklappen mit halbkreisförmigen Ausschnitten versehen, welche mittelst eines geeigneten Dichtungsmaterials wasserdicht auf dem Rohr schliessen. Das Oeffnen der Klappen geschieht mit Hilfe von äusserlich an ihnen befestigten Ketten, welche durch kleine Klüsen oder über Leitrollen in das Innere des Schiffs geführt werden; das Schliessen in ähnlicher Weise oder unter Anwendung zweckentsprechender Riegel oder Vorlegebalken. Sind die Pfortenklappen wie bei unseren älteren Holzschiffen aus Holz gefertigt, so bestehen dieselben in der Regel aus zwei sich kreuzenden Lagen, die durch Holzschrauben oder kleine Klinkbolzen mit einander verbunden sind, wenigstens ist dies stets dann der Fall, wenn dieselben sich an stark gekrümmten Stellen des Schiffskörpers befinden, deren Form sie sich anschmiegen müssen. Sind die Pfortenklappen aus Eisen oder Stahlblech herzustellen, so sind keinerlei Schwierigkeiten bezüglich ihrer Anfertigung, speciell Formgebung, vorhanden. —

Die Munitionskammern werden unterschieden in Pulverkammern, Granat- Die Munitionsräume. kammern, Gewehrmunitionskammern und Aufbewahrungsräume für scharfe Torpedoköpfe. In der Pulverkammer soll nur Pulver und nicht andere Explosionsstoffe oder Zündsätze etwa für Handfeuerwaffen oder Torpedoköpfe aufbewahrt werden, daher für letztere die vollständig getrennten Räume. Sämtliche Munitionsräume müssen mit ihrer höchst gelegenen Begrenzung etwa 1 Meter tief unter Wasser befindlich sein, um sie nicht directen feindlichen Schüssen auszusetzen. Ausserdem müssen sie so gelegen sein, dass

der Transport nach den Geschützen ein möglichst kurzer ist. Hierdurch werden bei langen Schiffen unter Umständen je eine Pulver- und Granatkammer für das Hinterschiff und für das Vorschiff erforderlich, deren gemeinschaftlicher Schwerpunkt in der Mitte des Schiffes gelegen sein muss, um nicht die Veranlassung zu einer Aenderung der Steuerlastigkeit zu geben, wenn die Munition verbraucht ist.

Die bauliche
Ausführung der
Munitionsräume.

Was die bauliche Ausführung betrifft, so ist bei der Pulverkammer absolute Sicherheit gegen Feuersgefahr die in erster Linie zu erfüllende Bedingung, wozu bei der Granatkammer noch die Anforderung einer besonders grossen Festigkeit tritt, um die in ihr gestauten grossen Gewichte zu tragen. Bei den älteren Holzschiffen wurden die Munitionskammern unter Anwendung von Pfosten, Schwellen und Bindern, die einerseits mit dem Schiffsboden, andererseits mit dem Balkensystem des untersten Decks in Verband standen, aus zwei Lagen Planken hergestellt, die einen gewissen Zwischenraum in den Wänden zur Aufnahme von nicht Wärme leitendem Füllmaterial frei liessen. Die Decke erhielt ausserdem einen Belag von eisernen Platten. Auf unseren neueren Schiffen werden die Munitionskammern dagegen wenigstens in ihren äusseren Wänden, Decken und Böden aus Eisen oder Stahlblech hergestellt, derart, dass der innere Raum vollständig wasserdicht von dem übrigen Schiffsraume abgeschlossen ist. Die betreffenden Beplattungen sind den neuesten Vorschriften entsprechend inwendig durch \sqsubset Eisen oder \sqsubset Stahl in Distanzen von ungefähr 500 mm verstärkt. Der innen liegende Flansch dieses \sqsubset förmigen Profils dient zur Aufnahme einer inneren Beplankung aus Teakholz, so dass zwischen dieser und der äusseren Umhüllung ein Luftraum frei bleibt, welcher als Schutz gegen Feuersgefahr von aussen fungirt. Die innere Plankenlage erhält ihrerseits eine mit kupfernen Nägeln befestigte Schicht sogenannter gemesselter Bretter von 25 mm Dicke, welche sämtliche Fugen der Teakholzbeplankung decken.

Vorraum und
Ausgaberaum.

Der Zugang zu den Munitionsräumen geschieht durch eine Luke in deren Decke, oberhalb welcher sich ein ebenfalls aus Platten hergestellter Schacht mit innerer Teakholzbekleidung befindet, der seinerseits an dem nächst höher gelegenen Deck in einem Luksüll endigt, auf welchem mittelst eines eisernen Deckels ein wasserdichter Verschluss hergestellt wird. Durch diesen Schacht gelangt man bei den Pulverkammern zunächst in den sogenannten Vorraum und von dort in den Ausgaberaum, welche durch Schotten aus Teakholz von einander und von dem eigentlichen Munitionsraume abgetrennt sind, und deren Fussböden mit Bleiplatten benagelt sind. Die Communication vom Vorraum nach dem Ausgaberaum geschieht durch eine einfache, die vom Ausgaberaum nach dem Pulverraum durch eine doppelte Thür, von denen die eine nach der Pulverkammer hineinschlägt, mit Beschlägen und Schliessern aus Kupfer oder Bronze. Die innere Thür erhält ihrerseits die Ausgabeöffnung für die Kartuschen; diese ist nach der Pulverkammerseite

Ausgabeöffnung.

hin mit einem Aermel aus Flanell und mit einem von dort aus zu schliessenden Deckel aus Bronze versehen. Behufs Durchreichens der 26 cm Kartuschen sind vor den Ausgabeöffnungen Drehtrommeln aus Kupfer vorhanden; in dieselben werden die Kartuschen von der Pulverkammer aus aufrecht hinein gestellt und durch Drehung der Trommel um eine vertikale Achse in den Ausgaberaum befördert.

Die Granatkammern entbehren der Vor- und Ausgaberräume; durch den betreffenden Zugangsschacht gelangt man direct in dieselben.

Die Beleuchtung der Munitions-, Vor- und Ausgaberräume erfolgt von aussen her. Zu dem Ende sind an geeigneten Stellen der äusseren Stahl- oder Eisenbeplattung sogenannte Lichtspinde aus demselben Material angebaut, welche entweder äusserlich oder nach dem Inneren der betreffenden Räume vortreten. Die Trennungswand zwischen dem Lichtspind und dem zu erleuchtenden Raume ist zur Aufnahme einer planconvexen Glaslinse, in einem Broncerahmen von geeigneter Form, mit einer kreisförmigen Oeffnung versehen, vor welche die Laterne mit Stearinlicht oder electricischem Glühlicht Aufstellung findet. Der erwähnte Broncerahmen für die Linse ist übrigens so geformt, dass ein passender Anschluss an die innere Holzbekleidung gewonnen wird.

Die Beleuchtung
der Munitions-
räume.

Um die Munitionsräume und andere Vorrathsräume von feuergefährlichen Stoffen im gegebenen Falle unter Wasser setzen zu können, werden dieselben mit einer Rohrleitung verbunden, welche gestattet, diese Räume in etwa 10—12 Minuten vollständig mit Wasser zu füllen. Selbstverständlich müssen auch wieder Leitungen zum Ablassen des Wassers vorhanden sein. Ebenso sind für die Munitionsräume besondere Ventilations-einrichtungen vorgesehen, die eventuell auf künstliche Weise, d. h. mittelst einer Gebläsemaschine das benötigte Quantum frischer Luft liefern. Die betreffenden Leitungen werden, wenigstens soweit sie in das Innere der Munitionsräume hineinragen, aus Kupfer gefertigt; die dort vorhandenen Oeffnungen sind mit einem Gitter versehen.

Vorrichtung zum
Unterwasser-
setzen und zur
Ventilation.

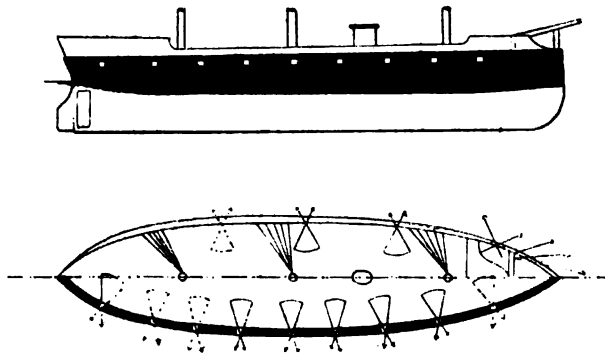
Die Panzerung.

Durch einen dem Schiffskörper umgelegten Eisenpanzer wird dessen Defensivvermögen, indirect auch dessen Offensivvermögen wesentlich erhöht, indem er demselben Schutz gegen das Eindringen feindlicher Geschosse und den damit verbundenen, die Gefechtsfähigkeit des Schiffes herabsetzenden Folgen gewährt. Demnach bedürfen diejenigen Theile eines Schiffes eines solchen Schutzes, deren Verletzung resp. Zerstörung durch einen einzigen Treffer die gänzliche Vernichtung der Gefechtsfähigkeit bedingen. Solche Theile des Schiffes dagegen, deren Zerstörung durch feindliche Artillerie

Zu panzernde
Theile des
Schiffes.

die Gefechtsfähigkeit entweder überhaupt nicht oder in nur untergeordnetem Maasse beeinflusst, können ungepanzert bleiben oder sie erhalten einen solchen Schutz, dessen Widerstandsfähigkeit mit dem zu erwartenden Verlust an Gefechtsfähigkeit proportional ist. Selbstverständlich bedürfen die ausserhalb des Bereiches von feindlichen Geschossen befindlichen Theile eines Schiffes ebenfalls keines Schutzes. In Folge dessen wird der Boden eines Schiffes nicht gepanzert und der Panzer seitlich überhaupt nur soweit herunter geführt, dass die beim Schlingern des Schiffes zum Auftauchen kommenden Theile desselben gedeckt sind. Die Widerstandsfähigkeit einer Panzerung wird mit Rücksicht auf die Durchschlagsfähigkeit derjenigen Geschütze bemessen, denen sich derselbe eventuell gegenüber befinden soll. Sie ist für dasselbe Material in erster Linie proportional mit der Dicke der zur Panzerung verwendeten Platten, in zweiter Linie aber auch abhängig von einer rationellen Anordnung derselben.

Fig. 46.



Gewicht des
Panzers.

Diejenigen Schiffe, bei denen ein eiserner Panzer zuerst zur Anwendung kam, befanden sich Geschützen gegenüber, deren Geschosse mit 11 cm dicken Platten am Eindringen in das Innere des Schiffes verhindert wurden. Diese Dicke steigerte das Gewicht des Panzers noch nicht in dem Maasse, dass es nothwendig gewesen wäre, zur Herbeiführung von Gewichtersparnissen diejenigen Theile des Schiffes ungepanzert zu lassen, deren Verletzung durch feindliche Treffer die Gefechtsfähigkeit desselben nur unerheblich oder indirect verminderte. Sie wurden von der vorstehend angegebenen Grenze unter Wasser bis zum Oberdeck hinauf, eventuell auch noch höher mit Panzerplatten bekleidet und gewährten daher z. B. auch den Bedienungsmannschaften der Geschütze Deckung. Siehe Fig. 46. Die Erhöhung der Durchschlagsfähigkeit der Geschütze machte jedoch sehr bald eine Panzerung von grösserer Widerstandsfähigkeit nothwendig, welche man zunächst durch Vergrösserung der Dicke der eisernen Panzerplatten zu erreichen suchte. Dem damit verbundenen erhöhten Gewicht suchte man durch eine Ver-

grösserung des Schiffes zu begegnen. Wie bald man jedoch auf diese Weise zu praktisch unmöglichen Schiffsgrössen gelangt, geht aus der Lösung folgender Aufgabe hervor:

Gegeben ein Schiff vom Gewichte P Tonnen, dessen Rumpf p_s , dessen Panzer p_p , dessen Maschine incl. Kohlen p_m und dessen Armirung, Besatzung etc. p_a beträgt, derart, dass die Gleichung

$$P = p_s + p_p + p_m + p_a$$

besteht. Es soll ein neues Schiff derselben Classe von derselben Geschwindigkeit und derselben Armirung, dagegen doppelt so dickem Panzer construiert werden; wie gross wird dessen Gewicht ausfallen?

Am einfachsten gestaltet sich die Lösung dieser Aufgabe, wenn das neue Schiff dem vorliegenden geometrisch ähnlich wird, durch die Ermittlung des Aehnlichkeitscoefficienten, d. h. als einer solchen Zahl, deren Multiplication mit den Dimensionen des vorliegenden Schiffes die entsprechenden Dimensionen des neuen Schiffes ergibt. Bezeichnen wir diesen Coefficienten mit x , so ist das Gewicht des neuen Schiffes: Px^3 , dessen Eigengewicht $p_s x^3$, dessen Panzergewicht $2 p_p x^3$, das neue Maschinen- gewicht $p_m x^3$, während das Gewicht der Artillerie u. s. w. ungeändert, d. h. p_a bleibt. Wir haben somit für das neue Schiff die Gleichung:

$$Px^3 = p_s x^3 + 2 p_p x^3 + p_m x^3 + p_a,$$

aus welcher der Coefficient x bestimmt werden kann.

Setzen wir für das vorliegende Schiff:

$$\begin{aligned} P &= 4000 \text{ Tonnen} \\ p_s &= 2000 \text{ „} \\ p_p &= 1000 \text{ „} \\ p_m &= 700 \text{ „} \\ p_a &= 300 \text{ „} \end{aligned}$$

so liefert die Gleichung:

$$4000 x^3 = 2000 x^3 + 2 \cdot 1000 x^3 + 700 x^3 + 300 = 0$$

oder geordnet

$$x^3 - 1,35 x^2 - 0,15 = 0$$

für x den Werth 1,43; d. h. sämtliche Dimensionen des Schiffes von 4000 Tonnen würden mit 1,43 zu multipliciren sein, um die entsprechenden Dimensionen des neuen Schiffes zu erhalten, dessen Panzer doppelt so dick sein kann, während im Uebrigen derselbe ebenso angeordnet ist, wie bei dem gegebenen Schiffe.

Das Displacement des neuen Schiffes würde demnach sein:

$$4000 \cdot 1,43^3 = 4000 \cdot 2,92 = 11680 \text{ Tonnen.}$$

Das Gewicht seines Panzers dagegen:

$$2 \cdot 1000 \cdot 1,43^2 = 2000 \cdot 2,04 = 4080 \text{ Tonnen.}$$

Das Gewicht der Maschine würde sein:

$$700 \cdot 1,43^3 = 700 \cdot 2,04 = 1428 \text{ Tonnen,}$$

d. h. die Anforderung, den Panzer eines Schiffes seiner Dicke nach zu

verdoppeln, bedingt für ein Schiff von 4000 Tonnen mit der angenommenen Gewichtsvertheilung auf seinen Rumpf, seinen Panzer u. s. w. fast ein dreimal so schweres Schiff, einen mehr als 4mal so schweren Panzer und eine doppelt so schwere Maschine.

Allerdings würde man bei Lösung einer Aufgabe, wie die vorliegende, den neuen Schiffskörper nicht dem gegebenen geometrisch ähnlich machen, unter anderem z. B. die Breite in einem geringeren Verhältniss vergrössern, wodurch dann schlankere Formen der Wasserlinien des neuen Schiffes entstehen, die mit einer geringeren Vermehrung des Gewichts der Maschine demselben eine ebenso grosse Geschwindigkeit ertheilen würden.

Diesem Einwurfe steht jedoch gegenüber, dass man beim Uebergang von einem Schiffe zu einem solchen mit doppelt so dickem Panzer wahrscheinlich auch eine grössere Geschwindigkeit und schwerere Armirung für das neue Schiff fordern würde, so dass die vorstehend berechneten Resultate kaum geändert würden. Würde man die Dicke des Panzers noch einmal verdoppeln, so ergiebt eine analoge Rechnung wie die vorstehende ein Schiff von nahezu 50000 Tonnen Gewicht, welche Zahlen zur Genüge darthun, dass es praktisch unausführbar ist, die Dicke der Panzerung allein durch eine Vergrösserung des Schiffsgewichts zu erhöhen; dass es vielmehr eine unabwendbare Nothwendigkeit ist, die zu panzernde Fläche bei Vergrösserung der Dicke entsprechend zu verkleinern. In Folge dessen ist es beim Entwurfe eines Panzerschiffs unerlässlich, diejenigen Theile, deren Zerstörung durch feindliche Treffer die vollständige Kampfunfähigkeit desselben herbeiführen würde, die sogenannten vitalen Theile, von denen getrennt zu betrachten, bei welchen dies in geringerem Maasse der Fall ist oder wo die Gefechtsfähigkeit überhaupt nicht leidet. Zu den ersteren rechnet man die Munitionsräume, die Maschinen und Kessel, das Hauptdampfrohr, das Ruder und seine Bewegungsmechanismen, die Stelle des Schiffes, von wo aus mittelst Telegraphen oder Sprachrohren die Commandos ertheilt werden, ferner solche Theile des Schiffskörpers, deren Verletzung eine Leckage bedeutet, welche das Schiff in kurzer Zeit zum Sinken bringt, und endlich die Lafetten der Geschütze und die Geschützrohre selbst, wenn dieselben in nur beschränkter Anzahl vorhanden sind. Soweit diese Theile nicht ausserhalb des Bereiches der feindlichen Geschosse liegen, d. h. permanent und tief genug unter Wasser sich befinden, bedürfen sie eines absoluten Schutzes durch den Panzer, d. h. derselbe darf durch die Geschosse der schwersten Geschütze, denen man das Schiff gegenüberstellen will, bei senkrechtem Aufschlagen nicht durchschlagen werden können. Ein Schiff mit einer Panzerung, deren Widerstandskraft mit Rücksicht auf die schwersten feindlichen Geschütze bemessen ist, muss selbst rationeller Weise solche Geschütze führen, die den feindlichen Panzer zu durchschlagen vermögen. Dieselben werden daher zu den schwersten gehören und in Folge dessen nur in verringerter Anzahl vorhanden sein können, was wiederum gestattet, sie in einem weniger ausgedehnten Raum

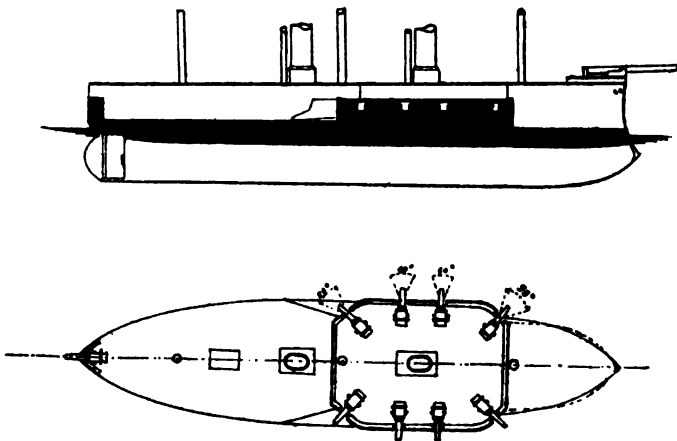
Die vitalen Theile
eines Schiffes.

auf den Geschützdecks des Schiffes unterzubringen. Dies hat dazu geführt, vom vollständig gepanzerten Schiffe mit Breitseitarmirung überzugehen zu dem nur mittschiffs bis zum Oberdeck gepanzerten Schiff, während vorn und hinten der Panzerschutz sich auf eine schmale Zone oberhalb und unterhalb der Wasserlinie beschränkt. (Fig. 47.) Die seitlich gepanzerte Partie mittschiffs würde behufs Verhinderung des Eindringens von Enflirgeschossen oberhalb des Panzergürtels an ihren Enden durch gepanzerte Querwände geschlossen werden müssen, deren obere Ansicht gerade, polygonal oder abgerundet sein kann, je nach den speciellen Bedürfnissen und Gelegenheiten. Das auf diese Weise hergestellte System der centralen gepanzerten Casemate, mit Gürtelpanzerung vor und hinter derselben bis zu den Enden des Schiffes, ist besonders geeignet, der verringerten Anzahl von schweren

Centrale gepanzerte Casemate mit Gürtelpanzer und Breitseitarmirung.

Fig. 47.

1:1200

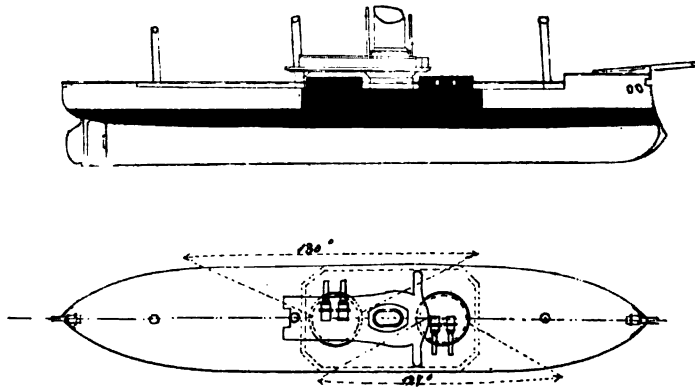


Geschützen dadurch eine gesteigerte Verwendbarkeit zu geben, dass man dieselben entweder in vollständige Drehthürme oder auf Drehscheiben stellt, deren Bewegungsmechanismen ebenfalls zu den vitalen Theilen des Schiffes zu rechnen sind und sich in Folge dessen innerhalb der Casemate befinden müssen. (Fig. 48 und 49.) Bei der Aufstellung von je zwei Geschützen in einem Drehthurme sind die Rohre ebenfalls durch Panzer geschützt, weil ein Treffer auf das eine Rohr das andere voraussichtlich gleich mit kampfunfähig machen würde, wenn auch sonst die Wahrscheinlichkeit eines Treffers auf ein einzelnes Geschützrohr nur gering ist. Kommen dagegen Drehscheiben für die Aufstellung der Geschütze zur Anwendung, so befinden sich zwar die Lafetten in einem festen, nach oben offenen gepanzerten Thurm, die Rohre selbst aber liegen frei. Uebrigens bieten die gepanzerten, drehbaren oder festen Thürme ebenfalls ein Beispiel, wie man dazu gelangt,

Centrale Casemate mit Gürtelpanzer, die Armirung in Dreh- oder festen Thürmen.

die zu panzernde Fläche zu reduciren, insofern als bei ihnen der Panzer bis auf das geringste Maass an die zu schützenden Gegenstände, hier die Lafetten und Rohre oder nur die ersteren, herangebracht ist, um den Umfang des zu panzernden Raumes so kurz wie möglich zu bekommen; ebenso stellt

Fig. 48.

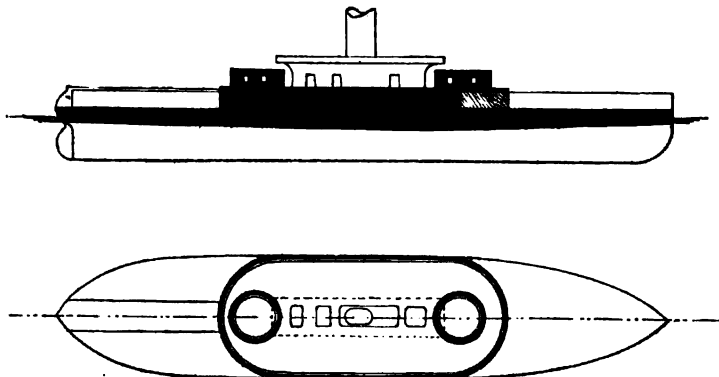


die Einführung der Geschützdrehscheiben einen Fortschritt in dieser Beziehung dar, da sie an die Entpanzerung der Geschützrohre geknüpft sind. Was die Bedeutung des Panzergürtels betrifft, so ist derselbe nothwendig bei allen denjenigen Schiffen, wo ein Treffer in dessen Bereich ein Sinken des

Bedeutung des
Panzergürtels.

Fig. 49.

1:1200



Schiffes zur Folge haben würde, wie z. B. bei hölzernen gepanzerten Schiffen ohne wasserdichte Schotten, oder wo das Quantum des durch die verursachte Leckage eingedrungenen Wassers ein so beträchtliches sein würde, dass das Schiff seine Manoeuvrirfähigkeit einbüste, wie solches bei einem eisernen

Schiff zutreffen kann, dessen durch den Panzergürtel gedeckten Räume aus anderen Gründen relativ grosse wasserdichte Abtheilungen darstellen. Hieraus geht hervor, dass die Bedeutung des Panzergürtels um so mehr zurücktritt, je kleiner die in der Zone des Panzergürtels liegenden durch wasserdichte Begrenzungen gebildeten Räume sind. Berücksichtigt man dabei, dass die durch den Schutz der genannten Zone des Schiffes gegebene Aufrechterhaltung der Gefechtsfähigkeit des Schiffes nur solange einen Sinn hat, als dieselbe nicht schon durch anderweitige Zerstörungen durch feindliche Treffer auf Null reducirt ist, z. B. durch Demontirung sämtlicher etwa über Bank feuern der Geschütze, so wird die Möglichkeit, den Panzergürtel durch ein System wasserdichter Räume zu ersetzen, zweifellos. Vergewärtigt man sich die Bedingungen, die ein solches System von Zellen zu dem Ende zu erfüllen hat, so ergibt sich folgendes: Erstens, die Anzahl der Zellen muss möglichst gross sein, damit jede einzelne ein möglichst geringes Volumen bekommt, derart, dass selbst bei der Perforation der vertikalen Wände mehrerer hintereinander liegender Räume das Quantum eingedrungenen Leckwassers möglichst gering ausfällt. Zweitens, die vertikalen Begrenzungen müssen wenigstens so weit über die geladene Wasserlinie des Schiffes hinaufreichen, als die durch das Volllaufen der Zellen bedingte Tiefangsvermehrung beträgt. Drittens: Behufs Erhaltung der Stabilität um die Längsachse des Schiffes müssen ausser Querschotten längsschiffs verlaufende vertikale Schotten zur Formirung der Zellen zur Anwendung kommen. Viertens, diejenigen Theile der Begrenzung der Zellen, welche dieselben von grösseren wasserdichten Abtheilungen des Schiffes trennen, müssen einen ausreichenden Widerstand gegen die Perforation feindlicher Geschosse resp. Sprengstücke von Granaten bieten. In dieser Beziehung kommt vorzugsweise der Boden der Zellen in Betracht, der dieselben von den unter ihnen befindlichen Räumen trennt, welche letztere aus Gründen, die durch die Verwendung dieser Räume bedingt sind, ein grösseres Volumen besitzen. Der gemeinschaftliche Boden der Zellen, auf welchen die vertikalen, aus dünneren Blechen mit Verstärkungswinkeln bestehenden, Begrenzungen aufgebaut erscheinen, wird daher durch ein gepanzertes Deck gebildet. Eine Gesamteisen- oder Stahldicke dieses Decks von 75 mm reicht aus, um den beregten Zweck zu erreichen, da der spitze Aufschlagwinkel directer Treffer die Geschosse zum Abgleiten zwingt und die lebendige Kraft von Sprengstücken nicht so gross ist, dasselbe zu durchschlagen. Die seitliche Begrenzung des gepanzerten Decks, d. h. diejenige Kante desselben, welche sich an die Aussenhaut anschliesst, muss da liegen, wo bei Anordnung eines Panzergürtels dessen Unterkante sich befinden würde; im Uebrigen wird dasselbe entweder schildkrötenartig stark nach oben gewölbt, oder die Contur seiner Oberkante setzt sich im Querschnitt aus geraden Linien und Kreisbögen zusammen, indem dieselbe, an der Aussenhaut beginnend, etwa unter einem Winkel von 25—28° gradlinig ansteigt und mittelst Kreisbogen in

Ersatz des
Panzergürtels
durch eine Zone
von Zellen.

Das Panzerdeck.

die horizontale Partie mittschiffs übergeführt wird. Auf diese Weise erreicht man für die mittleren Zellen ein kleineres Volumen und für die unterhalb des Panzerdecks vorhandenen Schiffsräume eine grössere Höhe. Dadurch, dass die Unterkante des aequivalenten Panzergürtels auch an den Schiffsenden sich in einer gewissen Tiefe unter Wasser befindet, wird für die Contur des Längsschnitts des Panzerdecks ebenfalls eine nach oben gewölbte Form bedingt.

Füllung in den
Zellen.

Fünftens: Es ist wünschenswerth, die Zellen mit Materialien vollzustauen, welche ihren Raum möglichst vollkommen ausfüllen. Sie werden daher zur Unterbringung von Kohlen, in Form von gepressten Briquettes, zum Placiren der Kasten für Trinkwasser, Schmieröl u. s. w. benutzt. Die weniger zugänglichen derselben, speciell diejenigen, deren eine Begrenzung durch die Aussenhaut gebildet wird, erhalten eine permanente Füllung von Kork oder Cellulose, mit dem Zweck, etwaige durch Treffer verursachte Löcher durch die Ausdehnung des vorher stark zusammengepressten Korks oder der durch Nässe aufquillenden Cellulose möglichst wieder zu schliessen. Die Füllung der Zellen hat zur Folge, dass das eingedrungene Wasser immer nur so viel Raum findet, als in derselben Zwischenräume geblieben sind, dass ferner, wenn sie durch krepirende Geschosse oder durch den Verbrauch aus den Zellen entfernt ist, die durch das eingedrungene Wasser verursachte Gewichtsvermehrung im ungünstigsten Falle nur gleich der Differenz zwischen dem Gewicht der Füllung und dem Gewichte des eingedrungenen Wassers sein wird. Mit Bezug auf die Wirkung von im Bereiche der Zellen krepirender Geschosse ist es nicht wahrscheinlich, dass durch eine geringere Anzahl von Treffern die Füllung in dem Maasse herausgeblasen und die vertikalen Begrenzungen der Zellen in solcher Weise zerstört werden, dass das eingedrungene Wasser eine freie Oberfläche von solcher Ausdehnung vorfinden wird, welche die Stabilität des Schiffes gefährden könnte. Würde man das Gewicht des eingedrungenen Wassers als festen Körper die betreffenden Stellen einnehmen lassen, so würde damit jedenfalls keine Verringerung der Stabilität gegeben sein. Von einer Verringerung der Stabilität kann nur dann die Rede sein, wenn das eingedrungene Wasser bei schlingern dem Schiff Gelegenheit findet, in Excursionen von hinreichender Ausdehnung mit hin und her zu fliessen. Aber selbst die vollkommen durchschossenen Quer- und Längswände der Zellen sowie die verbleibenden Reste der Füllungen werden die Excursionen des hin und her fliessenden Wassers in hinreichendem Maasse beschränken, wenn nicht gar der Erfolg eintritt, dass die schlingern den Bewegungen des Schiffes gemässigt werden.

Anderweitige
gepanzerte Decks.

Hauptsächlich mit Rücksicht auf die Wirkung grösserer Sprengstücke erweisen sich übrigens gepanzerte Decks auch an anderen Stellen des Schiffes als wünschenswerth. Unter anderem ist es nothwendig, die gepanzerte Casemate oben durch ein gepanzertes Deck zu schliessen, da die Sprengstücke derjenigen Geschosse, welche vor dem Panzer der über dem Case-

mattedeck hervorragenden Dreh- resp. festen Thürme crepiren, sonst innerhalb der Casematte die dort vorhandenen vitalen Theile zerstören könnten. Befindet sich ferner auf dem Oberdeck eines Schiffes ein gepanzerter Thurm ausserhalb einer gepanzerten Casematte, in welchem Falle demselben die Munition durch ein gepanzertes Rohr von unterhalb des gewöhnlichen Panzerdecks her zugeführt wird, so würde auch der Boden dieses Thurmes als gepanzertes Deck ausgeführt werden müssen, als Schutz des Thurminnenen, gegen Sprengstücke von unter ihm, etwa durch Anschlag an das Munitionstransportrohr crepirenden Geschossen. Fig. 50.

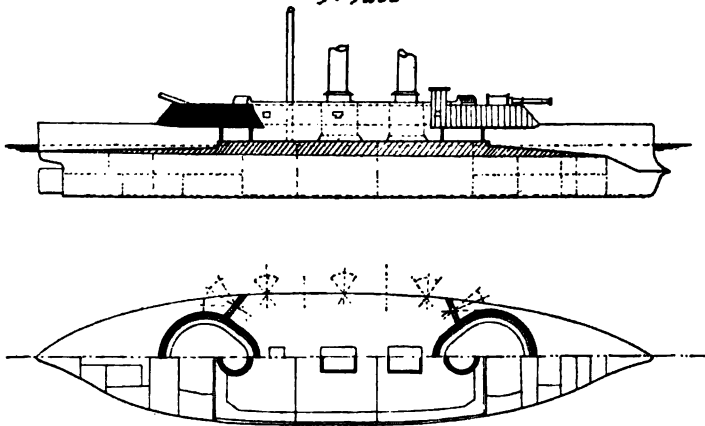
Munitions-
Transportrohr.

Eines speciellen Schutzes gegen die Wirkung von Sprengstücken von Geschossen bedürfen auch solche Luken in den Decks, unterhalb deren sich vitale Theile des Schiffes befinden, z. B. die Maschinenluken. Ein solcher wird entweder dadurch hergestellt, dass man Stäbe aus Flacheisen rost-

Schutz der
Luken gegen
Sprengstücke.

Fig. 50.

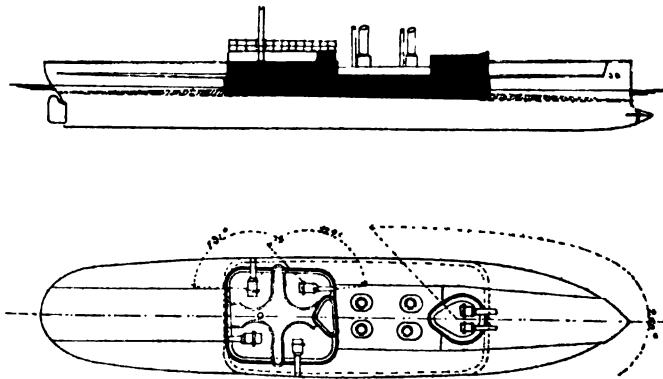
1:1200



stabartig in die im Uebrigen dazu hergerichteten Lukenöffnungen einzeln einlegt, oder dadurch, dass man die einzelnen Stäbe zunächst zu einem massiven Ganzen verbindet, welches sich deckelartig von oben in die Luken hineinlegen lässt, resp. seitlich, durch die Decksbalken und auf entsprechenden Schienen geführt, von unterhalb des betreffenden Decks her in die Lukenöffnungen geschoben werden. Der durch die Anwendung von partiellen Panzerdecks in Verbindung mit darüber befindlichem System wasserdichter, mit Füllung versehener Zellen, erlangte Schutz des Schiffes vor dem versenkt werden durch einen einzigen resp. mehrere Treffer, gestattet eine bedeutende Reducirung des Gewichts des eigentlichen, massiven Panzers und damit auch die Möglichkeit der Erbauung solcher Schiffe, welche trotz einer schweren Armirung und eines durch Vertikalpanzer erreichten, absoluten Schutzes der vitalen Theile, ein relativ nur geringes Gewicht und in

Folge dessen geringe Dimensionen besitzen. Fig. 51. Die betreffende Methode ist bei unseren Ausfallcorvetten der „Sachsen-Classe“ zur Anwendung gekommen und detaillirt ausgebildet. Sie hat sich als noch weiter ausbildungsfähig bei der Construction unserer neuesten Schiffscasse erwiesen, welche in S. M. S. „Irene“ und „Prinzess Wilhelm“ Repräsentanten besitzen. Bei diesen Schiffen erstreckt sich das Panzerdeck über die ganze Länge des Schiffes und querschiffs von Bord zu Bord, sich in einer solchen Tiefe unter Wasser der Aussenhaut anschliessend, dass vitale Theile beim Schlingern des Schiffes im Seegang durch directe Treffer nicht erreichbar sind. Die übliche Wölbung ist indessen so beträchtlich, dass das Panzerdeck auf einem Theil seiner Länge in der Mitte etwas über Wasser hervorragt, dadurch unterhalb desselben höhere Räume, unter anderem für die Kessel schaffend.

Fig. 51.



Sämmtliche vitalen Theile des Schiffes sind als unterhalb dieses Decks gelegen zu betrachten, worunter allerdings bei dieser Schiffscasse die Geschütze und Lafetten nicht mit einbegriffen sind. Letzteres ist von dem Gesichtspunkte aus rationell, dass diese Schiffe überhaupt mit einer grösseren Anzahl von Geschützen armirt sind, die Armirung aber nur dann zu den vitalen Theilen gerechnet werden kann, wenn sie etwa aus nur einem einzigen Rohr bestände, derart, dass ein einziger Treffer auf dieses Rohr das Schiff wehrlos machen würde.

Oberhalb des Panzerdecks ist wiederum das Zellensystem vorhanden, dessen obere Begrenzung durch das oberhalb gelegene Zwischendeck des Schiffes gebildet wird. Die äusserste Reihe Zellen, deren eine Begrenzung durch die Aussenhaut selbst gebildet wird, erhält eine permanente Füllung, ausgenommen an den Enden des Schiffes, wo die Füllung durch Ausrüstungsmaterialien des Schiffes gebildet wird. Die hinter den permanent gefüllten Zellen gelegene Reihe bleibt ohne Füllung, sie bildet den sogenannten Kofferdamm

und hat den Zweck, im Falle von Perforationen der äusseren Zellenreihe von dort aus Leckstopfer anzubringen, eventuell mit solchen gänzlich gefüllt zu werden. Um dies zu ermöglichen, sind die Kofferdammzellen oben offen, wenigstens nur mit einem losen Deckel geschlossen; ausserdem besitzen sie querschiffs eine nur so geringe Ausdehnung, dass ein Mann genügend Raum findet, um die Vorrichtung des Leckstopfens vornehmen zu können. Die übrigen weiter nach innen gelegenen Zellen, deren Boden wegen der Wölbung des Panzerdecks der Wasserlinie schon bedeutend näher liegt und der bei den ganz in der Mitte gelegenen Zellen bei unverletztem Schiff sich sogar über Wasser befindet, erhalten eine nur temporäre Füllung oder bleiben wegen ihrer geringen Höhe unbenutzt, d. h. leer.

Zweck des
Kofferdamma.

Das Panzerdeck muss selbstverständlich die erforderlichen Oeffnungen zur Herstellung der Communication und zum Durchlassen der Schornsteine erhalten. Diese Oeffnungen sind nach Zahl und Grösse auf ein Minimum gebracht und auf den höchst gelegenen Theilen des Panzerdecks, d. h. der Breite nach mittschiffs vorgesehen. Sobald jedoch durch Volllaufen einer hinreichenden Anzahl von Zellen der Tiefgang des Schiffes um soviel vergrössert sein würde, dass der höchste Punkt unter Wasser geräth, würde das Leckwasser durch die Luken in die unteren Räume gelangen können. Um dies in wirksamer Weise zu verhindern, werden dieselben entweder mit einer bis zum nächst höher gelegenen Deck hinaufreichenden, einen Kofferdamm bildenden, doppelten Umschottung umgeben, welche nöthigen Falls die Anwendung von Leckstopfern gestattet; oder sie erhalten eine gepanzerte Umschottung von solcher Widerstandsfähigkeit, dass sie nicht durchschlagen werden kann. Dies wird mit Hilfe von Compoundplatten von der relativ geringen Dicke von 120 mm dadurch erreicht, dass man die Platten nicht vertical, sondern unter einem Winkel von ungefähr 45° anordnet, auf diese Weise die aufschlagenden Geschosse zum Abgleiten zwingend. Da die Oeffnungen in den Panzerdecks im Allgemeinen kreisrund gemacht werden, so erhalten die gepanzerten Sülle äusserlich die Form von abgestumpften Kegeln. Fig. 52 und 53.

Gepanzerte
Luksülle.

Es erübrigt noch den Schutz derjenigen Theile dieser Schiffscasse zu erwähnen, welche ihrer Natur nach nicht unterhalb des Panzerdecks resp. in den gepanzerten Luksüllen untergebracht werden können. Es sind dies diejenigen Vorrichtungen, welchen die Uebermittlung der Commandos während des Gefechts zufallen, sowie ein Theil der Wellenleitung zum Drehen des Ruders. Ein Speichenrad für den Steuermann, die Mundstücke verschiedener Sprachrohre und die Telegraphen für die Maschine befinden sich zu dem Ende an einer solchen Stelle vereinigt, von welcher aus man die beste Uebersicht über das Schiff und seine Umgebung hat und werden dort von einem gepanzerten Commandothurm umschlossen. Die an das Speichenrad sich anschliessende Wellenleitung, die Sprachrohre und die Telegraphenleitungen werden demnächst in einem sich an den Boden des

Gepanzertes
Commando-
thurm.

Commandothurms anschliessenden gepanzerten Rohr bis zu dem nächst gelegenen gepanzerten Luksüll geführt, von wo aus die Leitungen nach den betreffenden Stellen unterhalb des Panzerdecks beliebig weiter geführt werden können.

Fig. 52.

1:1200

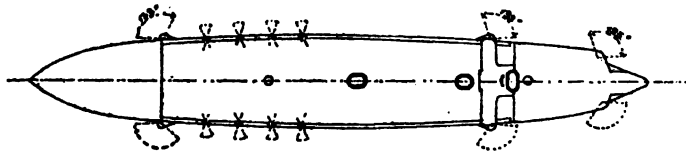
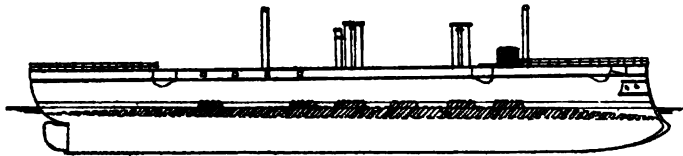
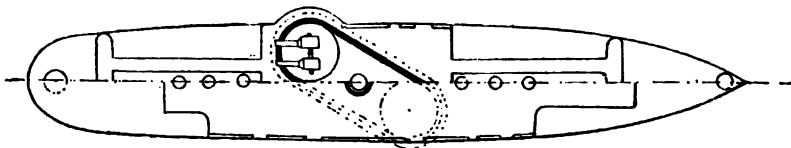
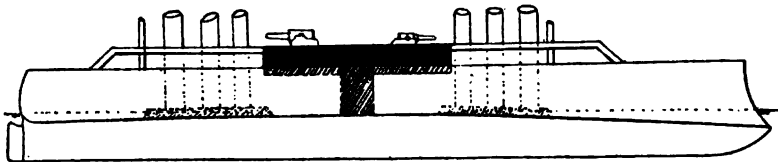


Fig. 53.

1:1200.



Dimensionen,
Anordnung und
Befestigung der
Panzerplatten.

Nachdem die Bestimmung der Dicke der Panzerung durch die directe Beschiessung der Probeplatten auf dem Schiessplatze erfolgt und ausserdem das Minimum der zu panzernden Fläche eines Schiffes festgestellt ist, handelt es sich darum, diese Fläche in möglichst zweckmässiger Weise mit Panzerplatten zu belegen. Steht die Dicke der Platten, wie gesagt fest,

so ergeben sich die Längen und Breiten aus dem Maximalgewicht, welches die betreffenden Fabriken in einem Stück herzustellen im Stande sind. Bei den ältesten Panzerschiffen betrug dieses Maximalgewicht nur 1000 Ko., was bei einer Dicke von 11 cm und einer Breite von 0,5 Meter eine Länge von circa 2,33 Meter lieferte. Diese Platten wurden wie schwere Schmiedestücke behandelt und unter dem Dampfhammer hergestellt. Den erhöhten Anforderungen bezüglich der Dicke wurde man demnächst durch Herstellung der Platten auf den Walzwerken gerecht, mit deren Hilfe man sehr bald dazu gelangte, Platten von beliebigem Gewicht mit einer oberen Grenze von augenblicklich schon mehr als 40 Tonnen zu fabriciren. Hiernach kann man mit den Längen- und Breitendimensionen innerhalb ziemlich weit gestellter Grenzen variiren.

Theoretische Untersuchungen und die practische Erfahrung haben gezeigt, dass die Widerstandsfähigkeit einer einzelnen Platte um so grösser ist, je grösser ihre Masse resp. ihr Gewicht ist, ferner ist klar, dass die durch zwei benachbarte Platten gebildeten Fugen schwache Stellen repräsentiren; mithin ist es gerechtfertigt, wenn man mit dem Gewicht jeder einzelnen Platte so nahe als möglich an das Maximalgewicht herangeht, d. h. bei gegebener Dicke die Längen- und Breitendimensionen so gross wie möglich nimmt. Dabei hat man bei den neueren Panzerschiffen die Breite auf Kosten der Länge bevorzugt, um die Gesamtlänge der unvermeidlichen Fugen kleiner und die Chance, die Treffer so weit wie möglich von den Kanten zu bekommen, grösser zu machen. Die Verwendung von Panzerplatten mit den durch das Gewicht gestatteten Maximalbreiten- und Längendimensionen wird indessen vielfach beschränkt durch die Schiffsförmung, welche besonders an den Enden des Schiffes gekrümmte Panzerplatten bedingt. Dergleichen Platten können nicht mit einem so grossen Maximalgewicht gefertigt werden, als gerade Platten, da die bei der Fabrication zu überwindenden Schwierigkeiten, welche sich mit der Complication der Krümmung steigern, zu gross sind. Um in dieser Beziehung jedoch möglichst günstige Resultate zu bekommen, werden die Formen der Schiffe innerhalb der zu panzernden Zone so gewählt, dass sowohl möglichst wenige als auch möglichst einfache Krümmungen entstehen. Jedenfalls sind solche Krümmungen zu vermeiden, bei denen die Panzerplatte die Form einer Kugelschale oder anderer geometrischer Gestalt doppelter Krümmung annehmen müsste. Den stärker gekrümmten Platten wird die Form am Fabrikationsorte selbst, in glühendem Zustande gegeben, während in der Nähe des Bauplatzes mit Hilfe von schweren hydraulischen Pressen nur geringe Biegungen in kaltem Zustande vorgenommen werden dürfen, die sich meist als ein Nacharbeiten der bereits gebogenen Platten characterisiren, um ein genaueres Passen der Platte zu erreichen.

Die Construction des Schiffskörpers weicht im Bereiche der zu panzernden Fläche wesentlich von derjenigen der nicht gepanzerten Theile

Gesamtlänge
der Fugen ein
Minimum.

Construction
des Schiff-
körpers hinter
dem Panzer.

ab, um dieselben in den Stand zu setzen, den erhöhten Beanspruchungen durch aufschlagende Geschosse zu entsprechen und eine sichere Befestigung und Unterstützung der Panzerplatten zu gestatten. Da die äussere Fläche des Panzers mit dem übrigen Theile des Schiffskörpers eine continuirlich verlaufende Fläche bilden muss, so ergiebt sich zunächst die Nothwendigkeit, die Aussenhaut des Schiffes um die Dicke des Panzers und eventuell seiner Holzunterlage zurücktreten zu lassen, so dass der Panzergürtel in einer Vertiefung von nahezu rechteckigem Querschnitt liegend erscheint, dessen Breite gleich der des Panzergürtels und dessen Tiefe gleich der Dicke des Panzers ist. Die untere, schmale Seite dieser rechteckigen Vertiefung wird durch den sogenannten Panzerträger gebildet, auf welchem der Panzer mit seiner Unterkante ruhend erscheint. Andererseits kann man den Panzerträger auch als ein wasserdichtes Längsspannt auffassen, an dessen Aussenkante der durch die Bodenbeplattung gebildete Theil der Aussenhaut des Schiffes aufhört, um sich von seiner Innenkante aus als Beplattung hinter dem Panzer nach oben fortzusetzen. An der Oberkante des Panzers stösst die Beplattung hinter dem Panzer stets unter der Beplattung eines dort befindlichen Decks ab, welch' letztere soweit nach aussen geführt wird, dass sie mit den eisernen Panzerplatten mittelst Schrauben verbunden werden kann.

Doppelte Beplattung hinter dem Panzer.

Um die Widerstandsfähigkeit der Beplattung hinter dem Panzer zu erhöhen und zum Theil als Compensation für die zahlreichen Oeffnungen für die Befestigungsbolzen der Panzerung, wird dieselbe dicker gewählt als der übrige Theil der Aussenhaut oder auch aus zwei dünnen Plattenschichten hergestellt. Im Inneren des Schiffes erhält sie zwischen den eigentlichen Spanten des Schiffes parallel zu diesen und mit ihnen von demselben Querschnitt Verstärkungen, und zwar so viele, als Spanten vorhanden sind und im Bereiche des Panzers die Zahl der Querspannten gleichsam verdoppelnd. Nach der dem Panzer zugekehrten Seite sind ebenfalls Verstärkungen vorhanden, bei uns Gürtelwinkeleisen genannt, weil sie aus schweren Winkeln gebildet und die inneren Verstärkungen rechtwinkelig kreuzend sich in der Längsrichtung des Schiffes erstrecken. Durch diese einander rechtwinkelig kreuzenden Verstärkungen ist es der Beplattung hinter dem Panzer unmöglich gemacht, eine Formveränderung anzunehmen, ohne die Widerstandsfähigkeit jener Verstärkungen und deren Befestigungsmittel an derselben mit in Anspruch zu nehmen. Die Construction ist ebenfalls das Resultat von Versuchen auf dem Schiessplatze. Um den Kanten der Panzerplatten, als den schwächsten Punkten, von den genannten Verstärkungen einen möglichst grossen Nutzen zu Theil werden zu lassen, ordnet man die verticalen Stösse stets so an, dass sie auf Querspannten zu liegen kommen, so dass die Länge derselben, abgesehen von einer etwaigen Krümmung, stets ein vielfaches der Spantendistanz ist. Die Längskanten würden analoger Weise auf die Gürtelwinkeleisen zu liegen sein, in der Praxis beschränkt man sich

Doppelte Anzahl Querspannten.

Gürtelwinkel.

indessen darauf, den Gürtelwinkeln möglichst nahe zu kommen. Das Vorhandensein der Gürtelwinkel bildet einen der Gründe für die Holzzwischenlage zwischen den eigentlichen Panzerplatten und der Beplattung hinter dem Panzer, da es ohne dieselben unmöglich sein würde, den Panzerplatten in ihrer ganzen Ausdehnung Auflagefläche zu geben. Die Holzunterlage besteht aus parallel zu den Gürtelwinkeln, also plankenartig angeordneten Balken aus Teakholz von im Minimum solcher Dicke, dass sie die Aussenkante der Gürtelwinkel um einige Centimeter überragen. Die betreffenden Hölzer müssen so sorgfältig wie möglich ausgearbeitet werden, damit sie ihrerseits auf der Beplattung hinter dem Panzer und an den Gürtelwinkeln fest anschliessen. Da es jedoch selbst bei der penibelsten Ausführung dieser Arbeit unmöglich ist, besonders an gekrümmten Flächen kleinere Zwischenräume zwischen dem Holz und der Beplattung des Schiffskörpers zu vermeiden, so wird letztere unmittelbar vor dem Anbringen der Hölzer mit einer Schicht eines plastischen Materials bestrichen, welches an solchen Stellen, wo wirklich ein vollkommenes Anliegen des Holzes erreicht worden ist, seitlich herausfliessen kann, während es in den etwa gebliebenen, wenn auch nur dünnen Höhlungen als Füllmaterial zurückbleibt. Für dieses Füllmaterial ist es wünschenswerth, dass es im Laufe der Zeit hart werde, weshalb Mennigekitt als solches dem früher zu diesem Zwecke verwendeten Marineleim vorzuziehen ist. Die Befestigung der Hölzer erfolgt mittelst eiserner, verzinkter Bolzen, mit vierkantigen resp. rundem Kopfe mit Schlitz am äusseren Ende und Schraubengewinde am inneren, in das Schiff hineinragenden Ende zur Aufnahme von Unterlegscheibe und Schraubenmutter, nachdem vorher ein in Mennigekitt getauchter Wergzopf umgelegt worden ist. Der Kopf des Bolzens liegt 2--3 cm tief im Holz versenkt und wird der über ihm verbleibende Raum mittelst eines hölzernen Pfropfens geschlossen. Mit der Rückseite der Panzerplatten in Berührung kommende Befestigungsbolzen der Teakholzunterlage sind unter allen Umständen zu vermeiden. Die Fugen und Stösse zwischen den einzelnen Balken resp. diesen und den Gürtelwinkeln oder Panzerträgern werden wie die Plankennähte und Stösse der Boplankung eines Holzschiffes behandelt, d. h. abgedichtet und verkittet, und zwar weniger zu dem Zweck, um Wasserdichtigkeit zu erzielen, als vielmehr um die Holzunterlage zu einem elastischen Ganzen zu gestalten und dadurch dem Hauptzweck derselben zu entsprechen, welcher darin besteht, bei aufschlagenden Geschossen den Bedingungen des elastischen Stosses möglichst nahe zu kommen, da beim elastischen Stoss der auf Zerstörung von Material kommende Antheil der lebendigen Kraft des Geschosses ein Minimum, beim unelastischen Stoss dagegen ein Maximum ist.

Bei hölzernen zu panzernden Schiffen sind die Bedingungen für den elastischen Stoss von vornherein besser erfüllt, als bei eisernen Schiffen. Bei jenen bildet die Beplankung der Aussenhaut schon eine geeignete Unterlage und auf ihr werden die Panzerplatten direct befestigt.

Die Teakholzlage
hinter dem
Panzer.

Befestigung der
Teakholzlage.

Die Panzerunter-
lage von
Holzschiffen.

Behufs Bildung eines Panzerträgers verfährt man bei Holzschiffen in der Weise, dass man den Plankengang unterhalb des Panzers um die Stärke der Panzerplatten dicker macht und die nach unten folgenden Gänge allmählich zu der Dicke der Bodenbeplankung übergehen lässt. Es ist klar, dass im Uebrigen die Dimensionen der Beplankung, der dahinter befindlichen Spanten und der Wegerung den besonderen Verhältnissen der Panzerung Rechnung tragen, unter anderem zur Aufnahme der schweren Befestigungsbolzen der Panzerplatten geeignet sein müssen.

Befestigung der
Panzerplatten
am Schiff.

Panzerbolzen von
Holzschiffen.

Die ältesten Panzerschiffe waren Holzschiffe und bei ihnen bediente man sich zur Befestigung der Panzerplatten der in der Fig. 54 dargestellten Holzschrauben aus verzinktem Eisen. Der conische Kopf derselben war mit einem Vierkant zum Aufstecken des Schlüssels zum Einschrauben versehen; er lag in dem entsprechenden Hohlconus der Panzerplatte so tief versenkt, dass dieses Vierkant nach erfolgtem Einschrauben vor der Oberfläche der Platte nicht hervorragte und wurde der Raum um das letztere mit einem geeigneten Kitt geschlossen. Der mit steilem Gewinde von dreikantigem Querschnitt versehene Theil des Bolzens ist von solcher Länge, dass derselbe, die Beplankung hinter dem Panzer gänzlich durchdringend, ungefähr bis zur Mitte der Dicke der Spanthölzer reicht. Bolzen dieser Art gewährten die Möglichkeit, die Panzerplatten behufs Reparatur der dahinter befindlichen Beplankung loszunehmen. Bei eisernen Schiffen ist dies bezüglich der Holzunterlage keine so zwingende Nothwendigkeit, da sich Teakholz nach den bisherigen Erfahrungen hinter dem Panzer hinreichend gut conservirt hat, und da man den Panzer eines eisernen Schiffes mittelst Holzschrauben unmöglich nur an der Teakholzunterlage befestigen kann, so hat man sich hier stets der Durchbolzen von der in

Panzerbolzen bei
eisernen Schiffen.

Fig. 55 dargestellten eigenthümlichen Construction bedient. Auch hier dient ein Kopf von der Form eines abgestumpften Kegels, für welchen in der Panzerplatte der entsprechende Hohlconus vorhanden ist, zum festen anziehen und halten der Platte. An denselben schliesst sich ein cylindrischer Theil, der, soweit er sich in der Platte befindet, in deren dort ebenfalls cylindrischer Bohrung etwas Spielraum hat, die Teakholzunterlage dagegen wasserdicht durchdringt und innerhalb der Beplattung hinter dem Panzer in den mit Schraubengewinde versehenen Theil übergeht. Der äussere Durchmesser dieses Gewindes darf nicht grösser sein als der Durchmesser des cylindrischen Theils des Bolzens; es ist ferner nicht scharfkantig, sondern abgerundet. Angenommen, die schwierige Operation des Bohrens der Löcher zur Aufnahme dieser Bolzen durch die Panzerplatte, die Teakholzunterlage und die Beplattung hinter dem Panzer wäre in der Weise gelungen, dass die Achsen derselben in den drei genannten Theilen zusammenfallen und der Bolzen befände sich an Ort und Stelle, so wird im Inneren des Schiffes zunächst eine in Kitt getauchte Wergflechte umgelegt, um einen wasserdichten Verschluss an der Durchgangsstelle durch die Beplattung hinter dem Panzer herzustellen; darauf wird eine sechseckige Unterlegscheibe aufgestreift, deren

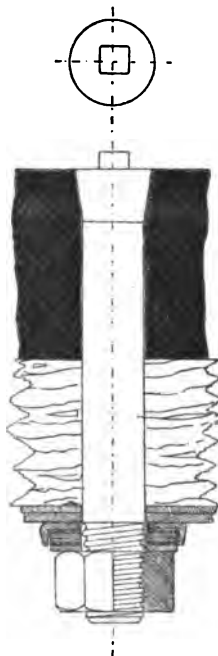
äusserer Rand nach der Mutter hin um 1—1,5 cm vorsteht, so dass eine sechseckige Hohlform um den Bolzen herum gebildet wird, welche zur Aufnahme einer ebenso geformten Gummischeibe dient. Auf die Gummischeibe folgt eine sechseckige eiserne Scheibe, die ebenfalls in die erwähnte Hohlform hineinpasst und der Schraubenmutter als directe Unterlage dient. Die Mutter wird soweit angedreht, als dies überhaupt möglich ist. Dadurch wird der erwähnte Wergzopf in die Fuge zwischen Bolzen und Beplattung gepresst, diese dicht schliessend und die Gummischeibe in solcher Weise deformirt, dass sie die Hohlform, in der sie liegt, vollkommen ausfüllt.

Unterlegscheiben
unter den
Muttern der
Panzerbolzen.

Fig. 54.



Fig. 55.



Die Zweckmässigkeit dieser Bolzenconstruction ergibt sich durch folgende Ueberlegung:

Wird eine Panzerplatte von einem Geschoss getroffen, so wird dieselbe im Moment des Aufschlagens die elastische Teakholzunterlage comprimiren und sich der Beplattung hinter dem Panzer nähern; dadurch gerathen sämmtliche Befestigungsbolzen der Panzerplatte ausser Spannung. Im nächsten Moment wird die Platte sich vermöge der Elasticität des Teakholzes wieder von der Beplattung hinter dem Panzer entfernen wollen und zwar über ihre ursprüngliche Lage hinaus; mit anderen Worten die Platte geräth in Vibration. Dabei werden die Befestigungsbolzen jedesmal dann auf Verlängerung in Anspruch genommen, wenn die Platte über ihre Gleichgewichtslage nach aussen springt. Bevor die Bolzen sich indessen verlängern, wird

Wirkung der
elastischen Unter-
legscheiben.

Schutzbeplattung
hinter dem
Panzer.

erst das Gummi in den hohlen Unterlegscheiben weiter comprimirt, was nach den Erfahrungen auf dem Schiessplatze unter Umständen soweit geht, dass die Ränder der Unterlegscheiben abbrechen. Auf diese Weise wird ein Theil der lebendigen Kraft verbraucht, während eine geringere Quote derselben auf Verlängerung der Bolzen kommt, so dass eine Verlängerung bis zum Bruch weniger zu befürchten ist. Kommen Bolzen zum Bruch, so wird sich die Bruchstelle da befinden, wo der kleinste Querschnitt vorhanden ist, d. h. also auf der mit Gewinde versehenen Strecke zwischen der Mutter und der Beplattung hinter dem Panzer, und die Muttern werden eventuell mit dem in ihnen steckenden Bolzenstück in das Innere des Schiffes hineingeschleudert werden. Wenn daher die gepanzerte Wand solche Räume begrenzt, in denen sich leicht verletzbar vitale Theile resp. Mannschaften befinden, so wird die Innenkante der Spanten ebenfalls mit einer Beplattung von geringer Stärke versehen. Das Abfliegen der Muttern lässt sich dadurch bis zu einem gewissen Grade einschränken, dass man den geringsten Querschnitt durch eindrehen einer ringförmigen Nuth nach dem Kopfende des Bolzens verlegt, in welchem Falle das mit der Mutter versehene Ende nach dem Bruch des Bolzens durch Friction im Teakholz gehalten wird. Da jedoch zur Verlängerung des Bolzens bis zum Bruch in einer solchen Nuth ein kleineres Quantum an lebendiger Kraft ausreicht, als wenn jener kleinste Querschnitt überall vorhanden ist, so hat man bei den neuesten Panzerbolzen den Durchmesser des cylindrischen Theils in seiner ganzen Länge gleich oder um 1—2 mm kleiner gewählt als den Durchmesser auf Innenkante-Gewinde, und den festen Schluss des Bolzens im Teakholz durch Umgiessen einer Hülse aus Weissmetall wieder ermöglicht. Ein Panzerbolzen mit Weissmetallguss ist in Fig. 56 dargestellt.

Anzahl der
Panzerbolzen.

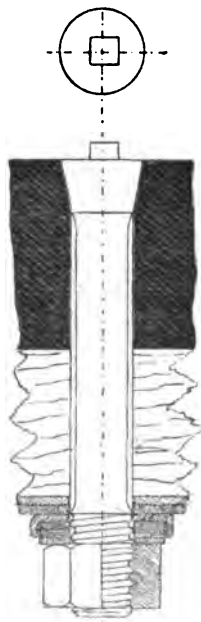
Mit Bezug auf die Anzahl von Befestigungsbolzen einer Platte verfährt man in der Weise, dass man bei einer Breite derselben bis zu 1,25 m zwei Reihen Bolzen zur Anwendung bringt, deren Entfernung von einander gleich der Spantendistanz ist. Eine Platte von 5,5 m Länge, welche fünf Spantendistanzen überspannt, erhält demnach 10 Befestigungsbolzen. Bei grösseren Plattenbreiten schaltet man eine dritte Reihe Bolzen ein, eventuell in grösseren Distanzen. Die Mitten der Bolzen dürfen dabei den Längskanten nicht näher als 0,26 m, den vertikalen Kanten nicht näher als 0,30 m kommen. Dabei muss der geringste Querschnitt jedes Bolzens in Quadratcentimetern $1,67 d$ sein, unter d die Dicke der Panzerplatte verstanden. Die vorstehend angegebenen Verhältnisse liefern ungefähr einen Bolzen pro Quadratmeter gepanzerter Fläche und circa 25 Quadratcentimeter Bolzenquerschnitt pro Tonne Panzergewicht.

Construction
der gepanzerten
Thürme.

Die Construction der gepanzerten Thürme ist derjenigen der gepanzerten Schiffsseiten vollständig analog. Es ist eine doppelte Beplattung hinter dem Panzer, die eigentliche Thurmwand, vorhanden, welche durch ein System sich rechtwinkelig kreuzender Winkel verstärkt wird, dabei jedoch gegebenen

Falls die vertikalen Winkel an die Aussenfläche, die Gürtelwinkel an die Innenfläche verlegend, um hier mehr Raum für die Muttern der Befestigungsbolzen zu bekommen. Letztere Anordnung hat ferner zur Folge, dass die elastische Teakholzunterlage in Form von vertikalen Balken ausgeführt werden muss, deren Fugen zur Vergrösserung der Elasticität des Ganzen abzudichten sind. Auch kommen die weiter oben erwähnten plastischen Zwischenlagen aus Marineleim oder Mennigekitt zwischen den Panzerplatten und der Holzunterlage, sowie zwischen letztere und der Beplattung hinter dem Panzer zur Anwendung. Die Schutzbeplattung gegen abspringende Panzerbolzenmuttern und Nietköpfe darf im Innern von Thürmen nie fehlen.

Fig. 56.



Die Verbindung grösserer gepanzerter Thürme oder Aufbauten auf Deck mit dem Schiffskörper erfolgt mit Hilfe von schweren Winkeleisen, die sowohl inwendig als auch auswendig herum geführt sind und von denen der eine Flansch mit der Decksbeplattung vernietet ist, der andere mit der Beplattung hinter dem Panzer resp. der Panzerplatte selbst verbunden ist. Hierzu treten an geeigneten Stellen im Innern mit Hilfe von Platten und Winkeln hergestellte Abstützungen in Form von umgekehrten Consolen.

Für gepanzerter Drehthürme sind in dem die gepanzerter Casematte oberhalb abschliessenden gepanzerter Deck kreisförmige Luken vorhanden, in welchen die Thürme stehen, deren Vertikalpanzer unmittelbar unter dem gepanzerter Deck aufhört und dort auf einem, in horizontaler Ebene ring-

Construction der
gepanzerten
Drehtürme.

förmigen, Panzerträger ruht. Auf dem zunächst tiefer gelegenen Deck befindet sich die Drehscheibe für den Thurm. Diese ist mit Hilfe von radial angeordneten DoppelTeisen gebildet, welche mit ihren inneren Enden an der äusseren Mantelfläche eines kurzen Cylinders aus Schmiedeeisen befestigt sind, der seinerseits den auf Deck befestigten hohlen Pivotzapfen mit seinen Frictionsrollen umschliesst, während deren äussere Enden durch eine doppelte Reihe kreisförmig angeordneter Stegplatten mit einander verbunden sind. Die oberen und unteren Flantschen der radialen DoppelTeisen dienen zur Aufnahme entsprechender Beplattungen, welche ausser der Verstärkung des Ganzen, an der Unterkante der Drehscheibe Gelegenheit geben zur Befestigung einer abgedrehten Lauffläche für ein System von conischen Rollen, welche den Rand der Drehscheibe unterstützen, sowie für die Anbringung eines Zahnrades, durch welches die drehende Bewegung eingeleitet wird. Die Beplattung oberhalb jener Träger dient dagegen zur Aufnahme der Verbindungsstücke zwischen der Drehscheibe und dem Panzerträger. Diese Verbindungsstücke bestehen aus rechteckigen Rahmen aus Winkeleisen mit eisernen Platten, welche Erleichterungslöcher besitzen; sie sind in derselben Anzahl vorhanden, wie die radialen Träger und befinden sich mit denselben in einer vertikalen Ebene.

Bei den festen Thürmen mit Drehscheiben und über Bank feuernden Geschützen befindet sich die Drehscheibe gewöhnlich innerhalb des Thurmpanzers und ist ähnlich construiert wie die der Drehtürme.

Die Decke der
gepanzerten
Drehtürme.

Die auf den betreffenden Schiffen unserer Marine vorhandenen Drehtürme sind mit einer flach gewölbten Plattenlage von solcher Dicke eingedeckt, dass dieselbe als Schutz gegen Sprengstücke und Geschosse aus kleineren Calibern betrachtet werden kann; sie ruht auf dem Rande des Thurmes, wo sie mit dessen Panzerplatten mittelst Schrauben verbunden ist, und auf einem System von eisernen Balken von dem gewöhnlichen Profil, deren Enden an der Beplattung hinter dem Panzer befestigt sind. Als Befestigungsmittel der Platten an den Balken fungiren ebenfalls Schrauben, die von oben her eingedreht werden, einmal, um keine abliegenden Nietköpfe resp. Schraubenmuttern zu haben und um die Decke abnehmen zu können, im Falle die Geschütze aus den Lafetten herausgenommen werden sollen. In der Thurmdecke befindet sich auf der den Geschützporten gegenüber liegenden Seite des Thurmes eine Luke mit einer darüber befindlichen Zielkappe und einem Podest in solchem Niveau darunter, dass der auf letzterem stehende, die Thurmgeschütze commandirende Officier einen freien Ueberblick über das Gefechtsfeld hat. Einige kleinere Luken dienen zum Abziehen des Pulverdampfes.

Die Construction
der gepanzerten
Decks.

Directe Versuche haben festgestellt, dass die mehr oder weniger horizontale Lage eines gepanzerten Decks nicht nur eine relativ sehr geringe Dicke des Eisenpanzers gestattet, sondern auch die beim Vertikalpanzer unumgänglich nothwendige Teakholzlage überflüssig macht. Mit der

Teakholzlage fallen dann auch die den Gürtelwinkeleisen entsprechenden Organe fort und die Construction eines Panzerdecks gestaltet sich auf diese Weise zu einer sehr einfachen. Die das Panzerdeck tragenden, querschiffs stark gewölbten Decksbalken sind im Verhältniss zu der erhöhten Beanspruchung stärker als gewöhnlich; dem Profil nach bestehen sie aus einem Teisen mit Wulst an der Unterkante oder auch wie z. B. an den Enden des Schiffes, wo dessen Breite keine sehr grosse mehr ist, aus einfachen Winkeleisen mit allerdings breiten und dicken Schenkeln. Bei unseren neuesten Kreuzer-Corvetten, deren Panzerdeck sich über das ganze Schiff erstreckt, ruht dasselbe in seinem mittleren Theile auf Längsträgern, die aus Stegplatten mit 4 Winkeln bestehend, zum Theil zu diesem Zweck besonders eingebaut, zum Theil durch sonst vorhandene Längsschotte gebildet werden. Jene besonderen Längsträger erhalten an ihren Enden Unterstützung durch Querschotte, an denen sie befestigt sind, und an den sonst nothwendig zu unterstützenden Theilen Säulen mit Querhaupt, die auf dem Kielschwein stehen. Auf dem auf diese Weise gebildeten Balkensystem und einem auf der Innenseite der Aussenhaut an der Stelle, wo das Panzerdeck gegen diese stösst, entlang laufenden Winkeleisen liegt zunächst eine Beplattung von 20 mm Dicke, deren Platten, so weit sie auf Querbalken resp. an die Innenkante der Aussenhaut zu liegen kommen, längsschiffs, so weit sie auf Längsträgern ruhen, querschiffs angeordnet sind. Die Quer- und Längsfugen dieser Beplattung erhalten untenliegende Stossplatten und Nahtstreifen mit auf der Oberfläche der Platten versenkt geschlagenen Nieten. Die Befestigungsnieten an den Balken sind natürlich ebenfalls auf derselben Seite mit versenkten Köpfen zu versehen. Auf der so hergestellten, sauber und glatt verlaufenden, die Beplattung hinter dem Panzer vertretenden Fläche werden die eigentlichen Deckpanzerplatten befestigt. Dieselben werden so lang und so breit genommen, als die Verhältnisse dies irgend gestatten und in der Längsschiffsrichtung angeordnet, dadurch erreichend, dass dieselben sich mit den Platten der Unterlage, wenigstens in dem mittleren, wichtigeren Theile rechtwinkelig kreuzen. In den übrigen Theilen ist die Anordnung dagegen so getroffen, dass dieselben mit denen der Unterlage möglichst verschies sen. Sämmtliche Kanten der Beplattung unter dem Panzer und der Panzerplatten selbst werden gehobelt. Die Befestigung der Panzerplatten auf den Platten der Unterlage geschieht mittelst kurzer Stifte aus Eisen, deren Länge um einige Millimeter grösser ist, als die Dicke der Panzerplatten und der Unterlage, zusammen genommen, beträgt; dieselben sind auf ihrer ganzen Länge mit Schraubengewinde versehen und finden sowohl in der Panzerplatte, als auch der Unterlage Schraubengewinde vor, in welches sie eingedreht werden. Letztere Operation geschieht mit Hilfe eines Vierkants am oberen Ende des Stiftes, auf welches der entsprechende Schraubenschlüssel passt und welches, nachdem es seinen Zweck erfüllt hat, abgehauen wird. Kommen diese Stifte in Folge Aufschlagens der Geschosse

Abstützung des
Panzerdecks.

Befestigung der
Deckpanzer-
platten.

zum Bruch, so werden beide Bruchstücke durch das Gewinde in den Platten festgehalten. Der Durchmesser der Befestigungsschrauben beträgt 25—35 cm, je nachdem die Gesamtdicke der Panzerung 50—75 mm ausmacht. Die Anzahl Schrauben beträgt pro laufenden Meter Längs- und Querkante 6 bis 7 Stück in einer Entfernung von 6—7 cm von den Kanten und ausserdem circa 10 Stück auf den Quadratmeter gleichmässig vertheilt. Zwischen den beiden Lagen von Platten des Panzerdecks kommt behufs Ausfüllung der etwa gebliebenen Zwischenräume eine aus bestem Mennigekitt bestehende plastische Zwischenlage zur Anwendung, welche im Laufe der Zeit hart wird. Im Uebrigen ist die ganze Deckpanzerung vollkommen wasserdicht zu machen, was durch Verstemmung der Fugen geschieht. Abgesehen von der Funktion des Panzerdecks als Schutz der unter ihm liegenden Räume gegen Sprengstücke crepirender Geschosse und gegen letztere selbst, gewährt dasselbe dem Schiffskörper eine erhöhte Festigkeit in seiner Längsrichtung, im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Vertikalpanzer der Schiffseiten, bei welchem man nach einigen vergeblichen Versuchen schliesslich darauf verzichtet hat, ihn als Verstärkungsmittel, wenigstens soweit Zugspannungen dabei eine Rolle spielen, auszunutzen. Dagegen wird der Querverband eines Schiffes durch das Panzerdeck vollkommen unterbrochen oder um es anders auszudrücken, das Schiff wird durch das Panzerdeck in eine untere und obere Hälfte geschieden, die nur durch die Aussenhaut in directem Zusammenhang mit einander stehen. In Folge dessen ist der Plattengang derselben, gegen welchen das Panzerdeck abstösst, doppelt. Ebenso wie an der Unterkante des Panzerdecks ist auch an dessen Oberkante in dem Winkel zwischen Aussenhaut und Panzerdeck ein schweres, längsschiffs verlaufendes Winkeleisen vorhanden, dessen vertikaler Flansch mit dem Doppelgang der Aussenhaut vernietet ist, während der andere mittelst Schrauben auf dem Panzerdeck befestigt ist. Die Spanten oberhalb des Panzerdecks zur Aufnahme der Aussenhautbeplattung des oberhalb gelegenen Theiles des Schiffes und seiner Deckbalkenlagen reichen von oben her nur bis auf das Panzerdeck und sind dort unter einem passenden Winkel umgebogen, so dass ein etwa 800 mm auf die Fläche des Panzerdecks herauffassender Fuss gebildet wird, dessen Kehle durch eine angenietete dreieckige Stützplatte verstärkt ist. Dieser Fuss ist mit Schrauben am Panzerdeck befestigt. In ähnlicher Weise reichen die Querspanten unterhalb des Panzerdecks nur bis zu diesem und ist der dem soeben erwähnten Fuss entsprechende Arm dort um etwa ebenso weit wie jener in der Querschnittsebene an der unteren Plattenlage entlang geführt und mit dieser vernietet. Eine weitere, indirecte Verbindung der durch das Panzerdeck geschiedenen beiden Schiffshälften und zwar eine ausserordentlich wirksame wird durch die zur Formirung der wasserdichten Zellen auf dem Panzerdeck nothwendigen zahlreichen Quer- und Längsschotten gegeben. Diese Schotten stehen sämmtlich mit ihren Unterkanten auf dem Panzerdeck und sind mit demselben durch Winkel verbunden, deren auf dem

Erhöhte Festigkeit eines Schiffes mit Panzerdeck.

Panzerdeck liegender Flansch mittelst Schrauben befestigt ist; sie reichen bis zu dem oberhalb des Panzers liegenden gewöhnlichen Deck, mit dessen Balken resp. dessen Bepplattung sie vernietet sind. Betrachtet man dieses Schottensystem mit den beiden begrenzenden Decks als Träger für sich allein, so liefert derselbe sowohl längs- als auch querschiffs ein Widerstandsmoment von beträchtlicher Grösse, welches dem Schiffskörper durch den Anschluss der Schotten an die betreffenden Decks resp. die Aussenhaut zugute kommt. Von diesem Gesichtspunkte aus gehören die Schiffe mit gepanzerten Decks der vorliegenden Art zu den am widerstandsfähigsten.

Beitrag des
Zellensystems zur
Festigkeit.

Wie bereits weiter oben erwähnt, wurden die ersten Panzerplatten aus Schmiedeeisen gefertigt und zwar durch Bearbeitung derselben unter dem Dampfhammer. Die Qualität dieser Platten bestand zwar die Probe gegenüber den älteren Geschützen, erwies sich dagegen als ungenügend von dem Moment an, als Geschütze zur Einführung gelangten, die ihren Geschossen eine wesentlich höhere lebendige Kraft ertheilten. Die beschossenen Probeplatten sprangen in Stücke und zeigten auf der Bruchfläche kristallinisches Gefüge; ein Fehler, welcher mit der Fabrikationsmethode zusammenhing. Die Bemühungen der Fabrikanten gingen in Folge dessen zunächst dahin, ein nicht krystallinisches und daher nicht sprödes Material zu erzielen, welches beim Aufschlagen von Geschossen also nicht in Stücke zersprang, letzteres vielmehr nöthigte, seine ganze lebendige Kraft auf directe Perforation zu verwenden. Dies gelang durch die in England zuerst zur Anwendung gelangende Fabrikation der Platten auf den Walzwerken und nachdem die neue Methode zu einiger Vollkommenheit gediehen war, konnte die Concurrenz zwischen den Geschützen und Panzerplatten von Seiten der letzteren nur dadurch ausgeübt werden, dass man einfach die Dicke derselben vergrösserte. Dadurch war dem Geschütz entschieden eine günstigere Position eingeräumt, da ganz abgesehen von den erhöhten Schwierigkeiten der Herstellung dickerer Panzerplatten, die Unmöglichkeit, der Entwicklung der Geschütze pari passu zu folgen, wesentlich dadurch beeinflusst wurde, dass Schiffe, die den dickeren Panzer tragen sollten, zu grosse Dimensionen annehmen mussten. Wie wir weiter oben gesehen haben, hat dies zur theilweisen Entpanzerung der Schiffe geführt. Während des Streites zwischen Geschütz und Panzer hat es indessen doch eine Phase gegeben, wo die Leistungsfähigkeit der Panzerplattenfabrikanten bezüglich der Steigerung der Dicke erschöpft schien und man war genöthigt, solche Schiffe, die man den zur Zeit schwersten Geschützen gegenüberstellen wollte, mit einem aus 2 Plattenschichten bestehenden Panzer zu umgeben. Diese

Das Material der
Panzerplatten.

Panzerplatten
aus Schmiede-
eisen.

Concurrenz
zwischen
Geschütz und
Panzer.

Sandwichsystem.

Mängel
des Sandwich-
systems.

Gesamtheisendicke bei einer einzigen massiven Platte vorhanden wäre. Eine genügende Widerstandsfähigkeit mittelst zweier Schichten Platten ist demnach in einem erhöhten Maasse mit einer Vergrösserung des Gewichts der Panzerung verknüpft, als wenn man solches mit nur einer Plattenlage erreicht. Dafür ist indessen die Möglichkeit vorhanden, durch Erneuerung der Panzerung mit nur einer Plattenlage, deren Dicke gleich der Summe der Dicken beider Lagen ist, ein Schiff herzustellen, welches gegen schwerere Geschütze verwendbar ist, als dasjenige mit zwei Plattenlagen.

Bezüglich der Anordnung der Panzerung nach dem Sandwichsystem ist zu bemerken, dass jede Plattenschicht ihre besondere Teakholzlage bekommt. Die der inneren Lage wird in der gewöhnlichen Weise ausgeführt und auf ihr der Eisenpanzer mit einer geringen Anzahl Panzerbolzen befestigt. Die der äusseren Schicht besteht dagegen aus vertikal gestellten Hölzern, welche mit Schraubbolzen an der inneren Panzerplattenschicht befestigt werden. Die Fugen auch dieser vertikalen Teakholzlage werden ebenfalls abgedichtet. Die äussere Plattenschicht erhält demnächst die normale Anzahl Befestigungsbolzen, welche selbstverständlich, die innere Plattenschicht durchdringend, diese mit halten.

Das Sandwich-System wurde jedoch durch weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit der Panzerplattenwalzwerke im Laufe der Zeit entbehrlich. Die Werke walzten Platten aus Schmiedeeisen von mehr als 50 cm Dicke von vorzüglicher, faseriger Structur, die den Anforderungen mit Bezug auf Widerstandsfähigkeit entsprachen und deren Dicke noch hätte gesteigert werden können, wenn Geschütze mit entsprechender Durchschlagskraft als Armirung auf Schiffen eingeführt werden sollten. Ueber 560 mm (22" englisch) Dicke ist man mit Schmiedeeisen indessen nicht gegangen, da inzwischen ein neues Material für Panzerplatten, nämlich Stahl, in seiner Fabrikation so vervollkommnet worden war, dass es dem Schmiedeeisen erfolgreiche Concurrrenz machte. Die berühmten Schiessversuche zu Spezzia im Herbst 1876, zum Zwecke der Feststellung des besten Panzers für die italienischen Kriegsschiffe Duilio und Dandolo, waren für das Schicksal des Schmiedeeisens als ausschliessliches Material für Panzerplatten entscheidend. Die italienische Regierung hatte in den Plänen für die genannten Schiffe ein für 22" engl. dicke Platten ausreichendes Deplacement vorgesehen und die ersten englischen und französischen Fabrikanten zur Einsendung von Probenplatten nach Spezzia aufgefordert. An der Concurrrenz beteiligten sich die englischen Firmen Cammel und Brown und die französischen Schneider und Marrel. Cammel und Marrel sandten je eine schmiedeeiserne Platte von 22" Dicke, je zwei schmiedeeiserne Platten von 12" und 10" Dicke für eine Sandwich-Scheibe und je zwei Platten von 8" und 14", von denen die erste aus Schmiedeeisen, die andere aus Hartguss bestand, ebenfalls für Sandwich-Scheiben. Brown dagegen zwei Platten von 22" Dicke aus Schmiedeeisen und endlich Schneider zwei Platten von 22" Dicke aus Stahl.

Panzerplatten
aus Stahl.

Die Versuche
in Spezzia.

Die Dicke der Teakholzlage betrug bei sämtlichen Scheiben 29", welche bei den Sandwich-Scheiben in zwei Schichten zur Anwendung kam. Die Beplattung hinter dem Panzer war $1\frac{1}{2}$ " dick. Die Länge der einzelnen Panzerplatten betrug 12', ihre Breite 4' 9". Die Befestigung geschah durch gewöhnliche Panzerbolzen mit versenkten conischen Köpfen aussen und unter Anwendung von Gummischeiden unter den Muttern innen, ausgenommen bei den Schneider'schen Platten, welche mit von hinten eingeschraubten Bolzen in doppelt so grosser Anzahl befestigt wurden. Die Beschiessung geschah aus einem 10"igen, und einem 11"igen Woolwich-Geschütz und dem 100 Tonnen Armstrong-Geschütz, bei voller Ladung und 100 Yards Entfernung. Die zu erfüllende Bedingung bestand darin, dass ein Geschoss aus dem 100 Tonnen-Geschütz von 2000 Ø Gewicht mit einer Pulverladung von 340 Ø nicht hinter die Beplattung hinter dem Panzer, im Ernstfalle also nicht in das Innere des Schiffes, gelangen durfte.

Durch Schüsse aus den 10- und 11"igen Geschützen wurde zunächst die absolute Unbrauchbarkeit der Sandwich-Scheiben, bei denen Hartgussplatten zur Anwendung gelangt waren, constatirt, desgleichen die Ueberlegenheit der schmiedeeisernen Platten, in einer Dicke, gegenüber der Anordnung in zwei Dicken. Ferner zeigte sich, dass die Geschosse in die Stahlplatten etwas tiefer eindringen, als in die schmiedeeisernen Platten, dass erstere auch leichter grössere Sprünge als letztere bekamen. Dabei wurde viel Aufhebens gemacht von einer Erscheinung bei den Stahlplatten, nämlich dem etwa 2—3 Minuten nach dem Aufschlagen des Geschosses andauernden Singen derselben, während dessen noch weitere Risse entstanden. Die Probe gegen Geschosse aus dem 100 Tonnen-Geschütze wurde von den schmiedeeisernen Platten jedoch keineswegs bestanden, da dieselben nicht allein durchschlagen wurden, sondern dem Geschoss noch ein ausreichendes Quantum lebendiger Kraft liessen, um in der Beplattung hinter dem Panzer ein 4 Fuss weites Loch zu reissen und hinter die Scheibe, d. h. im Ernstfalle in das Innere des Schiffes zu gelangen. Die Stahlplatten zersprangen allerdings beim Aufschlagen der Geschosse aus dem 100 Tonnen-Geschütz in eine grössere Anzahl von Stücken, veranlassten aber auch ihrerseits, dass die Geschosse zersprangen, so dass nicht soviel lebendige Kraft erübrigte, um die Beplattung hinter dem Panzer zu durchdringen. Im Ernstfalle hätten diese Schüsse die Gefechtsfähigkeit des betreffenden Schiffes nicht vernichtet.

Die Entscheidung der Commission, welche die Resultate dieser Schiessversuche zu beurtheilen hatte, ging dahin, dass die Schneider'schen Stahlplatten und das Schneider'sche Befestigungssystem für die Panzerung des Duilio am geeignetsten erklärt und empfohlen wurden, wobei sie nicht unterliess, anzudeuten, dass sich die Qualität der Stahlplatten im Laufe der nächsten Zukunft verbessern würde, während dies für schmiedeeiserne Platten nicht mehr zu erwarten sei.

Dieses Urtheil wurde allerdings besonders in England s. Z. stark angefochten, indessen zeugen die von den Behörden getroffenen Maassregeln und die von den Fabrikanten von Panzerplatten unternommenen Schritte, welche Bedeutung man gerade in England den Schiessversuchen in Spezzia beilegte. Die Fertigstellung der schmiedeeisernen Panzerplatten für die Thürme des „Inflexible“ wurde sistirt und es wurden Aufträge für die Anfertigung von Probeplatten aus englischem Stahl und von Compound-Platten gegeben, unter letzteren solche Platten verstanden, bei denen Stahl und Schmiedeeisen in der Weise combinirt werden, dass der vordere Theil der Dicke aus Stahl, der dem Schiffe zugekehrte Theil aus Schmiedeeisen besteht. Man bezweckt damit das in Stücke zerfallen der Stahlplatten bei aufschlagenden Geschossen zu verhindern, indem dieselben durch das dahinter befindliche Eisen zusammen gehalten werden. In der That haben sich Compound-Platten, im Laufe der Zeit den ganz aus Stahl bestehenden Platten überlegen gezeigt. Obgleich die Firma Schneider zu Creuzot in Frankreich dabei verharret hat, die von ihr eingeführten Platten aus massivem Stahl noch erheblich zu vervollkommen, so sind doch nur wenige der grösseren Panzerschiffe der französischen Marine mit solchen Platten gepanzert. Die Compound-Platten bilden augenblicklich die Regel. An ihrer Vervollkommnung wird mit grossem Eifer gearbeitet, wobei auch die deutsche Firma, welche den grössten Theil der Panzerplatten für unsere Marine geliefert hat und noch liefert, nämlich die Dillinger Hüttenwerke in der Nähe von Saarbrücken, sich nach Kräften betheiligt. Am schärfsten ist jedoch die Concurrenz in dieser Beziehung in England und zwar zwischen den Firmen Cammel & Co. und Brown & Co., beide in Sheffield. Jede dieser beiden Firmen hat sich ihre eigene Fabrikationsmethode patentiren lassen und dieselben nach den Namen ihrer Erfinder, den resp. technischen Leitern der beiden Fabriken, benannt. Cammels stellen zur Zeit Panzerplatten nach Wilson's Patent, Browns nach Ellis's Patent her. Um den Unterschied der beiden Methoden zu characterisiren, sei folgendes bemerkt.

Compound-
platten.

Nach Wilson's Patent wird zunächst eine schmiedeeiserne Platte in der gewöhnlichen Weise angefertigt, dieselbe wird in einem Glühofen bis nahezu auf Schweisshitze erwärmt und nunmehr das in Siemens Martin Ofen gewonnene Stahlmaterial, während die schmiedeeiserne Platte im Ofen verharret, aufgegossen. Die beiden Materialien vereinigen sich an der Berührungsfläche. Nach dem Erkalten des Ganzen, bis auf eine gewisse Temperatur, erfolgt die weitere Verarbeitung mittelst des Walzwerks. Nach beendeter Formgebung wird die Platte noch einmal auf eine höhere Temperatur gebracht und in Oel gehärtet, wobei das Schmiedeeisen indessen seine weiche Qualität behält.

Wilson's
Compound-
Platten.

Nach Ellis' Patent wird ebenfalls zunächst die schmiedeeiserne Platte gemacht, die aufzubringende Stahldicke indessen auch in Form einer Platte hergestellt und zwar aus Material, welches, gewöhnlich nach dem Bessemer Verfahren

Ellis' Compound-
Platten.

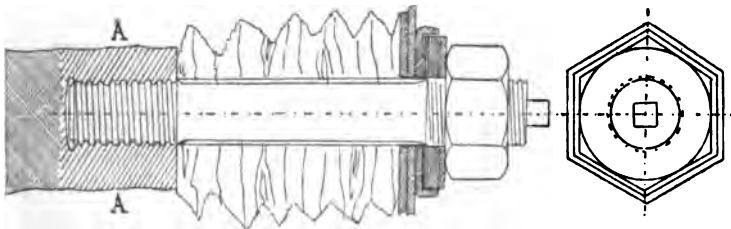
gewonnen, einen erheblich höheren Kohlenstoffgehalt hat, so dass dasselbe fähig ist, eine erhöhte Härte anzunehmen. Beide Platten werden auf Schweisshitze gebracht und in einer Distanz von einigen Centimetern unter Anwendung einer geeigneten Zurüstung neben einander aufgestellt; der verbleibende Zwischenraum wird mit Stahl von einem mittleren Kohlenstoffgehalt vollgossen; derselbe verbindet sich einerseits mit dem Stahl der Vorderseite, andererseits mit dem Schmiedeeisen der Rückseite der Platte. Die weitere Behandlung ist dieselbe wie beim Wilson'schen Verfahren.

Von dem Gesichtspunkte aus, dass es bei einer Panzerplatte nothwendig ist, deren Oberfläche so hart wie möglich zu machen, um den aufschlagenden Stahlgeschossen so wenig wie möglich Gelegenheit zum Fassen zu geben und sie zu zwingen, abzugleiten oder ihre lebendige Kraft auf Zerstörung ihres eigenen Materials zu verwenden, repräsentirt Ellis' Patent den neuesten Fortschritt in der Fabrikation von Compound-Platten. Neuerdings soll eine nach Ellis' Patent von Brown hergestellte Panzerplatte auf dem Schiessplatze zu Shoeburyness die besten vom Auslande, also aus Frankreich und Deutschland, beschaffbaren Stahlgeschosse beim Aufschlagen zum Zerspringen gebracht haben.

Wie die erfolgreiche Einführung von Stahl als Panzerplattenmaterial, so rührt auch die Befestigung der Panzerplatten mittelst von der Rückseite

Befestigung
der Compound-
Platten.

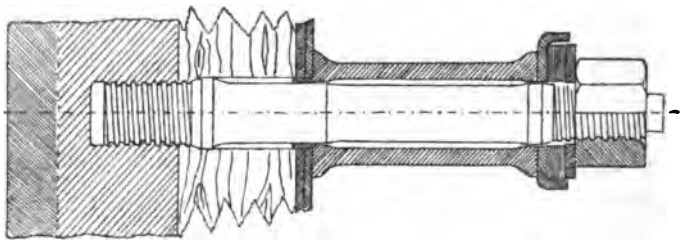
Fig. 57.



eingedrehter Schrauben von Schneider in Creuzot her. Der dabei verfolgte Zweck besteht darin, nur den dem Schiffe zugekehrten, weicheren Theil des Materials durch Einbohren von Löchern zu schwächen, da die Schiessversuche die Erfahrung gewährten, dass die beim Aufschlagen von Geschossen auftretenden Risse sehr häufig bei den Löchern zur Aufnahme der durchgehenden Panzerbolzen mit conischem Kopfe ihren Anfang nehmen. Bei einem an und für sich härteren und spröderen Material, wie Stahl, sei es eine massive Stahlplatte oder eine Compound-Platte, sind von der Rückseite eingeschraubte Bolzen daher vollkommen rationell. Bei letzteren erstreckt sich das im Innern mit Schraubengewinde versehene Loch höchstens so weit in die Platte hinein, als dieselbe aus Schmiedeeisen besteht, so dass die Stahlschicht vollkommen intact bleibt. Die Figur 57 stellt die Form der zur Zeit bei unserer Marine eingeführten Befestigungsbolzen für

Compound-Platten dar, die übrigens nicht mehr aus Schmiedeeisen, sondern aus geschmiedetem Stahl gefertigt werden. Wie ersichtlich, sind beide Enden des Bolzens mit rund geschnittenem Gewinde versehen. Ferner ist der Durchmesser des cylindrischen Theils der Bolzen gleich dem Durchmesser auf Innenkante-Gewinde und durch einen Umguss von Weissmetall auf einen etwas grösseren Durchmesser gebracht als Aussenkante-Gewinde, um letzteres beim Durchgange durch die Teakholzunterlage zu schonen. Mittelst eines, auf das am inneren Ende des Bolzens vorhandene Viereck aufgesteckten Schlüssels, wird derselbe in die Panzerplatte eingedreht. Demnächst werden die Unterlagscheiben, die Gummischeibe und die Mutter

Fig. 58.



wie gewöhnlich auf den Panzerbolzen gebracht. Ein Bruch dieser Bolzen kann nur auf ihrem cylindrisch geformten Theil stattfinden, da das Gewinde zum Theil in der Platte, zum Theil in der Mutter sitzt. Der cylindrische Theil wird aber um so weniger zum Bruch kommen, je grösser die Verlängerung ist, die er vor dem Bruch erst annimmt. Letztere ist aber direct proportional mit der Länge des Bolzens, soweit derselbe kein Gewinde hat. Dies ist die Veranlassung zur Einführung des in der Figur 58 dargestellten Bolzens bei der englischen Marine. Durch Einschaltung des rohrartigen Stahlkörpers zwischen der Beplattung hinter dem Panzer und den Unterlagscheiben hat man die Länge der Bolzen um volle 12'' vergrössert.

VIII. Capitel.

Das Ruder und seine Bewegungsmechanismen.

Das Ruder hat den Zweck, dem Schiffe eine drehende Bewegung um eine vertikale Achse zu ertheilen, um die von ihm beschriebene Bahncurve bis zu einem gewissen Grade beliebig ändern zu können. Angenommen, das Schiff, inclusive des an seinem hinteren Ende befindlichen Ruders, sei nach beiden Seiten vollkommen symmetrisch, so wird sich dasselbe unter der Einwirkung einer in der Symmetrieebene wirkenden, von hinten nach vorne gerichteten Kraft in ruhigem Wasser gradlinig bewegen. Will man das Schiff zwingen, eine in horizontaler Ebene gekrümmte Bahnlinie zu beschreiben, so muss man an demselben ein Kräfte- oder Drehungspaar in Thätigkeit setzen, dessen Drehungsrichtung links- oder rechtsherum sein muss, je nachdem der Krümmungsmittelpunkt der beabsichtigten Bahn des Schiffes auf Backbord oder Steuerbord gelegen ist. Ein solches Drehungspaar wird mit Hilfe des Ruders erzeugt, indem man dasselbe in der entgegengesetzten Richtung dreht. Dadurch geräth die gewöhnlich hinter der Drehachse gelegene Fläche des Ruders in denjenigen Quadranten, der mit dem Krümmungsmittelpunkt der Bahnlinie auf derselben Seite liegt, derart, dass das von der Mittellinie des Ruders und der des Schiffes gebildete System einen hohlen Winkel bildet, dessen concave Seite mit der concaven Seite der Bahnlinie übereinstimmt. Je grösser der Werth der Drehung des Schiffes hervorbringenden Kräfte- oder Drehungspaares ist, um so schneller wird das Schiff drehen und da ausserdem von jenem Kräftepaar sowohl die Verhältnisse des Ruders selbst, als auch diejenigen seiner Bewegungsmechanismen und die Grösse der Kraft, mit welcher das Ruder gedreht werden muss, in gewisser Weise abhängig sind, so ist es nothwendig, zunächst die Grösse dieses Drehungspaares zu bestimmen.

Zur Vereinfachung unserer Betrachtung nehmen wir an, das Ruder bestehe aus einer ebenen Fläche, welche drehbar am vertikal stehenden Hintersteyen des Schiffes befestigt ist, das Schiff dagegen sei von so schlanken Formen, dass man dasselbe angenähert als auf seine Symmetrieebene reducirt betrachten kann. Denkt man sich ein solches Ruder um den Winkel α aus seiner Mittschiffslage herausgedreht, so wird das Wasser,

Bestimmung des Drehmoments des Ruders.

welches vorher mit der Geschwindigkeit des Schiffes von V Meter pro Sekunde an der Ruderfläche entlang glitt, nunmehr unter dem Winkel α auf dieselbe treffen und dadurch einen Druck auf das Ruder ausüben; es kommt nun zunächst darauf an, diesen Druck zu bestimmen. Zu dem Ende denken wir uns das Ruder vom Schiffe getrennt und in ruhendem Wasser mit der Geschwindigkeit V , so bewegt, das es senkrecht von demselben getroffen wird oder, was dasselbe ist, wir nehmen an, das Ruder befinde sich in vertikaler Position in ruhendem Zustande im Wasser und letzteres ströme mit der Geschwindigkeit V senkrecht gegen dasselbe. Alsdann erhalten wir den vom Wasser gegen die Ruderfläche ausgeübten Druck, wenigstens angenähert, durch folgende Ueberlegung: Angenommen, es befände sich in der Ruderfläche eine Oeffnung von der Grösse f , so wird das Wasser ungehindert mit der Geschwindigkeit V durch dieselbe fliessen. Für die Rückseite der Fläche wird alsdann die Anschauung Platz greifen dürfen, als ströme das Wasser durch jene Oeffnung mit der Geschwindigkeit V aus einem Gefässe aus, dessen Wandung zum Theil durch unsere Ebene gebildet wird und welches bis zur Höhe h oberhalb der Oeffnung gefüllt wäre.

Nach dem Torricelli'schen Problem besteht aber zwischen der Druckhöhe h und der Ausströmungs-Geschwindigkeit die Relation:

$$h = \frac{V^2}{2g};$$

mithin ist der Druck gegen den Querschnitt f der Oeffnung, falls dieselbe nicht vorhanden wäre:

$$f \cdot \frac{V^2}{2g}$$

und daher der Druck gegen die ganze Ruderfläche, die wir mit F bezeichnen wollen, angenähert

$$\frac{F \cdot V^2}{f \cdot 2g}.$$

Hieraus geht hervor, dass der Druck gegen eine im Wasser normal zu sich selbst bewegte Fläche proportional ist mit der Grösse dieser Fläche und mit dem Quadrate der Geschwindigkeit, mit welcher sie bewegt wird. Bezeichnet man denjenigen Druck, der entsteht, wenn ausser f auch $F = 1$ □Mtr, und $V = 1$ Meter pro Sekunde ist, mit P_o , so erhält man:

$$P_o = \frac{1 \cdot 1^2}{2g} = \frac{1}{2 \cdot 9,81} = 0,051 \text{ Tonnen,}$$

wenn man sich den Vorgang in destillirtem Wasser denkt. In der Praxis setzt man statt dieser Zahl den durch directe Versuche gefundenen Werth

$$P_o = 0,08 \text{ Tonnen.}$$

Die Differenz erklärt sich daraus, dass wir bei unserer Ueberlegung die Verhältnisse auf der Rückseite unserer ebenen Fläche auser Acht gelassen haben. Es findet dort eine saugende Wirkung des Wassers statt, welche einer Druckvermehrung auf die Vorderseite der Ebene aequivalent ist. Wir

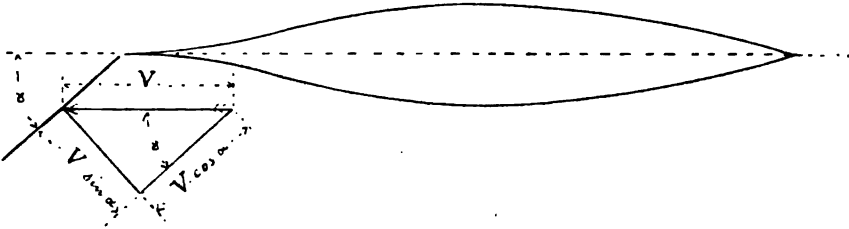
setzen demnach den Druck gegen eine ebene Fläche von F □Mtr. Inhalt bei einer Geschwindigkeit von V Meter pro Sekunde

$$P = k \cdot F \cdot V^2,$$

unter k dann jenen Werth von 0,08 verstanden.

Strömt das Wasser nicht normal, sondern unter dem Winkel α mit der Geschwindigkeit V gegen die Fläche, so zerlegen wir V in die beiden Componenten $V \sin \alpha$ und $V \cos \alpha$, von denen dann nur erstere einen Druck normal zum Ruder hervorbringt. Diese Zerlegung ist in Fig. 59 dargestellt.

Fig. 59.



Der senkrecht zum Ruder wirkende Druck ergibt sich demnach zu

$$P_{\alpha} = k \cdot F \cdot V^2 \sin^2 \alpha$$

und dies würde, wenigstens angenähert, der Normaldruck auf das Ruder sein, wenn dasselbe um den Winkel α aus seiner Mittschiffslage herausgedreht wird, vorausgesetzt, dass die Richtung des Wasserstromes mit der Richtung des Kiels des Schiffes nahezu übereinstimmt. Letzteres ist jedoch nur in den unteren Theilen des Schiffes der Fall. Weiter nach oben, wo die Conturen der Horizontalschnitte des Schiffes unter einem stumpfer werdenden Winkel nach dem Hintersteven hin convergiren, trifft diese Voraussetzung nicht mehr zu. Um unter diesen Umständen den Druck auf das Ruder zu bestimmen, ist man genöthigt, dasselbe durch Horizontalschnitte in einzelne Stücke zu zerlegen, für jedes derselben den Druck zu berechnen und die erhaltenen Resultate zu addiren. Bezeichne ich die Winkel, welche die Stromrichtung mit der Symmetrieebene des Schiffes für jedes Ruderelement bildet, mit $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$, so trifft das Wasser die entsprechenden Ruderelemente, wenn das Ruder um α gedreht wird, unter den Winkeln $\alpha + \beta_1, \alpha + \beta_2; \alpha + \beta_3 \dots$, was für ein Ruderelement in Fig. 60 gezeigt ist, in welcher ausserdem die betreffenden Zerlegungen vorgenommen erscheinen. Da ferner die Geschwindigkeit des Wassers in der Kielrichtung V ist, so wird die Geschwindigkeit desselben unter dem Winkel β mit der Kielrichtung angenähert

$$\frac{V}{\cos \beta}$$

sein; die entsprechenden Normalpressungen auf die Ruderelemente $f_1, f_2, f_3 \dots$ würden demnach folgende Werthe bekommen:

$$p_1 = k f \frac{V^2}{\cos^2 \beta_1} \sin^2 (\alpha + \beta_1)$$

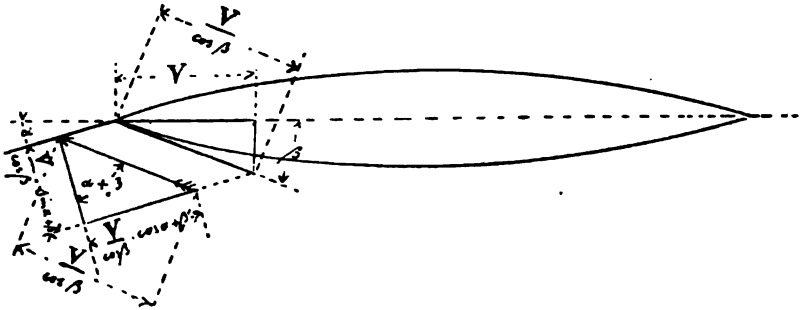
$$p_2 = k f \frac{V^2}{\cos^2 \beta_2} \sin^2 (\alpha + \beta_2)$$

$$p_3 = k f \frac{V^2}{\cos^2 \beta_3} \sin^2 (\alpha + \beta_3) \quad \text{u. s. w.}$$

und der Gesamtdruck würde sich ergeben zu

$$P_a = k V^2 \left[f_1 \frac{\sin^2 (\alpha + \beta_1)}{\cos^2 \beta_1} + f_2 \frac{\sin^2 (\alpha + \beta_2)}{\cos^2 \beta_2} \dots \right].$$

Fig. 60.



Denken wir uns nun in der Drehachse des Schiffes zwei Kräfte von der Grösse P_a und parallel zum Normaldruck auf das Ruder in der Weise angebracht, dass sich dieselben gegenseitig aufheben, so wird dadurch an der Wirkung des Normaldrucks auf das Ruder nichts geändert. Es sei in Fig. 61 C der Punkt, in welchem die Drehachse des Schiffes projicirt erscheint und den wir vorläufig als in der Mitte des Schiffes gelegen annehmen wollen, so können wir nunmehr den Druck P_a mit dem in C wirkenden Druck — P_a zu einem Kräftepaar zusammenfassen, während wir den in C wirksam bleibenden Druck $+ P_a$ besonders untersuchen. Zerlegen wir denselben in eine Querschiffs- und in eine Längsschiffs-Componente, so erhalten diese die Grössen $P_a \cdot \cos \alpha$ und $P_a \cdot \sin \alpha$; erstere ist bemüht, das Schiff nach Lee zu drängen, letztere vermindert die Fahrt des Schiffes. Kehren wir zu unserem Kräftepaar zurück, so ersieht man, dass dessen Hebelarm gleich $C N$ ist, so dass sein Moment sich zu

$$P_a \cdot C N$$

ergiebt.

Dieser Ausdruck wird das Drehmoment oder das Evolutionsmoment des Ruders genannt. Aus der Figur ist ferner ersichtlich, dass $C N = C M + M N$ ist; $C M$ ist aber $= C D \cdot \cos \alpha$ oder gleich $\frac{L}{2} \cos \alpha$, während

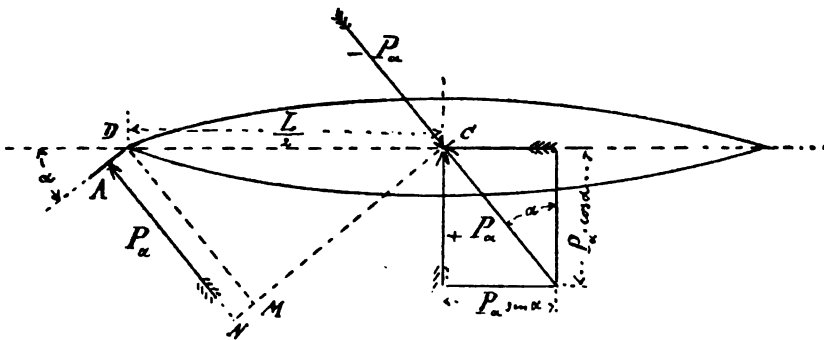
$MN = DA$, d. h. gleich der Entfernung des Angriffspunktes des Normaldruckes auf das Ruder von dessen Drehachse ist; folglich ist

$$P_\alpha \cdot CN = P_\alpha \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha + P_\alpha \cdot AD.$$

Da $\frac{L}{2}$ im Verhältniss zu AD sehr gross ist, so kann man mit Bezug auf die drehende Wirkung des Ruders den 2ten Theil des Drehmoments dem ersten gegenüber vernachlässigen und setzen:

$$P_\alpha \cdot CN = P_\alpha \frac{L}{2} \cos \alpha.$$

Fig. 61.



Hierin für P_α den weiter oben gefundenen Werth eingesetzt, erhalten wir:

$$P_\alpha \cdot CN = k V^2 \left[f_1 \frac{\sin^2(\alpha + \beta_1)}{\cos^2 \beta_1} + f_2 \frac{\sin^2(\alpha + \beta_2)}{\cos^2 \beta_2} \dots \right] \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha$$

oder

$$P_\alpha \cdot CN = k V^2 \left[f_1 \frac{\sin^2(\alpha + \beta_1)}{\cos^2 \beta_1} \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha + f_2 \frac{\sin^2(\alpha + \beta_2)}{\cos^2 \beta_2} \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha \right. \\ \left. + f_3 \frac{\sin^2(\alpha + \beta_3)}{\cos^2 \beta_3} \cdot \frac{L}{2} \cos \alpha \dots \right]$$

Es ist klar, dass man behufs Erzielung einer möglichst grossen Drehwirkung das Ruder um einen solchen Winkel α drehen muss, dass obiger Ausdruck ein Maximum wird. Dies ist der Fall, wenn jeder der Summanden in der Klammer auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens seinen Maximalwerth annimmt, und dies findet statt, wenn

$$\sin^2(\alpha + \beta_1) \cos \alpha = \max$$

$$\sin^2(\alpha + \beta_2) \cos \alpha = \max$$

$$\sin^2(\alpha + \beta_3) \cos \alpha = \max \quad \text{u. s. w.,}$$

worin die Werthe von $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$ der Zeichnung zu entnehmen sein würden. Jede der Bedingungsgleichungen liefert einen anderen Werth für α , d. h. um den günstigsten Dreheffect zu bekommen, würde jedes Flächen-

element des Ruders um seinen besonderen Winkel α aus der Mittschiffsebene herausgedreht werden müssen und zwar die oberen Elemente um einen kleineren Winkel als die unteren. Da das Ruder in Wirklichkeit nur aus einer einzigen Fläche bestehen kann, welche nach beiden Seiten hin gebraucht werden muss, so ist man genöthigt, statt der verschiedenen Werthe von α einen gewissen Mittelwerth zu wählen. Man hat sich diesen etwa so gross zu denken, dass der in der Praxis gebräuchliche Maximalrudewinkel von 35 bis 40° entsteht.

Unter diesen Umständen ist es erklärlich, dass die horizontalen Segmente der Ruderfläche, je nach ihrer verschiedenen Tiefenlage unter Wasser, falls sie ihrem Flächeninhalte nach gleich gross sind, Pressungen von verschiedener Grösse aufzunehmen haben, was für die Beanspruchung des Ruders als Ganzes unvortheilhaft ist. Es lässt sich dies dadurch vermeiden, dass man die Richtung des Wasserstroms unmittelbar vor dem Ruder durch Anwendung eines sehr breiten Stevens auch in den nahe an der Oberfläche des Wassers gelegenen Wasserschichten wieder parallel zum Kiel macht, oder, wie dies bei den älteren Segelschiffen der Fall war, indem man die Breite des Ruders an denjenigen Stellen, wo der geringere Druck eintritt, in solchem Grade vergrössert, dass sämmtliche horizontalen Rudorsegmente einen Druck von derselben Grösse bekommen. Ruder dieser Art sind in Folge dessen unten breiter als oben, wie solches bei hölzernen Schiffen der Fall ist, deren Ruder nicht so widerstandsfähig hergestellt werden können.

Die Geschwindigkeit V , mit welcher das Wasser auf die Ruderfläche trifft, ist im Vorstehenden als von der Geschwindigkeit des Schiffes her rührend angenommen und zwar unabhängig von der Art und Weise, wie dieselbe erzeugt wurde. Wird die Schiffsgeschwindigkeit indessen von einem Schraubenpropeller hervorgebracht, so ist zu bemerken, dass die Geschwindigkeit des von der Schraube erzeugten Wasserstromes ungefähr um den Schlip der Schraube grösser ist, als die Schiffsgeschwindigkeit, dass somit das unmittelbar hinter der Schraube befindliche Ruder einen beträchtlich grösseren Druck erleiden wird, da wir gesehen haben, dass letzterer mit dem Quadrate dieser Geschwindigkeit wächst. Hieraus erklärt sich die grössere Steuerfähigkeit von Schraubenschiffen. Uebrigens begegnet man bezüglich der Einwirkung der Schiffsschraube auf die Drehung des Schiffes um eine vertikale Achse insofern einander widersprechenden Angaben, als es sich um rechtsgängige und linksgängige Schrauben handelt. Zur Klarstellung dieses Punktes diene folgendes*): Angenommen, es handle sich um eine rechts-

Erhöhte Steuerfähigkeit der Schraubenschiffe.

*) Es empfiehlt sich, beim Studium der Einwirkung der rotirenden Schraube auf das Ruder ein einfaches Modell zu benutzen, wie es sich etwa mittelst eines Korks als Schraubennabe, mit aufgesteckten Stückchen Carton als rechtsgängige oder linksgängige Flügel herstellen lässt; ein durch den Kork gestecktes Stück Draht oder Federhalter dient als Achse, während man das aus Carton geschnittene Ruder in den verschiedenen Lagen hinter die Schraube hält.

gängige Schraube, d. h. um eine solche, welche bei der Rotation wie der Zeiger einer Uhr auf Vorwärtsgang des Schiffes arbeitet und betrachten wir die Wirkung eines ihrer Flügel, so wird der von diesem ausgeübte Druck normal zu einem gewissen Flächenelement des Flügels stehen. Derselbe lässt sich an jeder Stelle, die der Flügel während seiner Rotation einnimmt, in drei Componenten zerlegen, von denen die erste parallel zur Achse der Schraube, die zweite normal zur Symmetrieebene des Schiffes und die dritte vertikal gerichtet sein wird. Letztere kommt bezüglich der Drehung des Schiffes um eine vertikale Achse nicht weiter in Betracht und kann unberücksichtigt bleiben; die zuerst genannte bringt die Geschwindigkeit des Schiffes hervor und verursacht bei gedrehtem Ruder ein grösseres Drehmoment, als der Schiffsgeschwindigkeit entspricht, weil das Wasser mit einer um den Schlip der Schraube grösseren Geschwindigkeit auf das Ruder trifft; die zur Symmetrieebene des Schiffes normale Componente endlich ist diejenige, welche einer besonderen Untersuchung bedarf. Zu dem Ende bezeichnen wir die von einem Flügel der rechtsgängigen, auf Vorwärtsgang arbeitenden Schraube während einer ganzen Umdrehung durchlaufenen Quadranten in der Weise, dass wir den Backbord oberen Quadranten den ersten, den Steuerbord oberen den zweiten, den Steuerbord unteren den dritten u. s. w. nennen. Im ersten Quadranten wird alsdann der von einem Flügel normal zur Symmetrieebene hervorgebrachte Druck oder der entsprechende Wasserstrom von Backbord nach Steuerbord gerichtet sein und in dieser Richtung einen Druck auf die oberhalb der Schraubenachse befindliche Partie des unmittelbar hinter der Schraube, zunächst in der Symmetrieebene festgehaltenen Ruders ausüben. Im dritten Quadranten ist der betreffende Druck resp. Wasserstrom von Steuerbord nach Backbord gerichtet und es entsteht folglich auf die untere Hälfte des Ruders ein Druck von Steuerbord nach Backbord.

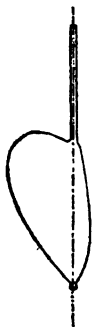
Hat man nun eine zwei- oder vierflügelige Schraube, derart, dass während ein Flügel im ersten, der symmetrisch gelegene Flügel sich im dritten Quadranten befindet, so wird von einer Drehung des Schiffes um eine vertikale Achse nur dann die Rede sein können, wenn die genannten Kräfte auf die obere und untere Hälfte des Ruders nicht gleich sind. Sind sie einander gleich, so wird das Schiff bei mittschiffs liegendem Ruder einen geraden Cours verfolgen. Jene Kräfte sind aber proportional mit der Intensität des vom Wasserstrom herrührenden Drucks pro Flächeneinheit und mit dem Flächeninhalt des getroffenen Theiles des Ruders selbst. Da nun die Intensität des von den Schraubenflügeln im ersten Quadranten hervorgebrachten Drucks kleiner ist, als im dritten Quadranten, so muss der oberhalb der Schraubenachse befindliche Theil des Ruders grösser sein als der unterhalb derselben befindliche, wenn das Schiff bei mittschiffs liegendem Ruder einen geraden Cours verfolgen soll. Wären die beiden Theile des Ruders einander gleich oder der untere sogar grösser, so würde das Schiff

Wirkung von
rechts- resp.
linksgängigen
Schrauben auf
das Ruder.

mit dem Bug nach Steuerbord abfallen. Sich selbst überlassen würde sich ein solches Ruder, der Einwirkung der grösseren Kraft folgend, um einen gewissen Winkel nach Backbord überlegen, welcher dessen neutralen Lage entsprechen würde. Denkt man sich dasselbe nach Steuerbord gelegt, so geräth die untere Hälfte dem Flügel des dritten Quadranten gegenüber in eine günstigere Position und der Druck auf die untere Ruderhälfte überwiegt in erhöhtem Maasse; das Schiff wird dem Steuerbord-Ruder also besser gehorchen.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass man den Einfluss des von der rotirenden Schraube herrührenden Drucks auf das Ruder durch eine geeignete Form des Ruders compensiren kann. So findet man z. B. bei Torpedobooten, bei denen bezüglich der Wirkung der Flügel in den oberen und unteren Quadranten eine sehr beträchtliche Differenz vorhanden sein muss, weil dieselben nur in den oberen Quadranten durch den Schiffskörper maskirt sind, die in Fig. 62 dargestellte Ruderform*).

Fig. 62.



Hat man eine solche Compensation für die Maximalschiffsgeschwindigkeit und in Folge dessen auch für die grösste Rotationsgeschwindigkeit der Schraube bemessen, so ist klar, dass sich für wesentlich kleinere Geschwindigkeiten der entgegengesetzte Effect fühlbar machen muss, d. h. bei den geringeren Geschwindigkeiten wird das betreffende Schiff weniger gut steuern. Ist die Schiffsgeschwindigkeit Null, während die Rotationsgeschwindigkeit der Schraube schon eine beträchtliche ist, wie dies jedesmal vorkommt, wenn das Schiff in Fahrt gesetzt werden soll, so ist die Differenz in der Wirkung der Schraubenträger in den oberen und unteren Quadranten nicht so gross, als wenn das Schiff schon eine gewisse Geschwindigkeit erlangt hat, da eine Differenz in der Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser den oberen und unteren Quadranten zuströmt, im Anfangsstadium der Rotation noch nicht vorhanden ist. Die Wirkung kann sogar in den oberen Quadranten grösser werden, als in den unteren, was jedenfalls dann der Fall

*) Wäre es in Folge der Einwirkung der Schraube auf das Ruder zur Innehaltung eines geradlinigen Curses erforderlich, das Ruder um einen gewissen Winkel zu legen, so würde dadurch der Widerstand des Wassers nicht unwesentlich vergrössert, die Erlangung der Maximalgeschwindigkeit also um so schwieriger werden.

sein wird, wenn die oberhalb der Schraubenwelle gelegene Ruderfläche grösser ist als die untere. In solchen Fällen wird das Schiff mit der rechtsgängigen Schraube nach Backbord, das mit der linksgängigen nach Steuerbord drehen, d. h. entgegengesetzt wie bei voller Fahrt. Bis jetzt ist bezüglich der rechtsgängigen Schraube die Wirkung derselben auf das Ruder nur für die Flügel, welche sich im ersten und dritten Quadranten befanden, erörtert worden. Befinden sich dieselben in den resp. folgenden Quadranten, d. h. im zweiten und vierten, so besteht die Wirkung in einer Verminderung des Drucks auf die Steuerbord, obere Hälfte des Ruders und einer ebensolchen auf die Backbord untere Hälfte desselben, was gleichbedeutend ist mit einer Vergrößerung des Drucks von der anderen Seite her. Mithin wirken die Flügel in demselben Sinne, wie in den zuerst genannten Quadranten auf das Ruder. Es würde in diesem Falle dagegen ein anderer Umstand hinzutreten, der ebenfalls auf die Drehung des Schiffes um eine vertikale Achse von Interesse ist, nämlich die Druckverminderung auf die unmittelbar vor der Schraube befindlichen Theile des Schiffskörpers. Auch diese Druckvermindernngen wirken mit den in den erst betrachteten Quadranten stattfindenden Druckvergrößerungen auf die resp. Rudertheile in demselben Sinne.

Während bei Schiffen, deren Bewegung auf andere Weise als mittelst der einfachen Schraube hervorgebracht wird, über die Lage des Ruders beim Rückwärtsgang des Schiffes kein Zweifel sein kann, möge der Fall, wo unmittelbar vor dem Ruder ein mit seiner Achse in der Symmetrieebene des Schiffes liegender Schrauben-Propeller vorhanden ist, hier besonders berücksichtigt werden. Nehmen wir zunächst an, das Ruder werde in der Symmetrieebene festgehalten und eine rechtsgängige Schraube ertheile dem Schiffe eine gewisse Geschwindigkeit nach rückwärts. Alsdann liefert eine ähnliche Betrachtung, wie die vorstehende für den Vorwärtsgang, keine Druckdifferenzen auf die Flächenelemente der oberen und unteren Hälfte des Ruders, da das Zuströmen des Wassers oberhalb und unterhalb der Mitte der Schraube mit Bezug auf Richtung und Geschwindigkeit symmetrisch erfolgt. Sind jedoch die oberhalb und unterhalb der Schraubenwelle vorhandenen Theile des Ruders nicht gleich gross, so erhält selbstverständlich der grössere Theil den grösseren Druck. Da die grössere Hälfte des Ruders, mit Rücksicht auf die eventuell für den Vorwärtsgang bemessene Compensation der Wirkung der Schraube, meist die obere sein wird, so tritt diese Druckvermehrung ein, wenn der obere Flügel den Backbord oberen Quadranten passirt. In demselben verursacht der Schraubenflügel eine Druckverminderung auf die obere Backbordseite des Ruders, was gleichbedeutend ist mit einem Druck auf die obere Steuerbordseite desselben. Dasselbe gilt mit Bezug auf die Wirkung des gleichzeitig den Steuerbord unteren Quadranten passirenden Flügels mit Bezug auf die Wirkung auf die untere Backbordseite des Ruders. Mithin wird der Bug des Schiffes unter den angenommenen Verhältnissen nach Steuerbord abfallen. Vergewenwärtigt

Einfluss der
rotirenden
Schraube auf
das Ruder beim
Rückwärtsgang.

man sich ferner die Wirkung eines Flügels einer rechtsgängigen Schraube, während sie rückwärts arbeitet, bei mittschiffs festgehaltenem Ruder in dem Zeitraum, wo er den Steuerbord oberen Quadranten passirt, so verursacht derselbe einen Wasserstrom nach vorn, der von der in dieser Zone volleren Form des Schiffes unter relativ günstigem Winkel aufgefangen wird. Gleichzeitig wird der Flügel im unteren Backbordquadranten einen Wasserstrom erzeugen, der die unterhalb der Schraubenwelle befindliche schärfere Partie des Schiffes unter einem ungünstigen Winkel trifft. Schlägt die Schraube, wie bei den Torpedobooten unterhalb des Kiels durch, oder ist der Theil des Schiffskörpers unterhalb der Schraubenwelle mit grösseren Oeffnungen versehen, so fällt der von dem im Backbord unteren Quadranten auf den Schiffskörper ausgeübte Druck gänzlich fort und die Wirkung des Flügels im oberen Steuerbordquadranten ist eine um so mehr überwiegende und besteht darin, dass der Bug des Schiffes ebenfalls nach Steuerbord abfällt. Denkt man sich das Ruder beim Rückwärtsgang des Schiffes um einen beträchtlicheren Winkel gedreht, so bleibt die Wirkung der Querschiffcomponenten des von der Schraube ausgeübten Drucks auf das Todtholz nahezu ungeändert, während die saugende Wirkung der Flügel auf die obere Hälfte des Ruders verstärkt wird, wenn dasselbe nach Backbord auf die untere Hälfte verstärkt wird, wenn dasselbe nach Steuerbord gelegt wird. Welches die resultirende Wirkung unter den jedesmaligen besonderen Umständen auf das Schiff sein wird, lässt sich von vorne herein nur unsicher angeben. Man thut am besten, die betreffenden Eigenschaften des Schiffes durch directe Versuche zu ermitteln. Im Allgemeinen wird die von der rotirenden Schraube verursachte Drehung des Schiffes um eine vertikale Achse jedenfalls um so kleiner ausfallen, je grösser die Geschwindigkeit des Schiffes in der Richtung der Schraubenachse ist. Ist die Schiffsgeschwindigkeit beträchtlich, so macht sich der Einfluss der rotirenden Schraube als nur geringe Störung bemerkbar, was sowohl für den Vorwärts- als auch für den Rückwärtsgang zutrifft. Ein für die Praxis besonders wichtiger Fall ist übrigens der, wenn die Geschwindigkeit des Schiffes nach Grösse und Richtung in die umgekehrte übergeführt werden soll. Kommt es dabei weder auf die Zeit, noch auf den Raum an, innerhalb deren das Manoeuver auszuführen ist, so kann über die Ruderlage im Falle, dass das Schiff eine gegebene Curve zurücklegen soll, kaum ein Zweifel bestehen. Soll das Manoeuver aber sehr schnell ausgeführt werden, so würde z. B., bei voller Fahrt des Schiffes voraus, die Rotation der Schraube so schnell wie möglich in die entgegengesetzte überzuführen sein. Das Schiff wird dann so lange wie beim Vorwärtsgang steuern, d. h. bei Backbordruder mit dem Bug nach Backbord, bei Steuerbordruder mit dem Bug nach Steuerbord abfallen, bis der von seiner Geschwindigkeit nach vorn her-rührende Druck auf das Ruder von dem durch die rückwärtsschlagende Schraube auf das Ruder hervorgebrachten Druck parallel zur Schrauben-

achse neutralisirt wird. In diesem Augenblicke, der eintritt, bevor die Geschwindigkeit des Schiffes nach vorn gänzlich Null geworden ist, würde das Schiff, wenn auch nur für kurze Zeit, in sofern steuerlos sein, als der Druck auf das Ruder von den Längsschiffscomponenten des dasselbe treffenden Wasserstroms abhängig ist. Während dieser Zeit gelangen dagegen die horizontalen Componenten des von der Schraube herrührenden Druckes auf das Ruder und den vor der Schraube befindlichen Theil des Schiffskörpers zur Wirkung und ertheilen dem Schiffe eine Drehung, darin bestehend, dass ohne Hülfe des Ruders bei der rechtsgängigen Schraube der Bug nach Steuerbord, bei der linksgängigen der Bug nach Backbord abfällt. Wenn das Ruder mittschiffs festgehalten oder nach der einen oder anderen Seite gelegt wird, so steuert das Schiff wie beim Rückwärtsgang und die von den Druckcomponenten normal zur Symmetrieebene hervorgebrachten Strömungen sind abhängig von der Flächenausdehnung des Ruders oberhalb und unterhalb der Schraubenachse und von der Form des Schiffes vor der Schraube. Hat das Schiff erst eine gewisse Geschwindigkeit nach hinten angenommen, so machen sich diese Strömungen um so weniger bemerkbar, je grösser diese Geschwindigkeit ist.

Sind zwei Propellerschrauben vorhanden, so wird die eine stets eine rechtsgängige, die andere stets eine linksgängige sein. Dadurch gestaltet sich der von den Propellern geworfene Wasserstrom zu einem symmetrischen und es treten daher keine einseitigen Pressungen auf das Ruder ein, was sowohl für die Ruderlage in der Symmetrieebene als auch für den Fall zutrifft, wo es um einen gewissen Winkel nach der einen oder anderen Seite gedreht erscheint; letzteres allerdings unter der Voraussetzung, dass auch das Ruder oberhalb und unterhalb des Niveaus der Schraubenachsen symmetrisch ist.

Was bei vorhandener Doppelschraube die Form des Ruders betrifft, so kann man den Fall, in welchem sich die rechtsgängige Schraube auf Steuerbord und die linksgängige auf Backbord befindet, von dem umgekehrten unterscheiden. Im ersteren bewegen sich beim Vorwärtsgang die Flügel in den unteren Quadranten nach dem Schiffe hin und erzeugen auf die unterhalb der Schraubenachsen befindlichen Theile des Ruders einen grösseren Druck. Unter sonst gleichen Umständen würde daher ein Schiff mit der rechtsgängigen Schraube auf Steuerbord besser steuern als dasjenige, welches die linksgängige Schraube auf Steuerbord hat.

Beabsichtigt man einem Doppelschraubenschiff mit der rechtsgängigen Schraube auf Steuerbord eine erhöhte Steuerfähigkeit zu geben, so würde man demnach den unterhalb der Schraubenachse befindlichen Theil des Ruders grösser machen müssen, dagegen bei der linksgängigen Schraube auf Steuerbord den oberen Theil desselben, wobei jedoch der Gewinn in letzterem Falle relativ kleiner ausfallen wird. Ist es dagegen erwünscht, etwa mit Rücksicht auf ein geringeres Vibriren des Ruders den Druck auf dasselbe ober- und unterhalb der Schraubenwellen gleich zu haben, so würde bezüglich der Formgebung des Ruders umgekehrt zu verfahren sein.

Ruderwirkung
bei Doppel-
schrauben.

Der Widerstand
des Schiffes
gegen eine
Drehung um eine
vertikale Achse.

Ein Schiff wird um so leichter um eine vertikale Achse drehen, je grösser das durch Drehung des Ruders hervorgebrachte Drehmoment des Ruders sein wird, es wird aber auch um so leichter drehen, je geringer der Widerstand gegen eine Drehung um jene Achse ist. So wird z. B. ein kurzes Schiff, bei demselben Drehmoment von Seiten des Ruders, leichter drehen als ein längeres, ein flachgehendes leichter als ein tiefgehendes, ein solches mit rundgeformten Querschnitten an den Enden besser als dasjenige, bei welchem die Conturen der Querschnitte mehr vertikal gehalten sind. Wirkt das Drehmoment des Ruders so lange auf das Schiff, bis dessen Winkelgeschwindigkeit um eine vertikale Achse gleichförmig und die von ihm in ruhigem Wasser beschriebene Bahn kreisförmig geworden ist, so sind das Rudermoment und das Widerstandsmoment gegen die Drehung einander gleich. Die experimentelle Bestimmung des Widerstandsmoments gegen Drehung um eine vertikale Achse würde demnach in der Weise bewirkt werden können, dass man mit dem Schiffe eine kreisförmige Bahn durchläuft und das aufgewendete Rudermoment berechnet. Da letztere Operation jedoch mit erheblichen Ungenauigkeiten behaftet sein wird, so begnügt man sich bei einem solchen Versuch mit der Ermittlung der wesentlichsten Factoren des Drehmoments, welche ausserdem eine für die Praxis zweckmässigere Anschauung der Drehfähigkeit des Schiffes gewähren. Diese Factoren sind der Durchmesser des vom Schiffe unter Anwendung des Maximalrudermoments und mit einer bestimmten Maschinenkraft durchlaufenen Kreises und die Zeitdauer, in welcher der betreffende Kreis durchlaufen wird.

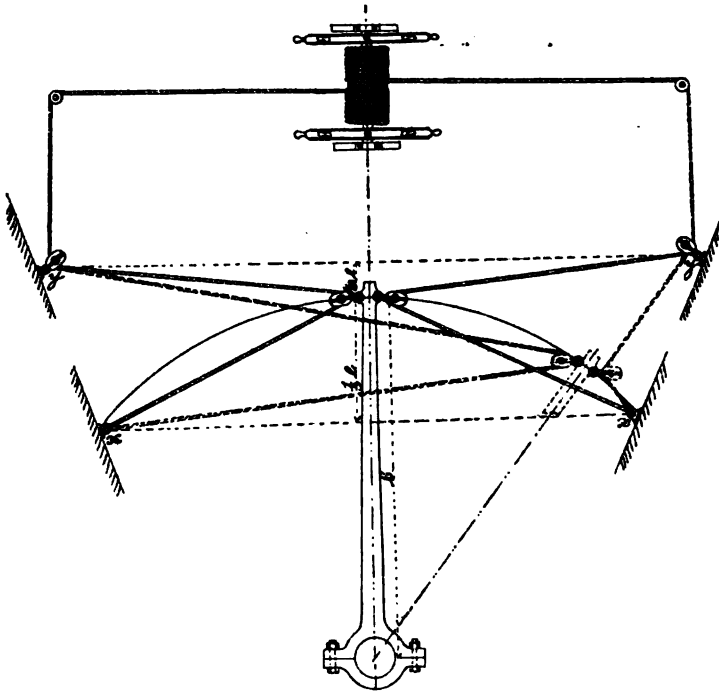
Die theoretische Bestimmung des Widerstandsmoments eines Schiffes gegen Drehung um eine vertikale Achse ist mit bedeutenden Schwierigkeiten verknüpft und kann nur unter einschränkenden Annahmen angenähert durchgeführt werden. Nimmt man an, das Schiff bewege sich in ruhigem Wasser mit einer constanten Winkelgeschwindigkeit und bestehe nur aus seiner Symmetrieebene, so ergibt sich, dass das Widerstandsmoment proportional ist mit dem Quadrate seiner Winkelgeschwindigkeit, mit dem Flächeninhalt des benetzten Theiles der Symmetrieebene und mit der dritten Potenz der Länge. Um demnach das Widerstandsmoment so klein wie möglich zu machen, würde man sowohl den Flächeninhalt der Symmetrieebene als auch die Länge möglichst klein machen müssen. Hieraus erklärt sich das Verfahren, diejenigen Theile der Symmetrieebene an der Uebergangsstelle vom Kiel auf die Steven soviel wie möglich zu reduciren.

Bestimmung der
zum Drehen des
Ruders erforder-
lichen Kraft.

Die Drehung des Ruders um seine Achse geschieht mit Hülfe eines Hebels, der an dem in das Innere des Schiffes hineinragenden Ruderhalse befestigt ist. Die Form, welche dieser Hebel mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse annimmt, ist verschieden. Man unterscheidet die gewöhnliche nach vorn zeigende Ruderpinne, Fig. 63, das aus zwei, nach Steuerbord und Backbord zeigenden Armen bestehende Ruderjoch, die ein-

fache nach hinten oder nach der Seite zeigende Pinne u. s. w. Ist der nöthige Raum vorhanden, so kann man den Hebel auch durch ein volles Rad ersetzen, dessen Ebene senkrecht zur Achse des Ruders steht, um dessen Peripherie eine Kette oder ein Drahtthau geschlungen ist, um dadurch die zum Drehen des Ruders erforderliche Kraft auszuüben, wie Fig. 66 darstellt. Nehmen wir an, wir haben mit der gewöhnlichen nach vorn zeigenden Ruderpinne zu thun, und bezeichnen wir deren Länge von Mitte Ruderhals bis zum Angriffspunkte der das Ruder unter dem günstigsten Winkel α fest-

Fig. 63.



haltenden Kraft mit l , jene Kraft selbst resp. deren zur Pinne normale Componente mit R , so muss sich R mit dem Wasserdruck auf das Ruder das Gleichgewicht halten. Ist letzterer gleich P_α und die Entfernung seines Angriffspunktes von der Achse des Ruders gleich λ , so ist die den Gleichgewichtszustand bedingende Gleichung

$$P_\alpha \cdot \lambda = R \cdot l,$$

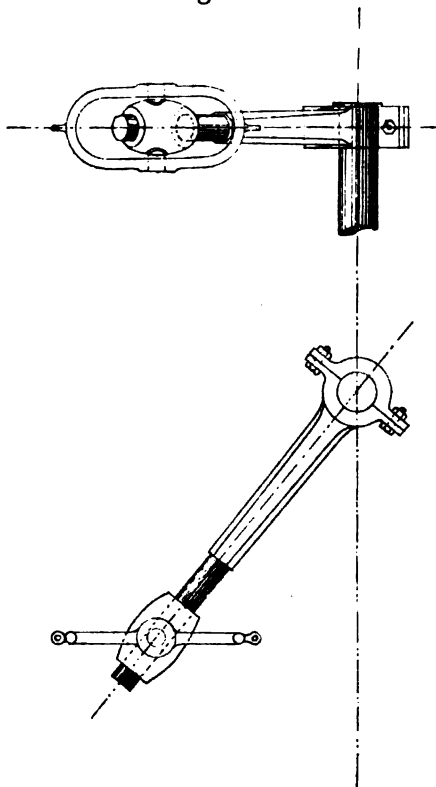
mithin

$$R = \frac{P_\alpha \cdot \lambda}{l}.$$

Weiter oben ist gezeigt, wie P_α angenähert bestimmt wird; als Angriffspunkt des Wasserdrucks auf das Ruder nehmen wir dessen Flächenschwerpunkt. Der Werth für R fällt demnach um so kleiner aus, je kleiner λ ist und man giebt dem Ruder bei demselben Flächeninhalt daher eine

solche Form, dass sein Schwerpunkt der Drehachse des Ruders möglichst nahe kommt, wenigstens dann, wenn man bei gegebener Pinnenlänge über eine nur geringe Kraft am Ende derselben verfügt. Wird das Ruder mit Hilfe einer Kraft, welche normal zur Symmetrieebene des Schiffes gerichtet ist, unter dem Winkel α geneigt erhalten, so muss diese so gross sein, dass R eine normal zur Pinne gerichtete Componente derselben ist, d. h. sie muss gleich $\frac{R}{\cos \alpha}$ sein. Fig. 64 stellt eine Ruderpinne dar, bei welcher

Fig. 64.



die zum Legen des Ruders aufgewendete Kraft in allen Ruderlagen querschiffs gerichtet ist. Dieselbe greift an einem mit seiner Ebene vertikal stehenden Bügel an, der einer auf dem Ende der Pinne verschiebbaren Buchse mittelst zweier vertikal gerichteter Zapfen eine Drehung in horizontaler Ebene gestattet. Auf diese Weise wird die Pinnenlänge in der Mittellage des Ruders ein Minimum, in der Bordlage ein Maximum, entsprechend dem Minimal- und Maximalrudermoment.

Bezeichnet man die Pinnenlänge in der mittleren Ruderlage mit l und in der Bordlage mit l_1 , so ist

$$\frac{l}{l_1} = \cos \alpha, \text{ also } l_1 = \frac{l}{\cos \alpha}.$$

Bezeichnet man ferner die Grösse der normal zu l_1 am Ende der Pinne wirkenden Kraft mit R und die querschiffs wirkende, am Bügel angreifende Kraft mit R_1 , so ist auch

$$\frac{R}{R_1} = \cos \alpha,$$

also

$$R = R_1 \cdot \cos \alpha.$$

Das Moment an der Pinne in der Bordlage ist mithin

$$R \cdot l_1 = R_1 \cos \alpha \cdot \frac{l}{\cos \alpha} = R_1 \cdot l.$$

Da andererseits das Moment an der Pinne gleich dem Produkte aus dem Normaldruck auf das Ruder und der Entfernung seines Schwerpunktes von der Drehachse des Ruders ist, d. h. da

$$R \cdot l_1 = R_1 \cdot l = P_\alpha \cdot \lambda$$

ist, so ergibt sich

$$R_1 = P_\alpha \cdot \frac{\lambda}{l}$$

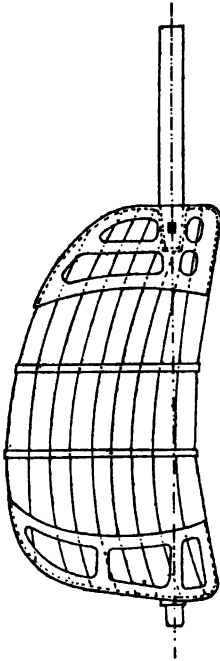
oder R_1 ist direct proportional mit $P_\alpha \cdot \lambda$ und umgekehrt proportional mit l der Pinnenlänge in der Mittellage des Ruders.

Bei dem gewöhnlichen Ruder befindet sich die zur Aufnahme des Wasserdrucks bestimmte Fläche desselben hinter seiner Drehachse; folglich auch dessen Flächenschwerpunkt, und der Ausdruck für R liefert daher stets einen gewissen Werth. Bringt man dagegen ungefähr die Hälfte der Gesamtfläche des Ruders vor die Drehachse, so fällt der Schwerpunkt der Ruderfläche in die Drehachse und der Werth für λ wird Null, folglich auch der Werth für R oder die Kraft an der Pinne. Ein Ruder dieser Art wird Balanceruder genannt, weil der Druck auf den hinter der Drehachse liegenden Theil seiner Fläche demjenigen auf den vor der Drehachse befindlichen Theil nahezu die Balance hält, was somit nicht durch die Kraft an der Pinne zu geschehen braucht. Die Kraft an der Pinne kann demnach sehr gering sein und würde für den Fall, dass der Flächenschwerpunkt wirklich in der Drehachse läge, nur so gross zu sein brauchen, um die etwa vorhandenen Reibungswiderstände zu überwinden. In der Praxis werden die Balanceruder jedoch so ausgeführt, dass höchstens $\frac{1}{3}$ der Gesamtfläche des Ruders vor der Drehachse liegt, um demselben die erforderliche Stabilität, d. h. die Eigenschaft zu sichern, vermöge deren es bei losgelassener Pinne von selbst in die Mittschiffslage zurückkehrt. Fig. 65, sowie das auf Seite 224 dargestellte Torpedobootsruder, sind Balanceruder, von allerdings nicht unbeträchtlicher Stabilität, da nur ein geringer Theil der Ruderfläche vor der Drehachse liegt. Fig. 65 stellt übrigens ein in unserer Marine noch nicht zur Anwendung gelangtes, aus Holz gebautes Balanceruder dar. Die trotzdem sehr geringe Kraft an der Pinne macht das Balanceruder sehr geeignet für solche Schiffe, bei denen man nur über eine geringe Kraft zum Drehen des Ruders verfügt und doch eine

Balanceruder.

grosse Manoeuvrirfähigkeit von demselben beansprucht, wie z. B. bei Torpedobooten und solchen grösseren Schiffen, die keinen Dampfsteuerapparat haben. Ein wesentlicher Punkt für gute Manoeuvrirfähigkeit eines Schiffes besteht nämlich darin, das Ruder mit dem geringsten Zeitverlust bis zu seinem günstigsten Winkel drehen zu können, um das Schiff zu zwingen, sobald als möglich die stärkst gekrümmte Bahn zu beschreiben, was selbstverständlich um so eher erreichbar ist, je kleiner die auf die Pinne ausübende Kraft ist. Dabei darf jedoch der Umstand nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Möglichkeit vorhanden ist, dass der ursprünglich hinter der Drehachse des Ruders gelegene Druckmittelpunkt in Folge der Drehung desselben näher an die Drehachse heranrückt, resp. wirklich in die Drehachse fällt. Dadurch büsst das Balanceruder einen Theil oder gar seine ganze Stabilität ein und wird das Manoeuver mit demselben entsprechend erschwert. Die Frage, wie weit man gegebenen Falls ein Ruder balanciren soll, ist indessen eine schwierige, jedenfalls ist dies einer der Gründe, warum sich Balanceruder nicht mehr eingeführt haben. —

Fig. 65.



Bugruder.

Unter einem Bugruder versteht man ein am vorderen Ende des Schiffes angebrachtes Ruder. Wie ein solches Ruder zu drehen ist, um den Bug des Schiffes nach der einen oder anderen Seite abfallen zu lassen, unterliegt keinem Zweifel. Dasselbe kommt zur Anwendung, wenn die durch das gewöhnliche Ruder am Heck hervorgebrachte Drehwirkung auf das Schiff für die beanspruchte Manoeuvrirfähigkeit desselben nicht ausreicht oder

wenn ein Schiff genöthigt ist, fast ebenso viel rückwärts wie vorwärts zu fahren. Symmetrisch zum gewöhnlichen Heckruder ausgeführt, würde sich die Drehachse des Bugruders an dessen Hinterkante befinden, und ein solches Bugruder würde, nachdem es bei vorwärtsfahrendem Schiff um einen kleinen Winkel aus seiner Mittschiffslage herausgedreht worden ist, unter dem Einfluss des Wasserdrucks den Ruderwinkel sofort so weit wie möglich vergrössern. Leitet man jedoch die Bewegung desselben mit Hilfe desselben Handrades ein, mit dem das Heckruder bewegt wird, so würde der Druck auf das Bugruder dazu benutzt werden können, das Heckruder zu legen; beide Ruder zusammen würden ein Balanceruder darstellen, dessen Verhältnisse so zu wählen sein würden, dass für beide zusammen eine hinreichende Stabilität vorhanden wäre; die am Ruder ausübende Kraft brauchte dann nur um ein geringes grösser zu sein, als zur Ueberwindung der Reibungswiderstände erforderlich ist.

Die Bugruder von Torpedobooten werden gewöhnlich als Balanceruder ausgeführt, deren Drehachse fast durch den Druckmittelpunkt derselben geht, meist aber vor demselben gelegen ist. In einem solchen Falle würde die Bewegung beider Ruder mit demselben Rade bezüglich der zum Legen der Ruder erforderlichen Kraft von keinem Vortheil sein. Die Bugruder von Torpedobooten besitzen auch noch die Eigenthümlichkeit, im Nichtgebrauchsfalle ausgeschaltet, in der Mittschiffslage festgehalten und endlich in das Innere des Schiffes in einen zu dem Zweck im Bug besonders eingebauten Kasten heraufgeholt werden zu können.

Bugruder von
Torpedobooten.

Die bauliche Zusammensetzung eines Ruders für ein Holzschiff ist aus der Fig. 8 auf Seite 29 ersichtlich. Dieselbe lässt an Einfachheit nichts zu wünschen übrig und bietet gegebenen Falls auch hinreichend Anhaltspunkte für die Zusammensetzung eines Nothruders. Eine Hauptanforderung an das Ruder zur Zeit des Holzschiffbaues bestand darin, dass man im Stande sein musste, dasselbe mit den an Bord verfügbaren Mitteln herauszunehmen und wieder einzusetzen. Dies wird wesentlich dadurch erleichtert, dass man sein Gewicht innerhalb solcher Grenzen hält, dass es im Seewasser nicht untersinkt. Ein solches Ruder befand sich am Schiff indessen stets in einer unsicheren Position, da es, fast gänzlich vom Auftrieb des Wassers getragen, durch Kräfte von geringer Grösse eventuell ausgehoben werden konnte. Letzterem wird durch ein Schlossholz vorgebeugt; für den Fall jedoch, dass das Schlossholz nicht funktionieren sollte, verhindern die sogenannten Sorgleinen oder Sorgketten, dass das Ruder nach dem Herausheben sich vom Schiffe trennt und in Verlust geräth. Die Sorgleinen dienen ausserdem dazu, mit denselben das Ruder zu drehen, wenn die zu diesem Zweck sonst vorhandenen Mittel erschöpft sein sollten. Soll ein Balanceruder aus Holz hergestellt werden, so verbindet man die die Ruderfläche bildenden, vertikal angeordneten und im Uebrigen zweckentsprechend geformten Planken an ihrem unteren Ende durch einen Schuh aus Bronze, der zugleich mit dem unteren Zapfen versehen ist, welcher sich in einem am hinteren Ende des Kiels vorgesehenen Spurlager dreht. Mit ihren oberen Enden befinden sich die Planken in einer Kappe aus Bronze, die mit dem in das Schiff hineinragenden Ruderhals versehen ist. Mit Hilfe von dergleichen Beschlägen kann man auch zweckmässige und solide gewöhnliche Ruder herstellen, wenn man die Kappe und den Schuh an der Vor- und Hinterkante des Ruders in der Weise in einander übergehen lässt, dass ein vollständiger Rahmen entsteht, an dessen Vorderkante dann auch die übrigen Ruderzapfen angegossen resp. besonders eingesetzt sind. Ruder aus Eisen oder Stahl werden stets mit Hilfe eines eisernen oder stählernen Rahmens hergestellt, dessen äussere Begrenzung der Ruderform entspricht und an welchem der Ruderhals und die Drehzapfen sich mit befinden, letztere entweder mit dem Rahmen aus einem Stück oder besonders eingesetzt. Bei grösseren Dimensionen des Ruders

Die bauliche
Zusammen-
setzung des
Ruders.

Ruderschloss-
holz.

Balanceruder
aus Holz.

Ruderrahmen aus
Bronze mit
Holzfällung.

Eiserne Ruder.

wird der Rahmen durch zweckmässig angeordnete, so z. B. in der Gegend des Druckmittelpunktes des Ruders gelegene Versteifungsstege, verstärkt. Die Ruderfläche wird durch eine Beplattung aus Eisen oder Stahl gebildet, welche durch Nietung mit dem Rahmen und dessen Stegen verbunden wird. Der Raum zwischen den beiden Beplattungen wird mit leichtem Holz ausgefüllt. Bei Balancerudern werden der Ruderhals und der untere Drehzapfen häufig besonders eingesetzt und sind dieselben dann mittelst eines die genannten Theile und den Rahmen durchdringenden Keils mit letzterem verbunden oder der Ruderhals und der untere Zapfen bilden Theile einer und derselben stehenden Welle, welch' letztere Anordnung für das Einsetzen des Ruders mit einigen Erleichterungen verknüpft ist. Die Ruderrahmen aus Stahl werden in neuester Zeit durch Guss hergestellt und gestatten somit complicirtere Formen gegenüber den bisherigen geschmiedeten Rahmen. In der Kauffahrt-Marine finden sich bereits einige Ruder, die ganz aus Stahlguss bestehen und gute Resultate geliefert haben.

Vorrichtung
zum Drehen
des Ruders.

Abgesehen von den oben offenen und sehr kleinen Fahrzeugen, bei denen der Ruderhals durch das Oberdeck hervorragt und die an demselben vorhandene Pinne sich auf dem Oberdeck befindet, so dass sie von einem Manne mit der Hand regiert werden kann, geschieht das Drehen des Ruders gewöhnlich mit Hilfe eines Reeps in Verbindung mit einer Walze oder Trommel zum Auf- und Abwickeln desselben, sowie einem oder mehreren Hand- oder Speichenrädern zum Drehen der Trommel. Bei Segelschiffen ist es nothwendig, dass sich das Handrad an einer solchen Stelle auf dem Oberdeck befindet, von wo aus die Segel bequem überblickt werden können, um dem Steuermann Gelegenheit zu geben, einer dem Schiffe durch die Wirkung des Windes ertheilten Drehung durch Drehung des Ruders sofort und so lange entgegen wirken zu können, bis die Stellung der Segel entsprechend modificirt ist. Das Hauptrad befindet sich daher stets möglichst weit nach hinten, eine Stellung, die auch für Dampfer wenigstens dann zweckmässig ist, wenn dieselben gleichzeitig Segel führen. Sie bietet ausserdem den Vortheil eines nur kurzen Reeps. Bei Dampfern ohne Takelage ist die Aufstellung des Handrades zum Drehen des Ruders im Hinterschiff indessen nicht mehr obligatorisch, auch keineswegs aus anderen Gründen die zweckmässigste. In solchen Fällen ist es richtiger, dass der Steuermann das Fahrwasser vor dem Bug des Schiffes übersehen kann und daher die geeignetste Stelle für das Handrad ein recht hoch gelegener Punkt im Vorschiff. Unter Umständen genügt man beiden Anforderungen und verfügt auf diese Weise in dem jedesmal ausser Gebrauch befindlichen Rade über ein Reservesteuerrad.

Zweckmässigste
Stelle des
Steuerrades.

Das Ruderreep.

Das Ruderreep besteht aus einem zur Uebertragung von Zugkräften geeigneten Organ, d. h. aus einem Hanf-, Leder- oder Stahldrahttau, aus einer Kette und auf solchen Theilen seiner Länge, die stets geradlinig bleiben, eventuell aus schmiedeeisernen Stangen von rundem Querschnitt.

Je nach der Grösse des am Ende der Pinne auszuübenden Maximalzuges wählt man das mehr oder weniger widerstandsfähige Material, sowie den geeigneten Durchmesser des Reeps. Der Verlauf des Reeps von der Pinne bis zum Handrade ist gewöhnlich von folgender Anordnung, oder doch nur unwesentlich davon abweichend: Das Ende ist an der Bordwand in der Nähe der Pinne befestigt, läuft demnächst über eine am Ende der Pinne befindliche Rolle und kehrt zur Bordwand, dort eine zweite Rolle passierend, zurück, läuft eventuell über eine zweite Rolle am Ende der Pinne und wieder zur Bordwand, um nunmehr, wenn erforderlich, unter Anwendung eines Systems von Leitrollen an der Bordwand entlang bis zu dem Querschnitt des Schiffes geführt zu werden, wo sich das Handrad mit der Trommel befindet; eine letzte Leitrolle an der Bordwand passierend, geht der weitere Verlauf querschiffs, zunächst horizontal und meist an der Unterseite eines Decks entlang, dann vertikal, um zur Mitte der Trommel zu gelangen. Die Trommel wird von der Mitte nach dem einen Ende hin so oft vom Reep umwunden, als Umdrehungen des Handrades erforderlich sind, um das Ruder an Bord zu bekommen. An diesem Punkte angekommen, wird das Reep an einem auf der Trommel sitzenden Zapfen oder Schäkel befestigt. Ein zweites Reep wird symmetrisch zu dem beschriebenen auf der anderen Schiffseite angeordnet, und auf der Mitte der Trommel angekommen, nach dem entgegengesetzten Ende derselben gewunden und dort befestigt. Ist die Trommel aus Gusseisen oder Bronze gefertigt und hohl gegossen, so kann man, statt die Enden der beiden Reeps auf ihr zu befestigen, beide in dieselbe hinein führen und im Innern der Trommel in einander übergehen lassen, so dass beide Reepe nur aus einer Länge bestehen. Das wiederholte Hin- und Herleiten des Reeps zwischen der Bordwand und dem Ende der Pinne oder, wenn ein Joch vorhanden ist, dem Ende des einen Jocharmes, hat dieselbe Wirkung, wie das Anbringen eines Flaschenzugs oder einer Talje mit einer entsprechenden Anzahl Scheiben. Wird das Reep z. B. zweimal hin- und hergeleitet, so wird die Spannung in demselben nur $\frac{1}{4}$ so gross sein, als dem Maximaldruck am Ende der Pinne entspricht, das Rad dagegen viermal so oft gedreht werden müssen, als wenn das Reep direct am Ende der Pinne befestigt wäre. Was die an den Griffen des Handrades auszuübende Kraft betrifft, so er giebt sich dieselbe aus der Spannung des Reeps und dem Verhältniss des Durchmessers der Trommel zum Durchmesser des Rades, gemessen bis zur Mitte der Griffen. Ist die Spannung des Reeps z. B. p Kilogramm und der Durchmesser des Rades dreimal so gross als der der Trommel, so ist die mittelst der Griffen auf das Handrad zu bringende Kraft $\frac{1}{3} p$ Kilogr. Ist dies für die Kraft eines Mannes zu viel, so werden zwei Mann am Rade verwendet, genügt auch das nicht, so ist ein zweites, eventuell ein drittes Rad an der Trommel mit der entsprechenden Anzahl von Leuten erforderlich. Das Reep muss übrigens immer so geführt werden, dass beim

Die Leitung
des Reeps.

Kraft am
Handrade.

Drehen des Ruders der Bug des Schiffes sich nach der Seite bewegt, nach welcher das Rad gedreht wird. Dies bedingt z. B. bei einer nach hinten zeigenden Pinne ein Kreuzen der beiden Reepe, was am zweckmässigsten unmittelbar vor dem Auflaufen derselben auf die Trommel geschieht.

Lose im Reep.

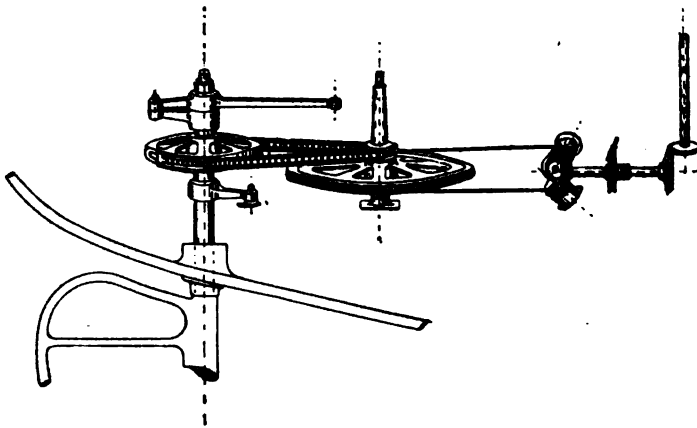
Ist das Reep direct oder unter Vermittelung von Rollen am Ende der Pinne befestigt, so wird es beim an Bord legen der Pinne auf der einen Seite straff geholt und auf der anderen Seite schlaff werden und zwar in höherem Maasse schlaff werden, als dem nicht Vorhandensein einer Spannung in demselben entspricht. Dies rührt daher, dass das Ende der Pinne in ihrer Mittelstellung mit den Befestigungspunkten des Reeps an der Bordwand ein gleichschenkliges Dreieck über der Entfernung dieser beiden Punkte als Basis bildet, welches beim an Bordlegen des Ruders in ein ungleichseitiges Dreieck übergeht, dessen Umfang kleiner ist, als der des gleichschenkligen Dreiecks. Das Schlaffwerden des Reeps ist ein Uebelstand, der besonders, wenn dasselbe flaschenzugartig angeordnet ist, dazu führen kann, dass es aus den Leitrollen herausfällt und den Mechanismus zum Drehen des Ruders in Unordnung bringt. Es sind daher verschiedene Methoden zur Anwendung gebracht worden, das Schlaffwerden des Reeps beim Drehen des Ruders zu vermeiden. Bei Handelsschiffen findet man zu dem Zwecke häufig statt cylindrischer Trommeln solche, welche an den Enden einen geringeren Durchmesser haben als in der Mitte, oder umgekehrt, deren Durchmesser in der Mitte geringer ist, als an den Enden und um welche das Reep so gewunden ist, dass das von der mitschiffs Position aus holende Reep um mehr aufgewickelt wird, als das gleichzeitig vierende Reep abgewickelt wird. Eine andere Methode, denselben Zweck zu erreichen, ist durch Fig. 63 auf Seite 229 erläutert. Die Punkte x und x , wo die Enden der Reepe befestigt sind, befinden sich an den Kreuzungsstellen des vom Ende der Pinne beschriebenen Kreises und einem Loth, welches auf der mitschiffs Position der Pinne in einem um $\frac{3}{4} l$ von der Ruderachse entfernten Punkte errichtet ist; die Punkte y und y , von wo die Reepe weiter nach vorn geführt werden, liegen auf einem Loth zur Mittelposition der Pinne, welches in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ der Pinnenlänge von der Ruderachse errichtet ist; endlich verhält sich die Länge yy zur Länge xx wie 5 : 4. Bezeichnet man den Endpunkt der Pinne mit z , so ist das vorstehende Arrangement ein solches, dass die Längen $yz + xz + y_1 z + x_1 z$ für alle Stellungen der Pinne nahezu dieselbe Gesamtlänge liefern.

Methoden, ein loses Reep zu vermeiden.

In solchen Fällen, wo man eine relativ unbeschränkte Wahl für die Ausgangspunkte des Reeps hat, kann man dieselben zu den Brennpunkten einer Ellipse machen, von welcher der vom Endpunkt der Pinne durchlaufene Kreis angenähert ein Bogenstück darstellt. Die Strecken der Reepe von den Ausgangspunkten bis zum Ende der Pinne bilden dann die Fahrstrahlen der Ellipse, deren Summe bekanntlich constant ist. Es ist alsdann jedoch nothwendig, die Achsen der Leitrollen, durch welche das Reep weiter

nach vorn geführt wird, in die Ausgangspunkte des Reeps selbst zu verlegen. Das in der Praxis, besonders bei grossen Schiffen, am meisten zur Anwendung kommende Verfahren zur Vermeidung des Schlaffwerdens des Reeps besteht jedoch darin, dessen Angriffspunkt an der Pinne auf dieser in solcher Weise verschiebbar zu machen, dass derselbe in allen Stellungen des Ruders sich in einer Normalen zur Pinne resp. zu den Jocharmen befindet, wenn das Ruder mittschiffs steht. Dies wird mit Hilfe eines sogenannten Leuwagens bewirkt, der in seiner einfachsten Form durch Fig. 64 auf Seite 230 dargestellt ist. Wenn erforderlich, kann man an demselben eine oder mehrere Rollen anbringen, um das Reep doppelt zu scheeren; ebenso ist es nicht nothwendig, das Ende der Pinne rund zu gestalten; dasselbe kann auch von quadratischem Querschnitt sein, in welchem Falle die

Fig. 66.



Hohlform der Hülse ebenfalls quadratisch und dadurch geeignet wird, vertikal stehende Führungsrollen zur Verminderung der Friction zwischen der Pinne und dem Leuwagen aufzunehmen. Fällt der Leuwagen in Folge von dergleichen Vervollkommnungen relativ schwer aus, so wird derselbe gewöhnlich mittelst einer Laufkatze an einer Schiene unter Deck, eventuell einem Decksbalken querschiffs geführt.

Verwendet man statt der Pinne oder Jocharme ein auf dem Ruderhals befestigtes volles Rad resp. einen Kreisabschnitt, von dem die Pinne oder die Jocharme Radien darstellen, so werden die an der Peripherie dieses Rades oder Kreisabschnitts befestigten Reepe stets tangential ablaufen und somit keine Veranlassung zu einer Längendifferenz in dem holenden und

vierenden Reep vorhanden sein. Eine solche Einrichtung eignet sich besonders, wenn zum Drehen des Ruders ein Dampfsteuerapparat zur Anwendung gebracht werden soll, in welchem Falle ein im höheren Maasse loses Reep, als durch das nicht Vorhandensein einer Spannung in demselben bedingt ist, vollständig ausgeschlossen ist. Eine in der Fig. 66 schematisch dargestellte Anordnung ist einem unserer neuesten Schiffe entnommen.

Dampfsteuer-
apparat.

In neuester Zeit wird auf solchen Schiffen, bei denen es auf grosse Manoeuvrirfähigkeit ankommt oder bei denen die Kraft zum Drehen des Ruders sehr gross ausfällt, ein Dampfsteuerapparat zur Anwendung gebracht. Derselbe besteht aus einer kleinen Dampfmaschine, welche die Reeptrommel in Rotation versetzt. Die Reepleitung zwischen Trommel und Pinne braucht dann nicht behufs Kraftersparniss flaschenzugartig geschoren zu werden, was seinerseits wieder dazu beiträgt, das Ruder soviel schneller an Bord zu bekommen. Um das Ruder mit Hilfe des Dampfsteuerapparats bis zu einem gewissen Winkel nach der einen oder anderen Seite zu drehen, ist es erforderlich, den Dampfsteuerapparat nach der einen oder anderen Richtung in Rotation zu versetzen und diese Rotation richtig zu arretiren. Dieses geschieht mittelst eines Speichenrades von der Commandobrücke resp. vom Commandothurm aus, welches in derselben Weise gehandhabt wird, wie ein gewöhnliches Steuerrad, zu dessen Drehung jedoch stets nur ein Mann ausreicht. Die Drehung des Speichenrades wird mittelst einer Wellenleitung, die gewöhnlich aus eisernen Röhren gefertigt ist, bis zum Schiebermechanismus des Apparats geleitet, wo dieselbe dazu dient, den Dampfeintritt auf Rotation der Maschine in der einen oder anderen Richtung zu veranlassen. Die Disposition der Organe der Maschine ist nun derartig, dass sie selbstthätig bemüht ist, die Dampfeinströmung wieder zu schliessen, und um dieses nicht zu früh eintreten zu lassen, würde mittelst des Speichenrades immer von neuem geöffnet werden müssen, wodurch die Analogie der Wirkung des Speichenrades mit dem gewöhnlichen Steuerrad herbeigeführt wird. Unmittelbar vor dem Speichenrad des Dampfsteuerapparats und von ersterem in Bewegung gesetzt, ist ein Indikator vorhanden, der die jedesmalige Rudelage erkennen lässt. Derselbe bewegt sich in horizontaler Ebene über einem getheilten Kreisbogen, dessen Ausdehnung dem Maximalwinkel entspricht. Speichenräder zum Manoeuver mit dem Dampfsteuerapparat lassen sich übrigens ohne Schwierigkeit in mehrfacher Ausführung den verschiedenartigen Anforderungen entsprechend an Bord eines Schiffes anbringen. Wird mit einem derselben gesteuert, so laufen die übrigen mit und bei allen wird auch der Indikator in Bewegung gesetzt.

Ruderindikator.

Ein mit einem Dampfsteuerapparat versehenes Schiff kann jedoch aus mehrfachen Gründen den Handsteuerapparat nicht entbehren und beide Apparate finden sich daher stets gleichzeitig an Bord. Hieraus ergibt sich die Nothwendigkeit eines Manoeuvres, welches in dem Ausschalten des einen und dem Einschalten des anderen Apparats besteht. Dieses Manoeuver

kann nur dann mit Sicherheit ausgeführt werden, wenn das Ruder solange festgehalten resp. festgestellt wird. Zu dem Ende befindet sich am Ruderhals eine kurze starke Pinne, deren Ende sich oberhalb einer auf Deck befestigten, an der Aussenkante kreisförmig gestalteten, gusseisernen oder stählernen Platte bewegt. Das Ende der Pinne und diese Platte sind mit einer Anzahl parallel zur Achse des Ruders gebohrter Löcher versehen. Soll das Ruder festgestellt werden, so wird ein Bolzen von entsprechender Stärke in eines der Löcher der Pinne gesteckt; derselbe fällt, während das Ruder gedreht wird, in das erste von ihm passirte Loch der auf Deck befestigten Platte und verhindert die weitere Bewegung des Ruders. Beim Einschalten der anderen Drehvorrichtung ist darauf zu achten, dass deren Indicatoren mit der Ruderstellung übereinstimmen.

Vorrichtung
zum Festhalten
des Ruders.

Als Beispiel, wie ein Dampfsteuerapparat mit einer Handsteuervorrichtung combinirt werden kann, möge die an Bord eines unserer neueren Schiffe zur Ausführung gebrachte Einrichtung beschrieben werden. Zum Manoeuver mit dem Dampfsteuerapparat sind daselbst drei Handräder mit Indicatoren vorhanden, von denen sich eines auf der vorderen Commandobrücke, eines auf der hinteren Commandobrücke und das dritte sich in unmittelbarer Nähe des Dampfsteuerapparats befindet. Der Dampfsteuerapparat befindet sich in einem besonderen Raum am hintersten Ende des Zwischendecks, in welchen der Ruderhals, durch eine Stopfbüchse gedichtet, von aussen her hineingeführt erscheint. Die Handsteuerräder stehen in einer Gruppe von dreien auf der hinteren Commandobrücke; sie sitzen auf einer horizontal gelagerten Welle, welche mittelst eines Paares conischer Räder eine vertikal gelagerte Welle gegebenen Falls mit in Rotation versetzt. Diese letztere überträgt ihre Bewegung in derselben Weise auf eine horizontal und längsschiffs gelagerte Welle, die ihrerseits mit der von der Dampfsteuermaschine gedrehten Welle gekuppelt werden kann. Diese wiederum steht mittelst eines conischen Rades im Eingriff mit je einem solchen an den beiden Drahtautrommeln für das holende und das vierende Reep, die sich in Folge dessen in entgegengesetzter Richtung drehen. Wird mit dem Dampfsteuer gearbeitet, so wird die vorstehend erwähnte Kuppelung gelöst; soll mit der Hand gesteuert werden, so wird dieselbe angezogen und die Verbindung der Dampfsteuermaschine mit jener Welle aufgehoben. Die Handsteuerräder dienen ausserdem dazu, auch mittelst der Reservepinne das Ruder zu drehen, die für den Fall in Gebrauch genommen werden muss, wenn die Wellenleitung vom Handsteuerapparat bis zur Steuermaschine und diese selbst gleichzeitig unbrauchbar geworden sind oder wenn der Theil des Mechanismus vom Dampfsteuerapparat bis zum Ruder in Unordnung gerathen ist. Die Reservepinne wird erst im Gebrauchsfalle mit dem Ruderhalse gekuppelt; für gewöhnlich steht dieselbe in der mittschiffs Position, während der Ruderhals sich in ihr dreht. Die Kuppelung geschieht durch Einstecken eines Mitnehmerbolzens, der gleichzeitig die Reservepinne

und eine kurze auf dem Ruderhalse festgekeilte Pinne durchdringt. Die Bewegung der Reservepinne geschieht mittelst eines Reeps, dessen nach vorn weisende Enden mit Hilfe je eines Flaschenzuges auf Steuerbord und Backbord geholt und geviert werden. Die Drahttaue dieser Flaschenzüge sind mittelst Leitrollen nach der hinteren Commandobrücke geführt und um eine zwischen den beiden hinteren Handstauerrädern befindliche Trommel gewunden. Diese Trommel sitzt lose auf jener Achse, so dass sich letztere, wenn die Handsteuerung in Betrieb ist, in ihr drehen kann. Soll die Trommel gedreht werden, so werden die beiden an ihren Enden befindlichen Handräder mit ihr gekuppelt.

Der Uebergang vom Manoeuver mit dem Dampfsteuerapparat zum Manoeuver mit der Reservepinne bedingt demnächst folgende Operationen:

- 1) Feststellen des Ruders.
- 2) Kuppelung der Handräder mit der Trommel.
- 3) Drehung der Trommel, bis die leerlaufende Reservepinne mit der Mitnehmerpinne correspondirt, und Einstecken des Mitnehmerbolzens.
- 4) Herausnehmen des Feststeckbolzens.

Beim Uebergang vom Manoeuver mit der Handsteuerung zum Manoeuver mit der Reservepinne wird nach dem Feststellen des Ruders und vor der Kuppelung der Handräder mit der Trommel die Entkuppelung der Wellenleitung von den Handrädern nach der Steuermaschine bewirkt werden müssen. Nicht bei allen Schiffen ist es indessen möglich, die Reservepinne fertig zum sofortigen Gebrauch zu installiren. Bei Panzerschiffen, wo die gewöhnlichen Vorrichtungen zum Drehen des Ruders durch Panzerung geschützt sind, muss die Reservepinne wegen Raummangel meist ausserhalb des Panzerschutzes gefahren werden; sie wird daher erst angebracht, wenn sie gebraucht werden soll. Unter Umständen ist es sogar nothwendig, zu dem Ende den Ruderhals durch ein besonderes Vorlängerungsstück weiter nach oben zu führen, an dem die Reservepinne anzugreifen hat.

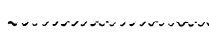
Vorrichtung
zum Drehen
des Ruders
ohne Reep.

Obgleich die Drehung des Ruders mit Hilfe von Ruderreepen vielfache Vortheile bietet, von denen die Möglichkeit, dasselbe gegebenen Falles mit den an Bord eines Schiffes vorhandenen Mitteln repariren oder erneuern zu können, besonders erwähnt sei, bedient man sich auch häufig anderer mechanischer Hilfsmittel zum Drehen des Ruders. Im Allgemeinen eignen sich dazu solche Einrichtungen, die innerhalb einer geringen Raumausdehnung eine starke Uebersetzung der verfügbaren Kraft zum Drehen des Ruders gestatten. So begegnet man in der Handelsmarine verschiedenen Arten von Drehvorrichtungen, bei denen Schraubenspindeln die wesentlichsten Bestandtheile bilden. Unter anderem findet man häufig ein kurzes Joch am Ruderhals befestigt, an dessen Armen je eine nach vorn gerichtete Stange drehbar angebracht ist. Die vorderen Enden dieser Stangen sind ihrerseits an je eine, inwendig mit Gewinde versehene Hülse gekuppelt, welch' letztere sich auf zwei längsschiffs gelagerten Schraubenspindeln be-

finden, die entgegengesetzt geschnittenes Gewinde besitzen und an ihren vorderen Enden je ein Zahnrad aufweisen, die mit einem dritten Zahnrad im Eingriffe stehen, das vom Handrade in Drehung versetzt werden kann. Dadurch verschiebt sich die eine Mutterhülse nach vorn, die andere nach hinten, welche Bewegung durch die Verbindungsstangen auf die Endpunkte des Joches übertragen wird.

Hydraulische Apparate zum Drehen des Ruders setzen an Bord des Schiffes einen oder mehrere hydraulische Cylinder voraus, in welchen wasserdicht schliessende Kolben durch Wasserdruck hin und her getrieben werden können, welche Bewegung durch eingeschaltete Zwischenorgane in letzter Linie auf die Pinne übertragen wird. Ein Handrad für den Steuermann hat in diesem Falle die Funktion, das Wasser auf der Druckseite des Kolbens eintreten und auf der entgegengesetzten Seite abfliessen zu lassen. Der erhöhte Wasserdruck im hydraulischen Cylinder wird entweder durch eine besondere Pumpe geliefert, oder es wird die durch den Tiefgang des Schiffes gebildete Druckhöhe ausgenutzt. Befände sich der hydraulische Cylinder z. B. 5 Meter unter Wasser, so ergibt sich ein Druck von $\frac{500}{1000}$ Kilo pro Quadratcentimeter und die Kolbenfläche würde, abgesehen von den zu überwindenden Reibungswiderständen im Apparat selbst, $\frac{P}{0,5}$ Quadratcentimeter haben müssen, wenn p den am Ende der Pinne auszuübenden Druck in Kilogrammen bedeutet und vom Kolben bis zur Pinne keinerlei Uebersetzung zur Anwendung käme. Die praktische Anwendung hydraulischer Steuerapparate ist indessen mit mancherlei Schwierigkeiten verknüpft, die einer allgemeineren Einführung derselben im Wege stehen.

Hydraulische
Steuerapparate.



IX. Capitel.

Die Masten, Rundhölzer und Ankerspille.

Sollen Segel zur Fortbewegung des Schiffes benutzt werden, so wird deren Flächeninhalt und ihre Anordnung in vertikaler und horizontaler Richtung abhängig sein von der Grösse des betreffenden Schiffes und von dessen Stabilität. Angenommen, der Inhalt der Segelfläche und deren Schwerpunktslage wären gegeben, so würde die lebendige Kraft der in Bewegung befindlichen Luft am vollkommensten zur Uebertragung einer Bewegung auf den Schiffskörper ausgenutzt werden, wenn nur ein einziges Segel von diesem Flächeninhalt und der entsprechenden Schwerpunktslage auf dem Schiffe angebracht würde. Aber abgesehen von der praktischen Unmöglichkeit, bei einem grösseren Schiff den Gesammtflächeninhalt der Segel in einem einzigen Segel zu concentriren, ist es vorzugsweise deshalb erforderlich, die Segelfläche in eine gewisse Anzahl kleinerer Segel aufzulösen, weil sonst das Manoeuvriren mit dem Schiff unter Segel zu sehr erschwert würde. Mit Rücksicht auf die grössere oder geringere Windstärke ist es z. B. nothwendig, den Flächeninhalt der Segel durch Fortnehmen oder Hinzufügen von Theilen seiner Gesammtfläche verkleinern und vergrössern zu können, während das Manoeuvriren unter Segel bedingt, dass die Vergrösserung und Verkleinerung der Gesammtsegelfläche an bestimmten Stellen, z. B. an den Enden des Schiffes, geschehe. Hieraus ergibt sich die Nothwendigkeit, zum Anschlagen der Segel eine gewisse Anzahl von Rundhölzern zu benutzen und diese eventuell auf mehr als einen Mast zu vertheilen. Die Zusammensetzung der Masten aus mehreren Theilen in der Richtung ihrer Länge findet dagegen ihre nächstliegende Begründung in dem Umstande, dass die erforderlichen Längendimensionen nicht aus einem Stück zu bekommen sind und dass selbst, wenn dies der Fall wäre, die Zusammensetzung aus einzelnen Stücken den Vortheil gewährt, bei Haverien nur einzelne Theile erneuern zu müssen, die dann leichter zu beschaffen oder dem Schiffe als Reservestücke gleich mitgegeben werden können.

Zerlegung der
Gesammtsegel-
fläche.

Die Masten eines Schiffes stellen in dem durch sie und dem stehenden Gut gebildeten System zur Uebertragung des von den Segeln aufgenommenen

Winddrucks auf den Schiffskörper diejenigen Organe dar, welche zur Aufnahme von Druckkräften dienen, während vom stehenden Gut die Zugspannungen aufgenommen werden. Sie werden in Folge dessen so construirt, dass sie einen bedeutenden Widerstand gegen Druck, und zwar in der Richtung ihrer Achse, auszuüben vermögen, was sowohl von den Untermasten und Stengen, als auch vom Bugspriet und seinen Verlängerungsstücken gilt. Wirkt kein Winddruck auf die Segel oder sind dieselben überhaupt nicht angeschlagen, so müssen die Zugspannungen in den paarweise zusammen gehörigen Theilen des stehenden Guts, z. B. in den Steuerbord- und Backbord-Wanten eines Mastes, in den achteraus zeigenden Wanten und dem zugehörigen Stag, im Fockstag und Wasserstag des Bugspriets, solche Resultanten ergeben, welche als Druckkräfte in die Richtung der Achse des betreffenden Masts oder Bugspriets fallen, was für die symmetrisch angeordneten Theile des stehenden Guts gleich grosse Spannungen bedingt. Ist dagegen Winddruck auf die Segel vorhanden, so gerathen sämtliche Theile des stehenden Guts auf der Luvseite in einen Zustand grösserer und auf der Leeseite in einen solchen geringerer Spannung und die Verhältnisse müssen so abgepasst werden, dass die Resultante aus dem mehr oder weniger senkrecht zum Mast wirkenden Winddruck und sämtlichen Spannungen in dem zugehörigen stehenden Gut der Luvseite eine Resultante ergeben, welche als Druckkraft in die Achse des Mastes fällt. Bildet nämlich die Resultante mit der Achse des Masts einen Winkel, so lässt sich dieselbe in eine Componente in der Richtung der Achse des Masts und eine dazu senkrecht zerlegen und letztere beansprucht den Mast auf Biegung; ist die betreffende Componente zu gross oder hat der Mast, der im gebogenen Zustande auf der convexen Seite auf Zug beansprucht wird, dort eine zur Aufnahme einer Zugspannung nicht geeignete Stelle, so wird derselbe brechen.

Beanspruchung
der stehenden
Rundhölzer auf
Druck.

Beanspruchung
der stehenden
Rundhölzer auf
Biegung.

Die Beurtheilung der Spannungen im stehenden Gut ist lediglich Sache der praktischen Erfahrung; die Modification derselben in gegebenem Falle ist dadurch ermöglicht, dass zwischen dem Befestigungspunkte am Schiffskörper und dem Ende des betreffenden Taus des stehenden Guts eine Vorrichtung vorhanden ist, die gestattet, dessen Spannung zu vergrössern oder zu verkleinern, nämlich das Taljereep mit den Jungferblöcken oder eine mittelst Schrauben gebildete Spannvorrichtung.

Jungferblöcke
und Taljereep.

Ein Biegen der Masten ist indessen nicht unter allen Umständen zu vermeiden, so dass eine Mastconstruction, welche darauf keine Rücksicht nähme, als fehlerhaft zu bezeichnen sein würde. Als Organ gegen Biegung treten in ihm alsdann Zug- und Druckspannungen ein, von denen erstere stets auf der Luvseite, letztere auf der Leeseite sich befinden werden. Ist der Mast demnach ein zusammengesetzter oder gebauter, was für die aus Holz gefertigten Untermasten grösserer Schiffe der Fall ist, so müssen auf der Luvseite stets zur Zugübertragung geeignete Theile vorhanden sein, mithin sind mit Aststellen behaftete und kurze, etwa durch Laschung zu

verbindende Stücke nach Möglichkeit zu vermeiden. Da die Vorkante der Masten am wenigstens Luvseite sein wird, so würden dort etwaige unvermeidliche Aeste am wenigsten schädlich sein. Der Widerstand der Masten gegen Biegung bedingt ferner einen veränderlichen Querschnitt; dieser muss da am grössten sein, wo das Biegemoment ein Maximum ist, nämlich an der Durchgangsstelle durch dasjenige Deck, in dem der Mast verkeilt ist.

Beanspruchung
der Raen.

Die Raen werden durch die sich an ihnen das Gleichgewicht haltenden Kräfte auf Biegung beansprucht. Um einer solchen demnach die geeigneten Abmessungen und Materialvertheilung zu geben, ist es erforderlich, diese Kräfte nach Grösse und Richtung um so eingehender zu ermitteln, als es gerade hier darauf ankommt, mit einer ausreichenden Sicherheit gegen Bruch ein möglichst geringes Gewicht zu verbinden. Angenommen, wir haben eine Unterra vor uns, so wird dieselbe erstens durch ihr eigenes Gewicht beansprucht; dasselbe wirkt in vertikaler Ebene, an Intensität pro Längeneinheit von der Mitte nach den beiden Nocken hin abnehmend. Zweitens durch die Spannung, welche in dem an der Raa befestigten Segel durch den Winddruck hervorgerufen wird; dieselbe ist von der Befestigungsstelle an der Raa aus tangential zu der ausgebauchten Segelfläche gerichtet, daher um so mehr sich der vertikalen Richtung nähernd, je weniger das Segel ausgebaucht ist. Ihrer Grösse nach ist sie nahezu gleich dem halben Winddruck auf das Segel multiplicirt mit dem Quotienten aus der halben Höhe des Segels und der Ausbauchung. Bezeichnet man den Druck pro Flächeneinheit des Segels mit R , die Höhe des Segels mit h , dessen Breite mit b und die Ausbauchung mit f , so ergibt sich jene Spannung annähernd zu:

$$s = \frac{R \cdot b \cdot h}{2} \cdot \frac{h}{f} = \frac{R \cdot b \cdot h^2}{f \cdot 4}.$$

Im Uebrigen ist die Spannung im Segel pro Längeneinheit der Raa nahezu constant anzunehmen und zwar gleich

$$\frac{R \cdot b \cdot h^2}{f \cdot 4} \cdot \frac{1}{b} = \frac{R \cdot h^2}{f \cdot 4}.$$

Drittens durch die Spannung der Schoten des Marssegels oberhalb der Raa, an den Nocken angreifend und in der Richtung der Schoten, d. h. von den Nocken aus tangential zu der betreffenden Segelfläche wirkend, und ihrer Grösse nach abhängig von dem Winddruck auf dasselbe. Viertens durch die Spannung in den Topnanten, ebenfalls an den Nocken angreifend. Fünftens durch die Spannung in den Hangerketten, welche in der Mitte angreift. Sechstens durch die Spannung in den Brassen, welche wiederum an den Nocken angreift. Die symmetrische Anordnung dieser Kräfte mit Bezug auf die Mitte der Raa bedingt an dieser Stelle den gefährlichen Querschnitt und gestattet behufs der Bestimmung der Abmessungen desselben und der übrigen Querschnitte nur die eine Hälfte der Raa und der

an ihr wirkenden Kräfte zu berücksichtigen. Man betrachtet dieselbe als einen Träger, der an der Nock und am Mast durch die Resultanten der dort wirkenden Kräfte unterstützt ist und welcher durch die Spannungen in dem an ihr befestigten Segel pro Längeneinheit gleichmässig belastet wird. Hieraus ergibt sich, dass die auftretenden Maximaldruckspannungen in dem vorderen unteren Quadranten, die Maximalzugspannungen in dem hinteren oberen Quadranten der Querschnitte der Raa auftreten werden, dass mithin in letzterem keine zur Uebertragung von Zugspannungen ungeeignete Stellen, z. B. bei einer Raa aus Holz keine Aeste, vorhanden sein dürfen. Die Querschnitte der Raaen werden übrigens mit Rücksicht auf die Schwierigkeit, die an ihr wirkenden Kräfte für alle in der Praxis vorkommenden Fälle mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen, kreisförmig gewählt, jedoch von der Mitte nach den Nocken ungefähr proportional, mit dem Biegemoment an Flächeninhalt abnehmend. Aehnliche Erörterungen bezüglich der Beanspruchung der Untermasten und Raaen, wie die vorstehenden, lassen sich für alle Rundhölzer, speciell für die Stengen, Gaffeln, den Besahns und Klüverbaum u. s. w. durchführen. Sie gewähren nicht allein den Vortheil einer practischen Anschauung über die auftretenden Kräfte nach Grösse und Richtung und gestatten so einen allgemeinen Schluss auf die geeignete Form und Dimensionen der betreffenden Theile, sowie auf die Lage der am meisten gefährdeten Querschnitte derselben, sondern sie ermöglichen ausserdem die Bestimmung der Sicherheitsgrenzen, innerhalb welcher man sich befindet. Ferner ist die Möglichkeit vorhanden, vor auszusehen, was geschieht, wenn die eine oder die andere der Spannungen im stehenden oder laufenden Gut gleich Null gesetzt wird, was dem practischen Fall entspricht, wo das betreffende Tau reisst; a priori lässt sich nämlich nicht immer angeben, ob ein solches Vorkommniss mit einer Entlastung gleich zu achten ist oder ob die übrig bleibenden Kräfte nicht sofort den Bruch des betreffenden Organs herbeiführen werden. —

Nach vorstehenden, einleitenden Bemerkungen seien im Folgenden einige Typen von Masten und Rundhölzern beschrieben. Wir beginnen mit den

Untermasten.

Dieselben werden unterschieden in solche, die aus einem Stück gefertigt sind und solche, welche aus einer kleineren oder grösseren Anzahl von Hölzern zusammengesetzt sind; letztere werden auch wohl gebaute Masten genannt. Die Zusammensetzung kann sich ferner auf eine solche in der Richtung der Länge beschränken oder nur dem Querschnitte nach oder endlich nach beiden Richtungen hin als nothwendig erweisen. Letzteres ist der gewöhnliche Fall für grössere Kriegsschiffe mit voller Besegelung. Der Grund für die Zusammensetzung eines Masts ist weiter oben angegeben; es möge jedoch hier noch hinzugefügt werden, dass ein gebauter Mast sich

Gebaute
Untermasten.

als stärker und vor allen Dingen zuverlässiger erweist, als ein einfacher, da letzterer mit nicht aufgefundenen inneren Fehlern behaftet sein kann.

Bei jedem Untermast unterscheiden wir in der Richtung seiner Länge drei Theile, nämlich den unter Deck befindlichen, den Theil vom Deck, bis zur Oberkante der Längshölzer der Sahling und den Top, welcher den Rest der Länge ausmacht. Der zuerst genannte Theil unter Deck besitzt an seinem unteren Ende einen Zapfen von rechteckigem Querschnitt, mit welchem der Mast in seiner Spur steht und unmittelbar über diesem Zapfen einen aufgetriebenen Ring. Der Durchmesser des Masts oberhalb des Spurzapfens ist ungefähr $\frac{5}{6}$ des im Deck vorhandenen Maximaldurchmessers. Das Stück des Masts vom Deck bis zur Sahling ist in der Nähe der letzteren so geformt, dass Gelegenheit zur Auflagerung der Längshölzer der Sahling entsteht, was auch bei Masten aus einem Stück das seitliche Auflegen der sogenannten Backen mit einer knieartigen Verbreiterung an der Vorkante nothwendig macht. Die Befestigung der Backen am Mast geschieht mit Hilfe von Durchbolzen mit Cylinderzapfen und aufgetriebenen Ringen; die der Sahlingkniee mittelst Hakenlasche, welche ein Verschieben nach unten verhindert und durch Schraubbolzen.

Der Top.

Der Top ist an seinem unteren Ende parallel zu seiner Achse mit Latten benagelt, um ihn gegen das Einkneifen des seitlichen stehenden Guts des Masts zu schützen. Zu demselben Zwecke liegen auf den Längssahlings entsprechend abgerundete Stücke Holz, welche ein Kissen oder einen Sattel für die Aufnahme jenes stehenden Guts bilden. An der Hinterkante des Tops befinden sich einige consolenartige Klampen für das vordere stehende Gut des Masts, und für die Hangerstropfen der Unterra. Am oberen Ende ist endlich ein vierkantiger Zapfen vorhanden zur Aufnahme des Esels-haupts. Aus einer eingehenderen Untersuchung der Kräfte, die am Top eines Masts angreifen, geht hervor, dass derselbe einer bedeutenden lokalen Beanspruchung unterworfen ist und dass dessen Querschnitt nicht zu gering bemessen werden darf. Hieraus ergibt sich die Zweckmässigkeit des in der Marine üblichen Verfahrens, den quadratischen Querschnitt des Tops zwischen den Sahlings unter Abrundung der Kanten auch für den übrigen Theil seiner Länge beizubehalten, wobei die Abrundung natürlich so zu bemessen ist, dass das umgelegte stehende Gut zweckmässig anliegt. Der Durchmesser des Tops beträgt an seinem oberen Ende circa $\frac{7}{10}$ des Maximaldurchmessers, die Länge ungefähr $\frac{1}{3}$ der Länge der an ihm fahrenden Stenge ohne deren Top.

Zusammen-
setzung der
Untermasten
ihrer Länge nach.

Ist ein Stück Holz, aus welchem ein Mast gefertigt werden soll, von hinreichend grossem Querschnitt, dagegen nicht lang genug, so werden zwei Stücke der Länge nach zusammengelascht. Zu dem Zwecke erhält das eine Stück an seinem Ende die Form eines schlanken Keils mit abgestumpfter Spitze und das andere eine gabelförmige Gestalt, derart, dass beide Theile genau in einander passen. Die unlösbare Vereinigung der beiden Theile

erfolgt demnächst mittelst Bolzen und aufgetriebener Ringe aus Schmiedeeisen; letztere müssen in demselben Maasse, als durch Austrocknen des Holzes eine Volumenverminderung eintritt, nachgetrieben werden. Fällt die Laschung in den Bereich der Backen, so benutzt man diese zur Bildung der gabelförmigen Gestalt am unteren Ende des oberen Stücks, welches dann querschiffs aus zwei symmetrischen Theilen besteht. Zur festen Verbindung der einzelnen Theile sind alsdann ausser Bolzen und Treibringen in den längsschiffs gerichteten Fugen noch Cylinderzapfen erforderlich, um die in denselben auftretenden Schubspannungen aufzunehmen. Soll die Zusammensetzung des Masts dem Querschnitte nach erfolgen, so ist entweder ein stärkeres Herzstück von polygonalem Querschnitt vorhanden, welches von den sogenannten Schalen umgeben wird, welches System durch Bolzen, Cylinderzapfen und eiserne Ringe zu einem soliden Ganzen vereinigt wird, oder das Herzstück hestehet selbst wieder aus mehreren Theilen, eventuell auch in der Richtung der Länge, die keine symmetrische Anordnung zeigen und mit den Schalen ein System von Hölzern mit verschiessenden Laschungen darstellen, zu deren Verbindung Bolzen, sowie Cylinderzapfen und aufgetriebene Ringe in ausgiebigster Weise zur Anwendung kommen. Die schmiedeeisernen Ringe müssen auch hier im Falle einer Volumenverminderung der den Mast zusammensetzenden Hölzer nachgetrieben oder ihrem Durchmesser nach verkleinert werden können. Ersteres ist da ausführbar, wo der Querschnitt des Mastes kreisförmig ist und der Durchmesser zunimmt, letzteres da nothwendig, wo anders geformte Querschnitte vorhanden sind; das Anziehen geschieht in diesem Falle dadurch, dass der aus zwei Theilen bestehende Ring mit zwei Charnieren versehen ist, deren eines einen runden Bolzen hat, während das andere einen keilförmigen Splint besitzt, durch dessen Antreiben der Ring fester angezogen wird. Es leuchtet übrigens ein, dass es vorzugsweise die Widerstandsfähigkeit gegen Druckbeanspruchungen ist, welche durch die Mastringe in besonders hohem Grade gewährleistet resp. vergrössert wird.

Die Einführung von Eisen resp. Stahl als Baumaterial für den Schiffskörper hatte sehr bald die Verwendung desselben Materials für die Masten zur Folge, und es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass, soweit es auf die Erzielung eines geeigneten Organs gegen die in Frage kommenden Beanspruchungen ankommt, es überhaupt kein zweckmässigeres Material geben kann, als Schmiedeeisen oder Stahl, vorausgesetzt, dass man demselben die geeignete Form giebt. Letztere kann nur die Rohrform sein, welche bekanntlich bei einem Minimum von Gewicht ein Maximum an Widerstand gegen Druck in der Richtung der Länge liefert und dabei gleichzeitig ein relativ grosses Widerstandsmoment gegen Biegung besitzt. Sollte letzteres indessen als zu klein erachtet werden, so ist es mit keinen Schwierigkeiten verbunden, dasselbe durch geeignete, innen liegende Verstärkungen beliebig zu vergrössern. — Zur Herstellung des zu einem eisernen Mast bestimmten

Eiserne
Treibringe.

Zusammen-
setzung eines
Masts dem Quer-
schnitte nach.

Eiserne Masten.

Rohres verwendet man, je nachdem der Durchmesser desselben kleiner oder grösser ist, zwei resp. drei Reihen Platten, denen mit Hilfe von Walzen die entsprechend gekrümmte Form des Querschnitts ertheilt worden ist. Die Platten stossen sowohl mit ihren Längs- als auch mit ihren Querkanten, unter geeignetem Verschuss der letzteren, stumpf gegen einander und erhalten innen liegende, wegen der Biegungsbeanspruchungen durchgehende Nahtstreifen und an diesen abstossende Laschenplatten, die ihrerseits wegen der Druckbeanspruchungen besonders sorgfältig anzupassen sind. Die Nieten werden auf der Aussenfläche des Mastes versenkt geschlagen. Will man dem Rohr eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Biegung geben, so kann man die flachen Nahtstreifen durch solche mit T förmigem Querschnitt ersetzen. Stellen mit einer intensiven lokalen Beanspruchung kann man durch äusserlich umgelegte Verdoppelungsplatten verstärken.

Bei einem eisernen Mast bestehen die Backen aus seitlich an denselben genietetete consolenartige Platten mit Winkeleisen zur Aufnahme der Längssahlings an der Oberkante. Der Top ist durch einen eisernen Deckel geschlossen. Die Spur für einen eisernen Mast wird durch ein auf das Fundament des Mastes genietetetes, ringförmig gebogenes Winkeleisen gebildet, welches innerhalb des Ringes mit einem an dessen vertikalen Flansch genieteteten Stück Flacheisen versehen ist. Ein entsprechendes Stück Flacheisen befindet sich am Fuss des Mastes; beide ergänzen sich, wenn der Mast in seiner Spur steht, zu einem vollen Kreis und verhindern den Mast an einer Drehung um seine vertikale Achse.

Sahling, Mars
und Eselshaupt.

Um die Marsstengen in solcher Weise mit den Untermasten zu verbinden, dass erstere die auf sie kommenden Druck- und Biegungsspannungen aufnehmen und auf letztere übertragen können, dienen die durch die Sahlings, den Mars und das Eselshaupt gebildeten Vorrichtungen. Die Sahlings bestehen aus den seitlich vom Unterende des Tops auf den Backen des Mastes liegenden Längssahlingshölzern und den beiden Quersahlings, von welch' letzteren das eine Holz an der Hinterkante des Tops, das andere an der Vorkante der Stenge quer über die Längssahlings und in diese eingelassen liegen. Die Längssahlings werden mittelst Durchholzen am Top, die Quersahlings durch Bolzen mit Splint am unteren Ende an ersteren befestigt. Durch die Längssahlings, einen an der Vorkante des Tops zwischen dieselben gesetzten Klotz und die vordere Quersahling wird die Spur für den Fuss der Stenge gebildet, der dadurch an einer Bewegung in horizontaler Richtung gehindert wird, während die Bewegung der Stenge von oben nach unten durch das auf den Längssahlings Auflage findende Stengenschlossholz unmöglich gemacht wird.

Der Mars erfüllt für die Marsstenge denselben Zweck, wie die Rüsten für die Untermasten, nämlich dem seitlichen stehenden Gut den erforderlichen Spreitz zu geben. Die Zusammensetzung eines Mars muss daher so erfolgen, dass er eine Druckbeanspruchung in seiner Ebene aufnehmen kann; damit es

jedoch bei der einfachen Druckbeanspruchung bleibt und nicht noch eine solche auf Biegung hinzutritt, müssen die Spannungen im Stengewant und den zugehörigen Püttingschienen eine in die Ebene des Mars fallende Resultante haben. Mit Bezug auf die obere Ansicht des Mars ist zu bemerken, dass derselbe dem gesetzten Marssegel auch beim Segeln am Winde nicht im Wege sein darf. Hieraus ergibt sich seine Ausdehnung nach vorn, sowie die Abrundung an den vorderen Ecken und seine Breite, während seine Ausdehnung nach hinten soweit sich erstrecken muss, dass das letzte Paar Stengewanten noch auf ihn fällt. Die einen Mars bildenden Theile sind im Allgemeinen in folgender Weise combinirt: Eine aus längsschiffs neben einander gelegten Brettern gebildete Plattform ist mit einem flachliegenden Rande aus Eichenholz umgeben; letzterer verstärkt durch das Marseisen, einen aus Flacheisen hergestellten, von oben her in den Marsrand eingelassenen schmiedeeisernen Beschlag, der den Mars seitlich und vorn umgibt und welcher Oeffnungen für die oberen Enden der Stängepüttings enthält. Die unteren Enden dieser letzteren finden ihre festen Punkte am Mast durch Vermittelung eines mit Augen versehenen eisernen Ringes oder einer um den Mast gelegten Kette. Die Marsplattform ruht auf den Längs- und Quersahlings und wird an ihnen mittelst Splintbolzen befestigt. Bei grösseren Schiffen kommen jedoch zu dem Zwecke auf dem erwähnten Bretterbelag oberhalb der Quersahling liegende Querhölzer zur Anwendung, die durch ihre Verbolzung mit ersteren die Marsplattform halten.

Das Eselshaupt gewährt der Stenge am oberen Ende des Tops der Untermasten eine Stütze, falls sie auf Biegung kommt und dient derselben beim Aufbringen und Streichen zur Führung. Ist dasselbe aus Holz gefertigt, so besteht es aus einem massiven, in der oberen Ansicht an der Vor- und Achterkante halbkreisförmig abgerundeten Stücke Holz, welches durch einen oder zwei umgelegte eiserne Ringe verstärkt ist. Es enthält eine vierkantige Oeffnung für den Top des Untermastes und eine runde für den Durchgang der Stange. Ausserdem befinden sich an ihm verschiedene Angbolzen befestigt zum Einhaken von Blöcken für das Stengewindreep und andere Zwecke. Bei eisernen Untermasten ist auch das Eselshaupt von Eisen und besteht dann gewöhnlich aus zwei Ringen, einem weiteren für den Top des Untermastes und einem engeren für die Stenge, welche durch einen oder mehrere zwischen geschweisste Stege zu einem Ganzen verbunden sind. Beim eisernen Eselshaupt sind die erforderlichen Augen für das laufende Gut gleich mit angeschweisst.

Die ersten Verlängerungsstücke der Untermasten, die Marsstengen oder beim Kreuzmast die Kreuzstenge sind analogen, wenn auch bei weitem weniger intensiven Beanspruchungen unterworfen, als die Untermasten. Die Biegungsspannungen treten indessen mehr in den Vordergrund, weil einerseits das stehende Gut unter spitzeren Winkeln an den Stangen angreift, so dass die geringste Spannungsdifferenz in den relativ dünnen

Das Eselshaupt.

Die Stenge u.
Stengensahlring
etc.

Hölzern sofort von einer Biegung begleitet ist, und weil diese Spannungsdifferenzen bei schlingerndem Schiff bei jeder Schwingung mit um so grösserer Intensität auftreten, je höher die Stengen sich über Deck befinden. Die Stengen werden daher aus möglichst elastischem Holz, d. h. Kiefernholz, und stets aus einem Stück gefertigt. Auch bei den Stengen unterscheidet man den Fuss, den Top und das zwischen diesen beiden gelegene Stück. Der Fuss passt genau in die Oeffnung zwischen den Längs- und Quersahlings und hat demnach einen quadratischen Querschnitt, derart, dass die Stenge sich nicht drehen kann. Unmittelbar oberhalb der Längssahling befindet sich eine Oeffnung in der Stenge zur Aufnahme des Schlossholzes. Diese ist querschiffs gerichtet, von rechteckigem Querschnitt und an der Oberkante mit Eisen armirt. Weiter nach oben wird der Querschnitt des Fusses der Stange achteckig, um noch unterhalb des Eselshauptes rund zu werden. Hier befinden sich auch zwei mit ihren Ebenen diagonal gestellte Scheibgaten für das Stengenwindreep. Der Querschnitt der Stenge bleibt vom Eselshaupt an aufwärts rund bis auf eine gewisse Entfernung von der Stengensahling, wo derselbe wieder achteckig wird und wo der Durchmesser wieder zunimmt, um die Anschwellung für die Auflage der Stengensahling zu bilden. Der Top endlich ist unten achteckig und oben rund, am äussersten Ende mit einem vierkantigen Zapfen versehen zur Aufnahme des Stengeneselshauptes. Auch bei den Stengen finden eiserne Ringe an solchen Stellen, die der Verstärkung bedürfen, vortheilhafte Verwendung.

Die Bramstengen und Oberbramstengen sind bis auf geringe Abweichungen und Vereinfachungen Wiederholungen der Marsstengen in kleinerem Maassstabe. Dasselbe gilt für die Stengensahling und Bramsahling im Verhältniss zu den Untersahlings.

Das Bugspriet,
der Klüverbaum
und Aussen-
klüverbaum.

Da die Beanspruchungen des Bugspriets bis auf die durch die schräge Lage bedingten, denen der Untermasten vollkommen analog sind, so ist seine Zusammensetzung sowohl bei Holz als bei Eisen als Material ähnlich der der Untermasten. Das Bugspriet stützt sich mit dem dem Schiffe zugekehrten Ende mittelst eines vierkantigen Zapfens gegen den Bugspriestuhl, der die in der Achse des Bugspriets wirkenden Druckkräfte aufzunehmen im Stande sein muss. Eine Auflagestelle gegen Biegungsbeanspruchungen nach unten findet es auf dem Vorsteven, gegen Biegung nach der Seite zwischen den Ohrhölzern, gegen eine solche nach oben durch die durch Ketten hergestellte Bugsprietzurrung nach dem Gallion hin. An seinem äusseren Ende ist es mit einem Eselshaupt versehen, dessen Vor- und Achterkanten vertikal stehen. Zwischen dem Eselshaupt und den Ohrhölzern endlich sind Klampenleisten an ihm befestigt zur Aufnahme der Augen der verschiedenen am Bugspriet angreifenden Stage, deren Spannungen so regulirt werden müssen, dass ihre Resultante in die Achse des Bugspriets fällt.

Die erste Verlängerung des Bugspriets wird vom Klüverbaum, die ^{Der Klüverbaum.} zweite vom Aussenklüverbaum gebildet, welche bei Handelsschiffen häufig in einem sogenannten langen Klüverbaum vereinigt werden. Ungefähr ein Drittel der ganzen Länge eines gewöhnlichen Klüverbaums befindet sich innerhalb des Bugsprieteselhauptes, in welchem er seine wesentlichste Unterstützung findet und wo andererseits der gefährliche Querschnitt liegt. Innerhalb des Eselshauptes ist der Klüverbaum achtkantig mit einem Scheibengat für den Ausholer und am Ende mit einer Aussparung für ein umzulegendes Ende Kette versehen, welches den Zweck hat, eine Bewegung in der Richtung der Achse des Klüverbaums nach dem Schiffe hin zu verhindern; dieses Kettenende vertritt die Stelle des Schlossholzes bei den Stängen und nimmt den in der Richtung des Klüverbaums ausgeübten Druck auf. Um das innere Ende des Klüverbaums am Auftoppen zu verhindern, wird dasselbe am Bugspriet fest gezurrt. Vom Eselshaupt ab nach aussen ist der Klüverbaum bei abnehmender Dicke rund bis auf das äusserste Ende, welches wieder achtkantig gehalten wird und wo ein Absatz zur Auflage von Tauwerk vorhanden ist. Ausserdem sind dort mehrere Scheibengaten, eventuell unter Zuhilfenahme von Schildpadden, angebracht für das Bramstengestag, den Bramstengestag-Segelleiter u. s. w.

Der Aussenklüverbaum ruht mit seinem inneren Ende gegen das Bugsprieteselhaupt und wird dort durch einen Zapfen in einer im Eselshaupt angebrachten Spur oder durch eine um den Klüverbaum gelegte Zurrung mit jenem Ende am Auftoppen verhindert. Statt durch ein Eselshaupt führt der Aussenklüverbaum durch eine etwas seitlich auf der Nock des Klüverbaums angebrachte Brille; das äusserste Ende ist mit einer Anschwellung und Nock, sowie mit einem Scheibengat für stehendes und laufendes Gut versehen.

Die Funktion des Mars wird beim Bugspriet und Klüverbaum durch die sogenannte blinde Raa und den Stampfstock vertreten. Erstere wird durch zwei gaffelartige Hölzer gebildet, welche sich mit einer Klaue gegen das Bugspriet stützen, und die, in der Ebene des Klüverbaums und der Klüverbaumbackstagen liegend, letzteren den erforderlichen Halt geben, während der Stampfstock oder spanische Reiter denselben Zweck für die Klüver- und Aussenklüver-Wasserstagen erfüllt.

Die blinde Raa
und der Stampf-
stock.

Weiter oben ist gezeigt worden, dass die Raanen durch die an ihnen angreifenden Kräfte auf Biegung beansprucht werden. Sie werden daher so konstruirt, dass sie einer solchen mit Erfolg widerstehen können, indem man ihnen angenähert die Form eines Körpers von gleicher Biegefestigkeit giebt. Fallen die Dimensionen der Unterraanen sehr gross aus, so werden dieselben in der Richtung ihrer Länge selbst dann aus zwei Stücken zusammengesetzt, wenn man auch über ein in Bezug auf Länge geeignetes Stück Holz verfügt. Man verfährt dabei so, dass man die Wipfelenden zweier Kiefernstämme nach aussen nimmt, um auf diese Weise die Steuer-

Die Raanen und
Gaffeln.

Zusammengesetzte Unterraen.

bord- und Backbordhälften der Raa gleich schwer, gleich elastisch und gleich widerstandsfähig zu erhalten, was bei einer relativ langen Raa aus einem Stück nicht möglich ist. Die Länge der Laschung beträgt ungefähr 0,4 der ganzen Länge der Raa; die Verbindung der beiden Stücke erfolgt mittelst Bolzen und Cylinderzapfen und durch aufgetriebene Ringe aus Eisen. In der Mitte auf etwa $\frac{1}{3}$ ihrer Länge wird die Raa achtkantig bearbeitet und die entstehenden acht Flächen mit ebenso vielen Schalen benagelt, um welche wiederum eiserne Ringe gelegt werden. Die Schalen haben sowohl den Zweck, die Raa auf dem durch die Laschung geschwächten Theil ihrer Länge zu verstärken, als auch das Material der eigentlichen Raa vor dem Einkneifen der dort umgelegten Ketten- resp. Taustropfen zu schützen. Weiter nach aussen wird die Raa, an Durchmesser abnehmend, rund gearbeitet und zwar bis etwas innerhalb der Stelle, wo die Scheibe für die Marsschoten sich befindet; hier ist der Querschnitt quadratisch; noch weiter nach aussen, auf der Länge der Nock, ist der Querschnitt wieder rund. Die gusseisernen Scheiben für die Marsschoten erhalten ihr Scheibengat entweder in jenem vierkantigen Theil oder in einem an der Hinterkante der Raa befestigten Schildpad. Für die Leesegelespiere befinden sich auf jeder Hälfte der Raa ein äusserer und ein innerer Spierbügel, von denen letzterer aus zwei durch einen Zapfen verbundenen eisernen Ringen besteht. Der eine dieser Ringe umschliesst die Raa, während der andere, an der Achterkante der Raa und etwas oberhalb derselben befindlich, für das Durchlassen der Spiere bestimmt ist. Um dies zu erleichtern, ist er übrigens in seiner unteren Hälfte mit einer Rolle versehen. Der äussere Spierbügel hat statt eines Ringes um die Raa einen die Nock gabelartig umfassenden Beschlag und ist zum Abnehmen eingerichtet. Für die Befestigung des Jackstags sind auf der Oberkante der Raa eine Anzahl Augbolzen eingeschraubt oder als Hakbolzen eingeschlagen. Eiserne Unterraen werden aus relativ dünnen Platten zu einem Rohr mit innen liegenden Verstärkungen zusammengesetzt. Dieselben haben bei rundem äusserem Querschnitt einen von der Mitte nach den Nocken hin abnehmenden Durchmesser, was deren Herstellung einigermaßen erschwert. Dergleichen Raaen müssen äusserlich glatt vernietet und sauber verstemmt sein.

Eiserne Raaen.

Die Marsraaen.

Die Marsraaen werden immer aus einem Stück gemacht, da der Unterschied in der Festigkeit des Wipfel- und Wurzelendes des betreffenden Stückes Holz wegen der geringeren Länge nicht so bedeutend ist. Sie unterscheiden sich bezüglich ihrer äusseren Form nur wenig von den Unterraen, bis auf die Nocken, deren Länge mindestens so gross sein muss, als die Differenz in der Breite des Marssegels an der Raa und auf der untersten Reihe Reffbändsel. Auch bei der Marsraa sind Leesegelespiere vorhanden. Eiserne Ringe kommen an den Nocken, an der Innenkante der Scheibengaten der Bramsegelschoten und in der Nähe der Mitte der Raa zur Anwendung, wenn sie dort Taustropfen für das laufende Gut vertreten können.

Die Bramraaen und Oberbramraaen unterscheiden sich von der Marsraa durch geringere Dimensionen und weitere Vereinfachungen, so hat z. B. die Oberbramraa keine Scheibgaten innerhalb der Nocken.

Für die an der Achterkante der Masten, speciell des Kreuzmastes geführten Segel werden an deren Oberkante sogenannte Gaffeln zum Ausbringen benutzt. Man versteht darunter Rundhölzer, welche an dem dem Mast zugekehrten Ende gabelförmig gestaltet sind, um in jeder Stellung des betreffenden Segels am Mast einen Stützpunkt zu finden. Dieses gabelförmige Ende der Gaffel wird Klaue genannt und wird dadurch gebildet, dass am unteren Ende derselben an jeder Seite ein, in der oberen Ansicht knieartig gestaltetes Stück Eichenholz befestigt wird, dessen dem Mast zugekehrte Seite so ausgearbeitet wird, dass die ungefähre Hohlform desselben entsteht, während die Gaffel den gewünschten Winkel mit dem Mast einschliesst. Die sich der Gaffel in schlankem Verlauf anschmiegenden Arme der Klaue werden mittelst Durchbolzen und mit Hilfe von aufgetriebenen eisernen Ringen an ihr befestigt. Entsprechend der Beanspruchung durch das an einer Gaffel geführte Segel befindet sich das dickste Ende der Gaffel in der Nähe der Klaue. Zur Verstärkung und zum Einhaken der Klau- und Piekfallblöcke etc. sind einige eiserne Ringe mit Augen auf der Länge der Gaffel entsprechend vertheilt.

Gaffel, Besahnsbaum und Schnaumast.

Ist der Mast, an dem die Gaffel gefahren wird, sehr dick, so würde die Klaue sehr gross, mithin sehr schwer ausfallen, oder ist der betreffende Mast durch das Vorhandensein von aufgetriebenen Ringen nicht so glatt, dass eine Klaue an demselben bequem auf und nieder geholt werden kann, so bedient man sich eines sogenannten Schnaumastes. Man versteht darunter ein an der Achterkante des eigentlichen Masts stehendes Rundholz von relativ geringem Durchmesser von rundem Querschnitt, welches auf Deck in einer Spur und zwischen den Sahlings durch einen Zapfen mit Schlossholz gehalten wird.

Der Schnaumast.

Der Besahnsbaum, ein Rundholz zum Ausbringen der Besahnschoot, ist an seinem dem Mast zugekehrten Ende ebenfalls mit einer Klaue versehen, mit welcher er sich gegen einen um den Mast gelegten Kragen stützt. An seinem äusseren Ende ist er mit einem Scheibengat für die Besahnschoot, ferner mit eisernen Ringen mit Augen zur Verstärkung resp. zum Einhaken des Dirks und der Baumschooten versehen. Er wird durch die ihn beanspruchenden Kräfte, die Spannungen in der Besahnschoot und der Baumschoot vorzugsweise auf Biegung in Anspruch genommen. Sein grösster Querschnitt liegt auf ungefähr $\frac{1}{8}$ seiner Länge vom äusseren Ende. Der Durchmesser an beiden Enden ist etwa $\frac{2}{3}$ des Maximaldurchmessers.

Der Besahnsbaum.

Die Klauen an der Gaffel und dem Besahnsbaum gestatten diesen Rundhölzern sowohl eine Drehung um das mit der Klaue versehene Ende in einer vertikalen Ebene, als auch um eine mit der Mittellinie des Masts zusammenfallende resp. parallele Achse. Denselben Zweck kann man auch

erreichen, wenn man sich statt der aus Holz gefertigten Klauen mehr oder weniger complicirter Einrichtungen aus Eisen bedient. Für den Besahnsbaum, dessen Stützpunkt am Mast eine unveränderliche Lage hat, sind dergleichen Einrichtungen wohl zu empfehlen; bei der Gaffel dagegen erschweren dieselben die Beweglichkeit derselben. Auch sind sie im Falle von Haverie schwerer zu ersetzen.

Die für die Ankermanoeuvr an Bord eiserner Schiffe vorhandenen Einrichtungen.

Die zu diesem Manoeuvr erforderlichen Einrichtungen eiserner Schiffe unterscheiden sich von denen hölzerner Schiffe im Allgemeinen nur dadurch, dass sie meist aus Eisen gefertigt werden, wodurch sich ihre abweichende Form erklärt. So werden z. B. statt der Krahnbalken häufig gebogene eventuell drehbare Davits aus Schmiedeeisen oder Stahl von rundem Querschnitt zur Anwendung gebracht oder man findet trägerartig construirte Krahnbalken, welche um ein in der Symmetrieebene des Schiffes befestigtes Pivot drehbar sind und für Steuerbord und Backbord gebraucht werden können und gleichzeitig den Fischdavit überflüssig machen. In solchen Fällen hängt das Anker statt in der Porteur- und Rüstleine in zwei Rüstleinen, deren Angriffspunkte am Anker so gelegen sind, dass sie dessen Schwerpunkt zwischen sich haben.

Eiserne Beetings.

Schmiedeeiserne Beetings bestehen aus einem Rohr von passender Länge, welches mit Hilfe eines Winkeleisens auf dem Deck befestigt wird; dasselbe ist inwendig durch eine vertikale Platte, deren Ebene längsschiffs gerichtet ist und welche bis zu dem nächst unteren Deck herunterreicht und die ihrerseits an den vertikalen Kanten mit vier Winkeleisen versehen ist, verstärkt, eine Construction, welche einer Beeting aus Holz analog ist. Der Querbalken der Beeting, welcher gestatten soll, den Beetingschlag zu bilden, ist für die Steuerbord- und Backbordseite gesondert vorhanden und besteht aus zwei in geeigneter Höhe und Distanz von einander angebrachten querschiffs durch den cylindrischen Theil der Beeting gehende starke Bolzen, welche mittelst eiserner Splinte lösbar befestigt sind und auf diese Weise ein leichtes Abnehmen des Beetingschlags ermöglichen.

Die Gangspille.

Die Gangspille fast unserer sämtlichen Schiffe sind aus Eisen gefertigt. Ein solches besteht aus einer vertikalen eisernen Achse, welche ein oder mehrere Decks in metallenen Lagerbuchsen passirt resp. auf einem derselben in einem Spurlager steht. Auf dieser Achse befinden sich die eigentlichen Spillkörper in einem oder zwei Exemplaren. Zwei Spillkörper sind dann vorhanden, wenn sich die Klüsen im Batteriedeck oder unter einer Back befinden, so dass auf dem Oberdeck resp. auf der Back ein zweiter Spillkörper nothwendig ist. Der zum Einholen der Ankerkette

dienende Spillkörper ist an seinem unteren Ende mit dem sogenannten

Kettengang versehen, einer Vorkehrung, welche gestattet, dass, während die Ankerkette etwa 180° des Spills umfasst, deren Schaken, abwechselnd in vertikaler und horizontaler Ebene liegend, um dasselbe herumgeführt werden, wobei sie durch entsprechend geformte Wulste und Vertiefungen in der

angegebenen Lage erhalten und am Gleiten verhindert werden. Das sichere Funktioniren des Kettenganges setzt voraus, dass sowohl dieser selbst, als auch die zu ihm gehörende Kette nach Form und Dimensionen vollkommen gleichartig gearbeitet sind. Um dies zu constatiren, verfährt man am sichersten, wenn man die neuen Ankerketten vor ihrer Verstaung in dem Kettkasten in ihrer ganzen Länge den Kettengang des Spills passiren lässt, wobei besonders darauf zu achten ist, dass die Kettenschaken von abweichender Form, das heisst diejenigen, welche zwei auf einander folgende Kettenlängen mit einander verbinden, den Kettengang, ohne bekniffen zu werden und ohne zu schlippen, durchwandern. Die anders als die gewöhnlichen Kettenschaken geformten Verbindungsschaken aufeinander folgender Kettenenden passiren den Kettengang am zweckmässigsten in aufrechter Lage. An den Kettengang schliesst sich demnächst die Trossentrommel, welche aus einer zu einem Rotationskörper gebogenen schmiedeeisernen oder stählernen Platte besteht, deren vertikal stehende Fuge entweder geschweisst oder durch eine innenliegende Laschenplatte mit Hülfe von äusserlich versenkten Nieten geschlossen ist. Der untere Rand der Trossentrommel ist mit dem Kettengang durch versenkte Niete verbunden, der obere Rand in derselben Weise mit dem Spakengehäuse oder dem Spillkopf. Der Durchmesser der Trommel ist übrigens in der Mitte ihrer Höhe gewöhnlich etwas geringer als an den Enden; sie ist ferner mit einer Anzahl von parallel zur Achse des Spills auf ihr mittelst versenkter Schrauben befestigter Wulste aus Bronze versehen, die sauber

gelegt Trossen zu schonen. Das Spakengehäuse wird durch zwei kreisförmige Platten gebildet, deren untere mit der Trossentrommel vernietet ist, während die oberen in der Entfernung gleich der Spakendicke weiter nach oben sich befindet. Zwischen den beiden Platten befindet sich ein centrales rund gestaltetes Stück aus Schmiedeeisen, welches die Spillachse umgiebt, und so viele radial angeordnete Stücke aus Gusseisen, als Spaken an dem Spillkopfe zur Anwendung kommen sollen. Ihre Form und Dimensionen in horizontaler Ebene sind so bemessen, dass sie die Oeffnungen zum Einstecken der Spillspaken frei lassen. Die Oeffnung für die Achse des Spills im Kettengang und im Spakenkopf ist übrigens mit einem Broncefutter versehen, um die Friction während der Rotation des Spills um die Achse zu vermindern. Um das Spill gegebenen Falls am Zurückdrehen zu verhindern, ist dasselbe mit einer Anzahl Sperrklinken oder Palldaunen versehen, welche am unteren Ende des dort cylindrisch geformten Kettenganges äusserlich in der Weise drehbar befestigt sind, dass sie nach Bedürfniss für jede Rotation des Spills in Thätigkeit gesetzt werden können. Während der Rotation des Spills schleifen die unteren Enden der Palldaunen in dem auf Deck befestigten Pallring, der seinerseits mit entsprechenden Vorsprüngen versehen ist, gegen welche die Palldaunen sich stützen, wenn das Spill die entgegengesetzte Rotation annehmen will. Um

Die Trossentrommel.

Der Spillkopf
oder das
Spakengehäuse.

Die Palldaunen.

Der Pallring.

die Verbindung des Spillkörpers der beschriebenen Art mit der Achse desselben herzustellen, befindet sich oberhalb desselben auf der Achse eine mit dieser fest verbundene Kuppelungsscheibe, welche mit einigen parallel zur Achse gebohrten Löchern versehen ist, denen ebensolche Löcher im Spakenkopfe entsprechen. Die Kuppelung wird dadurch bewirkt, dass Mitnehmerbolzen in die correspondirenden Löcher der Kuppelungsscheibe und des Spakenkopfes gesteckt werden. Der auf dem Oberdeck oder der Back befindliche zweite Spillkörper ist meist unter Fortfall des Kettenganges ähnlich construirt; nur ist der Spakenkopf ein für alle mal fest mit der Achse des Spills verbunden.

Soll mit Hilfe des oberen Spills eine Trosse eingeholt werden, so genügt es, nur diesen zu bemannen, während die Kuppelung mit dem unteren Spill gelöst bleibt; in diesem Falle dreht sich der obere Spillkörper mit dem Spillachse. Ist letztere mit einem Maschinenantrieb versehen, so muss daher auch dieser gelöst werden. Soll mit dem unteren Spill eine Trosse geholt werden, so wird nur dieses bemant, während seine Kuppelung mit der Achse des Spills gelöst bleibt; der Spillkörper dreht sich um die stehen bleibende Achse. Ist eine Ankerkette einzuheben, so werden beide Spillkörper bemant und der untere durch Einstecken der Mitnehmerbolzen mit der Achse des Spills gekuppelt; beide Spillkörper drehen sich mit dem Spillachse, letztere eventuell von ihrer Maschine losgekuppelt gedacht. Soll die Ankerkette mit Dampf eingehievt werden, so wird die Rotation durch die Achse eingeleitet, nachdem das mit dem Kettengang versehene Spill mit der Achse gekuppelt ist; beide Spillkörper werden von der Achse des Spills mit in Rotation gesetzt.

I. des Baxter-Spill.

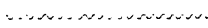
Das Baxter-Spill unterscheidet sich von dem vorstehend in seinen wesentlichsten Theilen beschriebenen dadurch, dass der Spakenkopf des oberen Spillkörpers oder, wenn nur ein Spillkörper vorhanden ist, der Spakenkopf als solcher nicht fest, sondern mittelst einer Frictionskuppelung mit der Achse des Spills verbunden ist. Diese Einrichtung hat den Zweck, vorzugsweise beim Manoeuver mit Trossen ein Vieren derselben zu gestatten, ohne dass die an den Spaken befindlichen Leute rückwärts zu gehen brauchen. Um dies zu bewirken, genügt es, die Frictions-Kuppelung durch Lösen einer auf dem Spakengehäuse befindlichen Schraube soweit loszulassen, dass die Spannung in der Trosse ausreicht, den noch verbleibenden Rest von Friction gerade zu überwinden, in welchem Falle sich die Trossen-Trommel rückwärts dreht, während der Spakenkopf stationär bleibt oder gar in der ursprünglichen Umdrehungsrichtung weiter gedreht wird. Zieht man beim Gebrauche des Spills die Kuppelung in dem Maasse an, dass die Kraft der Leute an den Spaken im Maximum eben ausreicht, die Friction der Kuppelung zu überwinden, so stellt die Einrichtung eine gewisse Sicherheitsvorrichtung für den Fall dar, dass der eventuell zu gross werdende Widerstand der Trosse das Spill rückwärts drehen würde, da letzteres alsdann in

der Weise vonstatten geht, dass das Spakengehäuse stehen bleibt. In analoger Weise wird die Kuppelung auch funktioniren, wenn dieselbe so stark angezogen wird, dass die Maschine zum Drehen des Spills gerade ausreicht, die Friction desselben zu überwinden. Treten dann z. B. beim Einhieven der Ankerkette bei schlechtem Wetter stossweise Beanspruchungen der Kette ein, denen die Maschine nicht gewachsen sein sollte, so wird die auftretende lebendige Kraft durch die Friction in der Kuppelung aufgezehrt, der Apparat zum Drehen der Achse des Spills geschont und vor Brüchen bewahrt.

Eine willkommene Verbesserung an den Baxter-Spillen besteht noch in der Hinzufügung eines sogenannten Drahttauganges, welcher die Benutzung des Spills zum Einholen von Trossen aus Stahldraht gestattet. Derselbe befindet sich zwischen dem Kettengang und der Tautrommel und besteht aus einem Gussstück mit im Querschnitt keilförmiger Nuth, welche, um den Spillkörper herum in sich selbst zurückkehrend, in der Seitenansicht eine wellenförmige Gestalt besitzt. Der keilförmige Querschnitt gestattet die Verwendung von Trossen verschiedener Dicke; dieselben werden in ähnlicher Weise wie die Ankerketten mit einer halben Windung um das Spill genommen, am eingeholten Ende mit einer geringen Kraft in Spannung gehalten und durch den wellenförmigen Verlauf der Nuth am Gleiten verhindert.

Der Drahttaugang.

Bei Torpedobooten, die eine Drahttrosse statt der Ankerkette führen, findet man als Ankerspill einen solchen Drahttaugang mit dem Baxter'schen Spakengehäuse combinirt; die Tautrommel kann nämlich entbehrt werden, weil man auf dem Drahttaugang auch beliebige andere Trossen einholen kann. Dadurch erreicht man eine besonders bei Torpedobooten zu schätzende Gewichtersparniss.



X. Capitel.

Die Boote.

Zur Ausrüstung eines Kriegsschiffes gehört eine grössere oder geringere Anzahl von Booten, welche, wenn wir zunächst von den Dampfbeibooten absehen, durch Riemen und gelegentlich durch Segel fortbewegt werden. Die Boote vermitteln den Verkehr des Schiffes mit dem festen Lande und mit anderen Schiffen vorzugsweise zum Transport von Mannschaften und Proviant. Im Hafen sind sie dem unter schwierigen Verhältnissen manöuvrierenden Schiffe zum Ausbringen von Trossen, beim an die Boje gehen oder beim Ankern unentbehrlich.

Die grösseren Gattungen finden ferner zu kleineren militairischen Expeditionen, zur Landung von Truppen Verwendung und erhalten gegebenen Falls eine artilleristische Armirung. Seit der Einführung der Torpedos fällt ihnen ferner die Rolle des Sicherheitsdienstes gegen nächtliche Torpedoangriffe zu oder man giebt ihnen ebenfalls eine Torpedoarmirung und bedient sich derselben in der Offensive.

Die durch den Gebrauch sanktionirten Bezeichnungen der verschiedenen Bootsgattungen sind, von den grösseren zu den kleineren fortschreitend, folgende: Barkassen, Pinassen, Kutter, Gigs und Jollen. Von jeder Gattung sind 3—4 verschiedene Grössen vorhanden, so dass für alle möglichen Arten von Kriegsschiffen und die verschiedensten Zwecke stets eine passende Auswahl nach Grösse und Form geeigneter Boote getroffen werden kann. Hierzu treten noch die Dampfbeiboote, welche als Dampfbarakassen, Dampfpinassen und Dampfkutter in verschiedenen Grössen gebaut werden.

Hauptdimensionen.

Die Hauptdimensionen Länge, Breite und Höhe werden bei Booten etwas anders gemessen als bei grösseren Schiffen. So versteht man unter der Länge die Entfernung von der Hinterkante des Spiegels bis zur Vorderkante des Vorstevens, unter der Breite, dessen obere Breite auf Aussenkante Dollbord und unter Höhe die Entfernung von Aussenkante Kielsponung bis Oberkante Dollbord im Hauptspant. Bezeichnet man die Hauptdimensionen mit L , B und T , so ist das Verhältniss $L : B$ bei den verschiedenen Bootsgattungen keineswegs ein constantes; es ist im allgemeinen um so grösser, je grösser die von dem Boot zu erreichende Geschwindigkeit sein soll und

hat daher bei den Gigs ein Maximum und nimmt von ihnen aus in der Reihenfolge Kutter, Pinasse, Barkasse, Jolle bis zu einem Minimum ab, wie sich aus der folgenden Zusammenstellung, welche die in unserer Marine üblichen Verhältnisse enthält, ergibt:

$$\text{Barkasse: } \frac{L}{B} = 3,8 \text{ bis } 3,6$$

$$\text{Pinasse: } \frac{L}{B} = 3,6 \text{ bis } 3,5$$

$$\text{Kutter: } \frac{L}{B} = 5 \text{ bis } 4$$

$$\text{Gig: } \frac{L}{B} = 5,7 \text{ bis } 5$$

$$\text{Jolle: } \frac{L}{B} = 3,2 \text{ bis } 3$$

Was das Verhältniss der Höhe zur Breite betrifft, so ist dasselbe ziemlich constant; erstere beträgt nämlich bei Barkassen, Pinassen und Jollen 40% der Breite, bei Kuttern 37% und bei Gigs 38% der Breite.

Die wirklichen Dimensionen der in unserer Marine gebräuchlichen Boote, ihr Gewicht und die Anzahl der erforderlichen Riemen sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Boots- gattung.	I. Classe					II. Classe					III. Classe					IV. Classe				
	L	B	T	Riemen.	Ge- wicht Kilo.	L	B	T	Riemen.	Ge- wicht Kilo.	L	B	T	Riemen.	Ge- wicht Kilo.	L	B	T	Riemen.	Ge- wicht Kilo.
Barkassen	13,0	3,40	1,85	18	4980	12,0	3,15	1,35	16	3600	11,0	2,90	1,20	16	2930	10,0	2,80	1,15	12	2200
Pinassen	10,0	2,80	1,10	12	2000	9,5	2,65	1,05	12	1540	9,0	2,50	1,00	12	1120	8,5	2,40	0,95	10	842
Kutter	9,0	2,25	0,85	12	960	8,5	2,10	0,80	10	870	8,0	2,10	0,80	10	850	7,5	2,00	0,75	8	800
Gigs	10,0	1,75	0,70	8	890	9,0	1,65	0,65	8	600	8,0	1,55	0,60	6	520	7,5	1,50	0,55	5	430
Jollen	6,0	1,90	0,75	6	450	5,5	1,80	0,70	4	400	5,0	1,65	0,65	4	350	—	—	—	—	—
Dampf- beiboote	10,0	2,45	1,22	—	2740	9,3	2,33	1,21	—	2220	8,25	2,06	1,95	—	1600	7,5	1,91	0,83	—	1100

Was die Beanspruchungen der Boote, wenn dieselben im belasteten Zustande im Wasser schwimmen, betrifft, so sind dieselben, soweit sie vom Auftrieb des Wassers und dem Gewicht des Bootes inclusive Ladung herühren, nur gering, jedenfalls sind dieselben durch eine zweckmässige Vertheilung der Ladung stets nahe genug an die Grenze Null zu bringen, indem man dafür sorgt, dass der an dem Boot pro Längeneinheit der Länge und Breite angreifende Auftrieb des Wassers gleich dem Gewichte des Boots inclusive Ladung pro Längeneinheit in den angegebenen Richtungen ist oder dass dieser Zustand wenigstens annähernd erreicht wird. Ein schwimmen-

Die Beanspruchung der Boote im schwimmenden Zustande.

Die Beanspruchung der Boote beim Aus- und Einsetzen.

des Boot würde daher, abgesehen von etwaigen anderweitigen Beanspruchungen mit minimalen Materialstärken, soweit sie nur die Wasserdichtigkeit des Bootskörpers gewährleisten, herstellbar sein, was z. B. durch die aus Segeltuch hergestellten Boote documentirt wird. Beim Aus- und Einsetzen der Boote vom Schiffe aus tritt jedoch an die Stelle des Auftriebs des Wassers die Spannung in den Heisstaljen, von denen jede bei symmetrischer Anordnung die Hälfte des Bootsgewichts zu tragen hat. Diese Spannungen sind als auf zwei Punkten an den Enden des Boots concentrirte Kräfte zu betrachten und beanspruchen das Boot so ungünstig wie möglich. Sie erzeugen ein in der Nähe der Mitte des Boots gelegenes Maximalbiegungsmoment, in den oberen Längsverbandstücken Druckspannungen, in den unteren Längsverbandstücken Zugspannungen. Letzterer Umstand ist deswegen besonders ungünstig, weil dadurch etwa vorhandene Querfugen erweitert und die Wasserdichtigkeit des Boots beeinträchtigt wird. Die beim Aus- und Einsetzen der Boote dieselben beanspruchenden Kräfte, welche dadurch, dass sie bei diesem Manoeuver häufig unvermeidlicher Weise stossartig wirken, noch besonders an Intensität gewinnen, sind also diejenigen, welche für die Bestimmung der Abmessungen der Verbandstücke massgebend sind. Die unter dieser Voraussetzung und mit Rücksicht auf solche Beanspruchungen, welche etwa durch den besonderen Zweck des Boots sich ergeben, durch Rechnung und Erfahrung gewonnenen Dimensionen sämtlicher Verbandstücke eines Boots, sowie die Art des Materials sind für sämtliche Bootsgattungen und deren einzelne Classen in Tabellen zusammengestellt, welche die Bauvorschrift vertreten und nach denen gebaut wird. Die genaue Innehaltung der vorgeschriebenen Maasse gewährleistet das in der vorstehenden Tabelle angegebene Maximalgewicht des Bootskörpers, wenn man ausserdem die für jede Bootsgattung vorgeschriebene Baumethode befolgt.

Die im Bootsbau üblichen Methoden sind im Allgemeinen von dreierlei Art, nämlich der sogenannte Karweelbau, der Klinkerbau und der Diagonalbau. In unserer Marine sind jedoch nur die beiden zuletzt genannten Methoden im Gebrauch resp. vorgeschrieben und zwar der Klinkerbau für die Kutter, Gigs und Jollen, der Diagonalbau für die Barkassen, Pinassen und Dampfbeiboote.

Der Karweelbau.

Der Karweelbau setzt qualitativ dieselben Verbandstücke wie ein grösseres Schiff in analoger Anordnung voraus, selbstverständlich mit solchen Vereinfachungen, wie sie durch die Einfachheit des Bauobjects geboten erscheinen. Der Kiel besteht aus einer auf hohe Kante gestellten eichenen Planke, welche, soweit er äusserlich vor dem eigentlichen Bootskörper vorsteht, einen trapezförmigen Querschnitt hat. Mit ihm sind die Steven in ähnlicher Weise, wie bei einem grösseren Schiffe verbunden, d. h. der Vorsteven mit einer geeigneten Laschung, der Hintersteven mittelst Zapfen, beide durch ein innen liegendes Knie verstärkt. In zum Kiel senkrechten

Ebenen befinden sich die Spanten, aus Bodenwrange und Auflanger bestehend, derart, dass die letzteren vor, die ersteren hinter der Malkante liegen und gegenseitig soweit übereinander greifen, dass sie mittelst längsschiffs geschlagener Spantbolzen verbunden werden können. Spanten und Kiel werden, um eine gegenseitige Verschiebung längsschiffs und querschiffs zu verhindern, über einander gekämmt, d. h. im Spant befindet sich ein genau passender Ausschnitt für den Kiel, in letzterem ein solcher für das Spant. Die unlösbare Verbindung der einzelnen Spanten mit dem Kiel erfolgt durch kleine Klinkbolzen. Die Distanz der Spanten beträgt 300—400 mm.

Von einem mit Hilfe von Kantspanten gebildeten, hinter dem Hintersteven ausladenden Heck ist allerdings auch bei Karweelbooten nicht die Rede. Die hintere Begrenzung eines Boots wird vielmehr fast stets durch eine an der Hinterkante des Stevens durchgelegte Querebene gebildet, welche an dessen geringer Neigung nach hinten Theil nimmt. Die entsprechende Schnittfigur dieser Ebene mit der Aussenkante der Planken heisst der Spiegel des Boots. In baulicher Beziehung besteht der Spiegel aus einem entsprechend geformten etwas dickeren Brett, dessen Oberkante eine convexe Curve bildet. Dasselbe ist um seine Dicke in den oberen Theil des Hinterstevens eingelassen und mit demselben mittelst längsschiffs geschlagener Bolzen verbunden. Der Kiel, die Steven und die seitliche Begrenzung des Spiegels erhalten Sponungen für die Beplankung.

Der Spiegel.

Diese wird wie bei einem grösseren Holzschiffe an den Sponungen und Spanten befestigt, derart, dass sie im Querschnitt Kant auf Kant stehend erscheinen, welch' letzteres den wesentlichsten Unterschied gegenüber den anderen Bootsbaumethoden bildet. Die entstehenden Fugen bedürfen daher behufs Erzielung der Wasserdichtigkeit der Abdichtung, was wiederum eine grössere Dicke der Planken voraussetzt. Das Vorhandensein von Dichtungsmaterial in den Fugen lässt ferner keine Verbindung zweier benachbarten Planken zu; diese erfolgt vielmehr erst indirect durch die Befestigung an den Spanten, die aus diesem Grunde ebenfalls eine erhöhte Materialstärke besitzen müssen. Dies ist die Hauptursache, weshalb Karweelboote schwerer ausfallen, als die nach den anderen Methoden erbauten Boote. Uebrigens ist es gerade bei Karweelbooten nothwendig, dass jeder Plankengang wenigstens unter Wasser aus nur einer Länge besteht, um bei den während des Aus- und Einsetzens in den unteren Plankengängen eintretenden Beanspruchungen auf Zug die Stossfuge zu vermeiden, welche dabei jedenfalls undicht werden würde. Das dem Schandeckel eines grösseren Schiffes entsprechende Längsverbandstück eines Karweelbootes wird Dollbord genannt, weil es unter anderem den Zweck erfüllt, den Ruderdollen, zwischen denen sich die Auf- lagestellen für die Riemen befinden, Gelegenheit zur Befestigung zu gewähren. Der Dollbord erstreckt sich womöglich in einer Länge auf jeder Seite des Boots vom Spiegel bis zum Vorsteven und ist mit ersterem durch kleine horizontal liegende Knie aus Holz oder Eisen, mit letzterem durch ein Bug-

Die Beplankung.

Dollbord.

band aus Eisen verbunden. Derselbe nimmt ferner die oberen, mit Zapfen versehenen Enden sämtlicher Spanten auf, die ihn entweder nur zum Theil oder vollständig durchdringen. In letzterem Falle kommt behufs Herstellung eines Verschlusses der Zapfenlöcher eine Art Schandeckel zur Anwendung, der, flach auf dem Dollbord liegend, mit demselben durch Spieker oder Holzschrauben verbunden ist. Der Dollbord besitzt im Uebrigen eine solche Breite, dass er den obersten Plankengang der Aussenhaut mit bedeckt und an der Innenseite der Spanten noch um einige cm vorsteht; oder aber die Unterkante des Dollbords liegt etwas tiefer als die Oberkante dieses Plankenganges und die Breite desselben ist entsprechend geringer, so, dass der oberste Plankengang im Dollbord eine Sponung bekommt, welch' letzteres eine bessere Befestigung gestattet.

Um die Höhe des Boots über Wasser zu vergrössern, damit dasselbe beim Segeln weiter überliegen kann, ohne Wasser zu schöpfen, bringt man auf dem Dollbord noch den Setzbord an. Dieser findet seine Befestigung an den in diesem Falle stärker gearbeiteten Ruderdollen, oder er steht eventuell direct auf dem obersten Plankengang, was für den Dollbord eine um die Dicke des Setzbords verringerte Breite voraussetzt. Zum Verschluss der zwischen den Ruderdollen frei bleibenden Oeffnungen für die Riemen oder der Ruderpforten bedient man sich bei vorhandenem Setzbord kleiner, schwalbenschwanzartig eingepasster Schieber aus Holz, während die Ruderdollen einen entsprechenden Beschlag aus Bronze erhalten, der mit Rücksicht auf die runden Querschnitte der Riemen eine unten abgerundete Form, sowie durchweg sauber abgerundete Kanten bekommt.

Die im Inneren des Boots liegenden Verbandstücke beschränken sich auf ein flach auf den Bodenwrangen liegendes, aus einer eichenen Planke bestehendes Kielschwein und auf den sogenannten Duchtweger, welcher die Stelle des Balkwegers eines grösseren Schiffes vertritt. Das Kielschwein ist lösbar mit dem Bootskörper verbunden, um den Boden des Boots reinigen und unter Farbe halten zu können. Zu seiner Befestigung dienen eine Anzahl in die Bodenwrangen geschlagener eiserner Krampen, denen in gleichen Distanzen ovale Löcher in der Kielschweinplanke entsprechen; letztere wird über die Krampen gestreift und der Schluss durch auf der oberen Seite des Kielschweins in jene gesteckte Pflöcke bewirkt. Der Duchtweger dient den Duchten oder Bänken für die rudernden Leute als Auflage. Er erstreckt sich in Form einer eichenen Planke auf hoher Kant durch die ganze Länge des Boots und besteht nur aus einem Stück; seine Verbindung mit dem Bootskörper erfolgt durch Bolzen, welche die Spanten und Aussenhaut durchdringen. Die Höhenlage des Duchtwegers ist abhängig von der Entfernung der Oberkante Ducht bis zur Auflagestelle der Riemen, vertikal gemessen. Erfahrungsmässig beträgt diese Entfernung 230—240 mm. Was die Entfernung der Hinterkante Ducht von der Auflagestelle der Riemen, horizontal gemessen, betrifft, so ist dieselbe ebenfalls für ein bequemes Handhaben der Riemen von Be-

deutung und hat die Erfahrung für dieses Maass 260—275 mm. ergeben, während die Entfernung von Mitte bis Mitte Ducht bei Gigs und Jollen 800, bei Barkassen, Pinassen und Kuttern, d. h. den doppeltrudrigen Booten 840 mm. beträgt. Die Breite der Duchten variiert zwischen 210 und 185 mm.; ihre Anzahl ist abhängig von der Anzahl Riemen, welche das Boot führen soll und ihre Anordnung insofern durch den Segelriss bestimmt, als die Masten eines Bootes stets an der Vorkante resp. Achterkante von gewissen Duchten, den Segelduchten, zu stehen kommen. Ist die Entfernung der Oberkante Ducht vom Boden des Boots grösser als 400 mm., so werden in dieser Entfernung Fussleisten für die rudern den Leute angebracht; ausserdem befinden sich im Boden zu jeder Seite des Kielschweins eine Art weitmaschiger Grätting, gebildet aus zwei bis drei längsschiffs verlaufenden und sich der Innenfläche der Spanten anschmiegender dünner Bretter und darunter befindlichen Querleisten, welche zwischen die Spanten fallend und an deren Vor- resp. Achterkante liegend, eine Verschiebung des Ganzen in der Richtung der Länge verhindern. Diese Einrichtung bildet den eigentlichen Fussboden des Boots zur Schonung der Spanten und der Aussenhaut und verhindert eine concentrirte Belastung desselben. Um auf die Duchten zurückzukommen, so unterscheidet man lose und feste Duchten. Erstere können aus dem Boot herausgenommen werden, wenn an Bord eines Schiffes die Aufstellung der Boote nur in der Weise ausführbar ist, dass ein kleineres in ein grösseres gestellt werden muss. Beide Arten von Duchten liegen mit ihren Enden in einer entsprechenden Vertiefung des Duchtwegers und sind die festen mit Hilfe von hölzernen oder eisernen kleinen Knieen in dem Winkel zwischen Oberkante Ducht und der seitlichen Begrenzung des Boots mit letzterem permanent verbunden, während die losen durch an ihrer Unterkante befindliche Beschläge aus verzinktem Eisen, die zwei Oesen am Duchtweger und zwei Zapfen an der Ducht darstellen, den durch die Duchten nach Art der Decksbalken eines grösseren Schiffes gebildeten Querverband liefern. Ein zwischen Oberkante Ducht und Unterkante Dollbord eingepasstes Stück Holz, dessen Länge gleich der Breite der Ducht ist, das Duchtenschloss, fixirt die Enden auch der losen Duchten gegen eine Bewegung nach oben. In der Mitte erhält jede Ducht eine auf dem Kielschwein in einer Spur stehende kleine Stütze aus Holz. Ausser den Duchten sind hinter der letzten Ducht im hinteren Theile des Boots auf jeder Seite eine längsschiffs verlaufende Sitzbank und in einiger Entfernung vor dem Spiegel ein Quersitz mit Rückenbrett vorhanden. Im Bereiche dieser Bänke wird der Fussboden durch eine sauber gearbeitete Grätting gebildet; eine ähnliche Grätting füllt den Raum von der vordersten Ducht bis zur Spitze des Boots in der Höhe der Duchten aus.

Die
Segelduchten.

Nach der vorstehenden, eingehender gehaltenen Beschreibung der Der Klinkerbau. Karweelbauweise bedarf es für die Klinker gebauten Boote nur noch der Hervorhebung des charakteristischen Unterschieds jenen gegenüber. Kiel,

Steven, Spiegel, Dollbord, Setzbord, Duchtweger, Kielschwein und Duchten sind nämlich fast genau ebenso beschaffen wie bei Karweelbooten, abgesehen von solchen Abweichungen, wie sie auch von einem Karweelboot zum anderen vorkommen und gestattet sind. Der fragliche Unterschied liegt nur in der Beplankung und in den Spanten, indem die einzelnen Gänge nicht Kant auf Kant stehend aufeinander folgen, sondern so, dass der nächst äussere oder höhere den vorhergehenden überlappt, d. h. um so viel über denselben übergreift, dass die beiden benachbarten Gänge durch Nietung oder, wie der Ausdruck der Bootsbauer lautet, durch Klinkung mit einander verbunden werden können. Die zur Anwendung kommenden Nieten sind aus Kupfer gefertigt; sie heissen bei den Bootbauern Gatnägel und stellen vor dem Gebrauch Nägel von quadratischem Querschnitt dar, deren Länge etwas grösser ist, als die Summe der Holzdicken, welche sie verbinden sollen. Nachdem sie von aussen her geschlagen, wird auf der inneren Seite der Beplankung eine kleine als Klingring fungirende Kupferscheibe übergestreift, die Spitze des Nagels abgekniffen, und bei gleichzeitigem Vorhalten von aussen ein Kopf angenietet. Als Dichtungsmaterial wird zwischen den Fugen der Planken getheertes Papier, Leinwand oder Bootsilz verwendet. In der Nähe der Steven- und Spiegelsponungen wird die untere Planke auf der Breite der Ueberlappung nach und nach dünner gearbeitet, bis sie in der Sponung selbst zur Dicke Null ausläuft. Man bezweckt dadurch ein ununterbrochenes Anliegen der Plankenenden in den genannten Sponungen. Auf den Spanten liegen die einzelnen Plankengänge nämlich nur mit ihrer oberen Kante an, sodass zwischen der Planke und dem Spant ein im Querschnitt dreieckig erscheinender Raum freibleibt. Berücksichtigt man demnächst, dass jeder Plankengang nur aus einer Länge besteht, so ergibt sich, dass durch die directe Verbindung der Plankengänge unter einander dem Boot eine Festigkeit erwächst, welche der eines eisernen Schiffes analog ist, bei welchem die benachbarten Plattengänge ebenfalls an ihren Längskanten mit einander verbunden sind und wo die Aussenhaut als Ganzes ihren Beitrag zum Widerstandsmoment gegen die äusseren Kräfte liefert. Wären bei einem Boote n Plankengänge auf einer Seite vorhanden, so würde der Beitrag zum Widerstandsmoment bei Karweelbooten $2n$ mal so gross sein als derjenige eines Ganges, allerdings abgesehen von der Verbindung der Planken mit dem Spanten; beim Klinkerboot dagegen $2n^2$ mal so gross und zwar ebenfalls ohne Rücksicht auf die Verbindung mit den Spanten. Sollen beide Boote gleich widerstandsfähig sein, so würden für das Klinkerboot Planken genügen, deren Dicke nur $\frac{1}{n}$ der Dicke des Karweelbootes betrüge oder umgekehrt die Planken des Karweelbootes würden soviel mal dicker, als die des Klinkerboots sein müssen, als die Anzahl der Gänge beträgt, in welche der seitliche Theil der Beplankung zerlegt erscheint. Die Praxis berücksichtigt diese für das Klinkerboot so günstigen

Verhältnisse, indem sie dessen Planken nur halb so dick macht, als diejenigen eines gleichwerthigen Karweelbootes. Es ist ferner klar, dass ein Klinkerboot unter diesen Umständen mit Spanten von wesentlich geringeren Abmessungen auskommt; in der That fallen diese so gering aus, dass sie, nachdem die Aussenhaut mit Hilfe von Leerspanten, die die Form des Boots fixirten, fertig gemacht worden ist, nachträglich in dasselbe hineingebogen werden können, um erst jetzt mit der Aussenhaut vernietet zu werden. Die auf solche Weise erreichte Gewichtsersparniss ist einer der Gründe, weshalb Karweelboote in unserer Marine nicht zur Einführung gelangt sind, obgleich sie sowohl bei der ersten Anschaffung, als auch gelegentlich der Reparaturen billiger sind als Klinkerboote.

Auch bei den Diagonalbooten sind Kiel, Steven, Spiegel, Dollbord Der Diagonalbau. etc. analog den entsprechenden Theilen eines Karweelbootes und die Abweichungen beschränken sich wiederum nur auf die Aussenhaut und Spanten. Die Aussenhaut besteht nämlich hier aus zwei Lagen Planken, die sich ungefähr rechtwinklig kreuzen und unter circa 45° gegen den Horizont geneigt erscheinen. Boote dieser Art besitzen den Vorzug grösserer Festigkeit in noch höherem Grade als die Klinkerboote den Karweelbooten gegenüber und die betreffende Baumethode kommt daher bei den grösseren Bootsgattungen, Barkassen und Pinassen, sowie bei den schweren, den Dampfboiten, zur Anwendung. Die Summe der Dicken beider Plankenlagen ist kleiner, als die einfache Dicke eines gleichgrossen Karweelbootes und grösser als die eines Klinkerboots, so dass das Gewicht der Diagonalboote zwischen beiden liegen wird. Zwischen den Plankenlagen kommt wiederum getheertes Papier, Leinwand oder Bootsilz zur Anwendung und die Verbindung beider Lagen erfolgt, wie bei Klinkerbooten, durch zahlreiche kupferne Niete. Wegen der hohen, durch die Aussenhaut gelieferten Festigkeit beschränken sich die Spanten auf blosse Bodenwrangen, die ebenfalls nach der Fertigstellung der Aussenhaut über Leerspanten nachträglich eingepasst werden. Uebrigens haben Diagonalboote und bis zu einem gewissen Grade auch Klinkerboote den Karweelbooten gegenüber noch den Vortheil, dass sie weniger durch Eintrocknen leiden, daher trotz längerem Nichtgebrauch besser wasserdicht bleiben, wodurch der Vortheil der grösseren Billigkeit der Karweelboote reichlich compensirt wird.

Es ist bei den Diagonalbooten keineswegs absolut nothwendig, dass die beiden Plankenlagen sich gerade rechtwinkelig kreuzen, was mit Rücksicht auf die Form des Boots auch nicht an allen Stellen durchführbar ist. Es genügt z. B. auch, wenn nur die innere Lage unter ungefähr 45° zum Horizont verläuft, während die äussere Lage aus längsschiffs karweelartig verlaufenden Planken besteht; oder wenn das nicht genügen sollte und ein grösseres Gewicht des Boots mit Rücksicht auf eine erhöhte Festigkeit in den Kauf genommen werden muss, so combinirt man auch zwei Diagonallagen mit einer äusseren Karweellage und sichert dem Boot dadurch

Die Dampf-
beiboote.

ein Maximum von Festigkeit. In dieser Weise werden die Dampfbeiboote hergestellt. Bei denselben fallen im Bereiche von Maschinen und Kessel die Duchten und damit der durch dieselben gebildete Querverband fort, so dass auch aus diesem Grunde eine erhöhte Festigkeit in der Aussenhaut am Platze ist. Ausserdem werden in den für Maschine und Kessel nothwendigen Fundamenthölzern, in den seitlich vom Kessel und der Maschine vorhandenen Kohlenbunkern und Luftkasten, sowie durch ein oder mehrere Querschotten genügende Compensationen geliefert. Jene seitlichen Luftkasten, zu denen sich noch solche an den sonst doch wenig ausnutzbaren Enden des Boots gesellen, werden, soweit ihre Wandungen nicht durch die Aussenhaut selbst gebildet werden, ebenfalls aus doppelten Plankenlagen wasserdicht hergestellt. Sie erfüllen ihren Zweck, das vollständig voll Wasser geschlagene Boot vor dem Sinken zu bewahren, wenn das von ihnen eventuell verdrängte Wasser plus dem vom Material des Bootskörpers verdrängten ebenso viel wiegt, als das ganze Boot inclusive Belastung. Letztere ist demnach in diesem Sinne vom Volumen der Luftkasten abhängig. In neuerer Zeit vergrössert man die Seefähigkeit der Dampfbeiboote übrigens dadurch, dass man die seitlichen Luftkasten in ihrer oberen Begrenzung nicht rund, sondern flach herstellt und ausserdem den Raum für Maschine und Kessel mit einem relativ sehr hohen Luksüll umgiebt, so dass ein theilweise gedecktes Boot entsteht.

Die Boots-
beschläge.

Die Bootsbeschläge spielen bei allen drei Baumethoden eine gleich wichtige Rolle, sei es als Verstärkungsmittel oder um gewissen Zwecken zu entsprechen. Das Material derselben besteht in dem Falle, dass Rostbildung absolut vermieden werden soll oder wenn die Herstellung durch Guss geboten ist, aus Bronze, sonst im Allgemeinen aus verzinktem Schmiedeeisen. Einzelne Beschläge sind im Vorstehenden bereits erwähnt worden, die übrigen sind folgende: Die Vorstevenschiene, zum Schutze der Vorkante des Stevens und des vorderen Endes des Kiels, mit ihrem oberen Theile auch den Kopf des Stevens umfassend. Die Stevenschwalben, zur Verstärkung der Laschung zwischen Kiel und Steven auf beiden Seiten dieser Verbandstücke in das Holz eingelassen, von doppelschwalbenschwanzartiger Form, durch Klinkbolzen befestigt. Die Ruderfinger und Oesen, bei ersteren die Finger sehr lang, sonst analog zu den entsprechenden Theilen eines grösseren Schiffs. Die Rundholzgabeln zur Unterbringung der Rundhölzer; ferner eiserne Ruderrollen und Rudergabeln. Die Beschläge für die Takelage, wie Bugsprietbrille, Püttingschienen, Augbolzen, Klampen, Leuwagen etc. Bei Dampfbeihooten das bröncene Verbindungsstück der unteren Enden von Schrauben und Ruderstegen und die Bügel für das Spritzwasser- und Regensegel. Besonderer Hervorhebung bedürfen endlich die Heissbolzen, als den wichtigsten von allen Beschlägen. Sie sind bei den leichteren Booten, also Gig und Jolle, in zwei Exemplaren vorhanden und stellen Ringbolzen dar, von denen der eine durch das obere Ende des Vorstevens,

Die Heissbolzen.

der andere durch den Hinterstevan und den Spiegel und zwar von innen nach aussen geschlagen sind, während sie aussen auf einer kräftigen, als Klinkring fungirenden, eisernen Unterlagscheibe vernietet sind. In die beiden Ringe werden die Haken der Blöcke der Bootstaljen gehakt. Bei den schwereren Booten sind ausser den durch die Steven geschlagenen noch zwei durch den Kiel geschlagene Ringbolzen vorhanden, die auf eisernen Scheiben an der Unterkante-Kiel vernietet sind. In diesem Falle sind die Ringe der Heissbolzen an jedem Ende des Boots durch je einen aus einer kurzen Kette gebildeten Heisstropp verbunden. Eine der Kettenschaken ist alsdann durch einen Ring ersetzt, in welchen die Bootstalje eingehakt wird. Die Länge des Heisstropps wird so bemessen und der Ring befindet sich an einer solchen Stelle desselben, dass der eine Theil der Kette fast vertikal, der andere fast horizontal gerichtet ist, so dass der Haupttheil der Belastung auf die Bolzen durch den Kiel kommt. Ergiebt sich der Durchmesser der durch den Kiel geschlagenen Bolzen grösser, als mit einer entsprechenden Schwächung des Kiels durch die für jene gebohrten Oeffnungen verträglich ist, so ist es nothwendig, statt eines dicken Bolzens durch den Kiel mehrere von geringerem Durchmesser und auf eine gewisse Länge vertheilte Bolzen anzuwenden. Das Auge für den Ring befindet sich in diesem Falle auf einer kurzen Schiene angeschweisst, welche mit einer unter dem Kiel befindlichen gleiche Länge hat; beide sind mit correspondirenden, conischen Oeffnungen zur Aufnahme der Köpfe der eigentlichen Bolzen versehen. Bei den schwersten Dampfbooten genügt auch das nicht mehr; bei ihnen sind zum Einhaken der mit ihrer Ebene querschiffs stehenden Heisstropfen im Bug und Heck an der Bordwand geeignete Beschläge vorhanden, welche ein oberhalb des Dollbords hervorragendes Auge aufweisen, welches den Ausläufer von zwei längeren, eisernen Schienen bildet, die nach unten divergirend sich der Aussenhaut anschmiegen, mit welcher sie verbolzt sind.

Da die Stabilität von Booten eine relativ nur geringe ist, und die Boote ausserdem ungedeckt, mithin dem Vollschiessen ausgesetzt sind, da sie ferner eine verhältnissmässig kleine Bordhöhe haben, welche einen grösseren Neigungswinkel unter Segel ausschliesst, so ist klar, dass das Segelvermögen von Booten mit Rücksicht auf diese einschränkende Verhältnisse eine nur untergeordnete Bedeutung beanspruchen kann. Die Gesamtsegelfläche fällt daher nur klein aus, und ihr Schwerpunkt liegt in nur geringer Höhe über Wasser und ziemlich weit hinter der Mitte, um das Boot bei böigem Winde schnell in den Wind bekommen zu können. Bezeichnet man den Flächeninhalt der Gesamtsegelfläche mit S und den Flächeninhalt der oberen Wasserlinie mit F_0 , so erhält man, wenn für die verschiedenen Bootsgattungen F_0 gegeben ist, für die Praxis brauchbare Werthe von S , wenn das Verhältniss $S:F_0$ folgender Tabelle entnommen wird.

Die Bootstakelage.

Verhältniss	Barkasse	Pinasse	Kutter	Gig	Jolle
$\frac{S}{F_0}$	3 bis 3,25	2,8 bis 3	2,9	2	1,82

Der Schwerpunkt der Segelfläche fällt nicht zu hoch, wenn dieselbe, ausgenommen bei Gigs und Jollen, welche nur einen Mast bekommen, auf mehrere Masten vertheilt wird, derart, dass an jedem ein Segel an einer auf $\frac{1}{3}$ ihrer Länge angeschlagenen und entsprechend gegikten Raa geführt wird; ausser den Raasegeln ist jedoch bei Barkassen, Pinassen und Kuttern noch ein Klüver vorhanden. Um endlich den Schwerpunkt der Segelfläche weit genug nach hinten zu bekommen, erhält der hinterste Mast seine Stellung unmittelbar vor dem Spiegel, so dass die Schoot des an ihm geführten Segels mit Hilfe eines Baums ausgebracht werden muss.

Eine Bootstakelage dieser Art entspricht auch in anderer Beziehung den an dieselbe bei Marinebooten zu stellenden Anforderungen, z. B. der des schnellen Aufbringens und Streichens, des bequemen Verstauens in den Rundholzgabeln und einer möglichst geringen Behinderung der Manoeuver im Boot.

Sämmtliche Abmessungen der Bootstakelage unserer Marine sind ebenfalls in Form von Tabellen zusammengestellt, welche bei deren Anfertigung maassgebend sind und als Bauvorschriften dienen.

Die Aufstellung der Boote an Bord; das Ein- und Aussetzen derselben.

Die Unterbringung der Boote an Bord eines Schiffes hat so zu erfolgen, dass sie im Gebrauchsfalle schnell und sicher zu Wasser gebracht werden können, ohne dabei, wenn das Schiff in See ist, bei schlechtem Wetter gefährdet zu sein. Gleichzeitig müssen die Stellen für die Boote so gewählt werden, dass sie bei keinem der auf dem Oberdeck stattfindenden Manoeuver, speciell nicht der Bedienung der Geschütze im Wege sind und dass sie endlich beim Schiessen nicht durch die Pulvergase der Geschütze des Schiffes beschädigt werden können. Mit Bezug auf das leicht zu Wasser bringen werden zunächst diejenigen Boote berücksichtigt, welche am meisten gebraucht werden; da dies gleichzeitig die weniger schweren sind, so erhalten sie ihre permanente Station in sogenannten Davits und zwar bei hochbordigen Schiffen in festen, bei kleineren Schiffen von geringerer Bordhöhe in drehbaren Davits, sodass die Boote binnenbords genommen werden können, um sie aus dem Bereiche des Seegangs zu bringen. Letzteres kann eventuell auch dadurch bewirkt werden, dass die Davits um ihren Fusspunkt in der Querschiffsebene drehbar sind und ein hinreichendes Auftoppen gestatten. Die in den Davits hängenden Boote werden auch Seitenboote genannt. Je zwei Davits reichen für ein Boot aus und nur ausnahmsweise hängen zwei Boote an einem Paar Davits oder ein Boot an

Die Bootsdavits.

mehr als zwei Davits. Der Form nach sind die Davits in dem unteren Theil ihrer Länge geradlinig und oben parabolisch gekrümmt, soweit nach aussen gebogen, als dies für ein gutes Freikommen des Boots von der Bordwand des Schiffes erforderlich ist, dabei jedoch auch die Grenze nicht überschreitend, welche für das Festzurren des in den Davits hängenden Boots gegeben ist. Die Davits endigen gewöhnlich in einer Kugel mit vertikaler Durchbohrung für einen Augbolzen zur Aufnahme des oberen Blocks der Bootstalje. An ihren unteren Enden sind die drehbaren Davits mit einem Zapfen versehen, mit welchem sie in einem an Bord befestigten Spurlager stehen; hinreichend weit nach oben, jedoch noch auf dem geradlinigen Theil befindet sich ein aus einem massiven Schmiedestück gefertigtes Halslager, welches durch Nietung mit der Bordwand verbunden ist. Sollte keine Gelegenheit zur Befestigung dieses Halslagers vorhanden sein, wie z. B. an solchen Stellen, an denen sich kein Schanzkleid vorfindet, so fertigt man jenes Spurlager und das Halslager aus einem Stück; beide zusammen stellen dann eine auf Deck befestigte Hülse aus Gusseisen dar, in der das untere geradlinige Ende des Davits steckt. Das Material der Davits der beschriebenen Art ist Schmiedeeisen oder Stahl; sie werden für einen kreisförmigen Querschnitt auf Knickfestigkeit berechnet und erhalten ihre grösste Dicke am Halslager. Die Distanz zweier zusammengehöriger Davits ist gleich derjenigen der durch den Kiel gehenden Heissbolzen des betreffenden Boots. Dass die Davits mit Stagen aus Drahttau, mit einem Verbindungstau der oberen Enden, mit Klampen zum Belegen und Fieren der Taljensäufer etc. versehen sein müssen, bedarf kaum der Erwähnung. Sollen die Davits statt zum Drehen um eine vertikale Achse zum Auftoppen um eine horizontale Achse eingerichtet werden, so wird das untere Ende derselben charnierartig gestaltet, der Querschnitt kann doppel T förmig sein und die oberen Enden werden durch eine Stange verbunden, welche während des Auftoppens auf Druck kommt. Das Auftoppen selbst kann durch Einholen zweier an den Enden der Davits befestigter Drahttaue oder Ketten geschehen, für welche an geeigneten Stellen Leitrollen und Klampen zum Belegen vorhanden sind. Davits dieser Art, jedoch aus Holz gefertigt, befinden sich auf unseren älteren Corvetten querab vom Kreuzmast.

Die schweren Boote, also Barkassen, Pinassen und Dampfbeiboote finden, paarweise in einander gestellt, Unterkunft auf dem Oberdeck des Schiffes und gehen daher häufig unter der Bezeichnung Decksboote. Sie stehen in zwei hölzernen oder eisernen, festen oder wegnehmbaren Bootsklampen, d. h. aus den angegebenen Materialien hergestellten, der Bootsform sich genau anschmiegenden und zur Schonung des Boots mit Leder bekleideten Hohlformen für dessen Boden, von relativ geringer Ausdehnung in der Richtung längsschiffs. Das kleinere, eventuell in dem grösseren stehende Boot erhält in letzterem mit Hilfe von entsprechenden Füllstücken aus Holz seine Abstützung in der Weise, dass sein Gewicht ebenfalls haupt-

Die Boots-
klampen.

Das Aussetzen
der Decksboote.

sächlich auf die äusseren Klampen kommt. Das Aus- und Einsetzen der Decksboote geschieht bei Schiffen mit voller Takelage mittelst zwei Paar schwerer Bootstaljen, von denen die Steerte des einen Paares an den Toppen derjenigen Masten befestigt sind, zwischen denen die Boote stehen, während die des anderen an den Nocken der zugehörigen Unterraen festgemacht sind. Mit Hilfe des einen Paares Taljen werden die Boote so hoch gehoben, dass dieselben mit der Unterkante-Kiel gut frei von der Oberkante der Finkenetzkasten sind, demnächst werden die Nocktaljen steif geholt und die zuerst genannten soweit gefiert, bis das Gewicht des Boots vollständig von den Nocktaljen aufgenommen ist, die dasselbe demnächst zu Wasser fieren. Dass die in Anspruch genommenen Raaen durch besondere, den Topnanten zu Hilfe kommenden Verstärkungen in Form von Taljen zu diesem Manoeuver erst aufgetakelt werden müssen, dass sie ausserdem der jedesmaligen Lage des Boots entsprechend zu brassen sind und dass endlich die an den Masttoppen befestigten Taljen in der Weise geschwichtet werden müssen, dass das Boot nicht auseinander gezogen wird, bedarf wohl nicht der Erwähnung.

Die Aufstellung der Boote in direct auf dem Oberdeck befindlichen Klampen ist allerdings für die Boote selbst sehr zweckmässig, entspricht jedoch den übrigen Bedingungen für eine geeignete Unterbringung derselben nur mangelhaft, besonders weil der von ihnen beanspruchte Raum für andere Manoeuver verloren geht. In dieser Beziehung angestrebte Verbesserungen hatten zunächst zur Folge, dass man die Klampen statt direct auf Deck auf einem Gerüst von entsprechender Höhe aufstellte, wodurch unterhalb des Gerüsts zwischen den Pfeilern eine gewisse Communication ermöglicht wurde und der erste Theil des Manoeuvers, das Freiheben von den Finkenetzkasten, sich wesentlich vereinfachte. Noch vollkommener lässt sich die Einrichtung treffen, wenn der Finkenetzkasten hoch und stark genug ist, resp. sich so verstärken lässt, dass er sich zur Aufnahme der Enden einer Anzahl von regulären Decksbalken eignet, die, von Bord zu Bord reichend, etwa nur in der Mitte noch durch eine Deckstütze getragen werden und die eventuell auch eine Beplankung erhalten können. Der Raum unterhalb der auf diese Weise gebildeten Plattform für die schweren Boote ist dann vollkommen frei und für andere Zwecke disponibel. Auf der Plattform selbst lassen sich die Klampen so mit einander verbinden, dass sie sich mit dem in ihnen stehenden Boot auf geeigneten Unterlagen und unter Anwendung von mechanischen Hilfsmitteln querschiffs verschieben lassen und zwar soweit, dass die Heisstropfen des Boots bequem von den Nocktakeln gefasst werden können oder dass das Boot eventuell mit Hilfe von zu dem Zwecke angebrachten Davits zu Wasser gefiert werden kann. Wird die Plattform für die Boote lediglich für diese reservirt, so gestattet der verfügbare Raum, dieselben statt in einander querschiffs neben einander zu stellen.

Bei Schiffen ohne Takelage ist zum Aussetzen der Boote ein Mast mit Ladebaum, beide aus Schmiedeeisen oder Stahl gefertigt, vorhanden. Obgleich der Mast in diesem Falle auch eine willkommene Gelegenheit bietet, auf einer an seinem Top angebrachten Plattform ein Revolvergeschütz zu installieren, resp. einen electrischen Scheinwerfer anzubringen, sowie an einer kleinen Raa eine Anzahl Flaggenleinen für den Signaldienst zu führen, so ist die Auftakelung desselben doch lediglich mit Rücksicht auf das Aussetzen der Boote bemessen. Er wird seitlich durch Stahldrahtwanten, nach vorn und nach hinten durch Stage aus Drahttau gestützt. Der Ladebaum strebt von einem in einer gewissen Höhe über Deck gelegenen Punkte am Mast gaffelartig aufwärts und hat eine solche Länge, dass sich das andere Ende oberhalb der Mitte des Boots befindet. Er findet mit seinem unteren Ende mit Hilfe eines sowohl eine Drehung um eine vertikale als auch um eine horizontale Achse gestattenden kräftigen Zapfens an einem um den Mast gelsigten, solide befestigten Beschlag mit entsprechenden Oesen für jenen Zapfen, seine Stütze. Das obere Ende dagegen wird durch einen Topnant oder Dirk aus Drahttau von constanter Länge oder, wenn ein Auftoppen erforderlich ist, als Talje geschoren gehalten. Der Läufer zum Heben des Boots besteht für die schwersten derselben aus einem Stahldrahttau, dessen feste Part mittelst Kausche an einem um das Ende des Ladebaums gelegten und mit Augen versehenen Ring befestigt ist. Derselbe passirt zunächst eine lose Rolle von aussen nach innen, welche mit einer kräftig gehaltenen schmiedeeisernen Oese zur Aufnahme der eigentlichen Heissstropfen für das Boot versehen ist; alsdann geht der Läufer über eine in einem Scheibgat am Ende des Baums gelagerte zweite Rolle, demnächst nach einer in erhöhter Position am Mast befestigten dritten Rolle, von wo er nach Deck herunter geführt wird. Eine dort befindliche kleine Dampfmaschine windet denselben auf einer eisernen Trommel auf. Die Verwendung eines Läufers aus Stahldrahttau bedingt übrigens für sämtliche von ihm passirten Rollen einen grossen Durchmesser, z. B. erhält ein Läufer von 11 cm Umfang Rollen von 600 mm Durchmesser.

Ist das Boot durch Aufwinden des Drahttauläufers hoch genug aus seinen Klampen gehoben, so muss der Ladebaum soweit nach derjenigen Seite des Schiffes gebrasst werden, auf welcher das Boot ausgesetzt werden soll, dass letzteres dort aussenbords zu hängen kommt. Dies geschieht durch Einholen einer Talje, deren erster Block in einem der Augen des Ringes am Ende des Ladebaums eingehakt ist, während der andere in einem an einer passenden Stelle des Schiffes, etwa am Hängmattkasten befestigten Auge angreift. Gleichzeitig wird eine symmetrisch auf der anderen Schiffseite angeordnete Talje gefiert, was so zu geschehen hat, dass beide Taljen ungefähr gleich steif bleiben und stossweise Bewegungen vermieden werden. Befindet sich das Boot mit seiner Symmetrieebene parallel zu derjenigen des Schiffes und soweit zur Seite, als die Länge des Ladebaums dieses zu-

Ansetzen der
Decksboote
mittelst Lade-
baum.

lässt, d. h. möglichst weit von der Bordwand, so werden die Brasstäljläufer belegt und demnächst der Drahttauläufer gefiert, eine Operation, bei welcher ebenfalls stossweise Bewegungen vermieden werden müssen, da diese die einzelnen Theile der Bootsaussetzvorrichtung über die Grenze derjenigen Spannungen hinaus beanspruchen, welche bei einer gleichförmigen Bewegung auftreten, so dass eventuell ein Bruch eintreten kann.

II. Theil.

Der theoretische Schiffbau.

XI. Capitel.

Hülfsätze aus der Hydrostatik.

Wir setzen bei den folgenden Betrachtungen zunächst eine ruhende d. h. im Gleichgewichtszustande befindliche, grössere Wassermenge voraus, deren Oberfläche von einer horizontalen Ebene gebildet wird. Von dieser Wassermenge isoliren wir in Gedanken eine vertikale Wassersäule vom constanten Querschnitt a , die sich von der Oberfläche des Wassers bis zu der Tiefe z erstreckt und am unteren Ende durch eine horizontale Ebene begrenzt wird, deren Flächeninhalt ebenfalls a ist. Der Gleichgewichtszustand wird alsdann in keiner Weise gestört, wenn wir uns die, diese Wassersäule umgebende Wassermenge zu einem festen Körper erstarrt denken, der somit das Gefäss für den flüssig verbleibenden Theil bildet. Der Druck, den die untere horizontale Endfläche dieses Gefässes von oben her auszuhalten hat, ist gleich dem Gewichte der Wassersäule, d. h.

$$z \cdot a \cdot \gamma,$$

unter γ das Gewicht der Volumeneinheit Wasser verstanden. Setzen wir $\gamma = 1$ und drücken wir z in cm, a in \square cm aus, so ist dieser Druck

$$z \cdot a \text{ grammes.}$$

Denken wir uns demnächst die, unsere Wassersäule umgebende Wassermenge wieder flüssig, so erkennt man, dass der vorher von dem Boden des Gefässes aufgenommene Druck nunmehr von der Flüssigkeit unterhalb der Endfläche unserer Wassersäule aufgenommen werden muss, mit anderen Worten die Endfläche unserer Wassersäule erleidet von oben den Vertikaldruck $z \cdot a$ grammes und von unten her den Reaktionsdruck $z \cdot a$ grammes, der behufs Aufrechthaltung des Gleichgewichtszustands ebenfalls vertikal sein muss. — Nehmen wir weiter an, die untere Endfläche unserer Flüssigkeitssäule bilde mit der horizontalen den Winkel α und habe einen Flächeninhalt von $a' \square$ cm, so wird für den Fall, dass der Schwerpunkt der Endfläche ebenfalls die Entfernung z von der Oberfläche des Wassers hat, der

Vertikaldruck von oben her auf dieselbe $z \cdot a$ und der Reactionsdruck von unten her ebenfalls $z \cdot a$ sein. Da jedoch die geneigte Endfläche einen grösseren Flächeninhalt hat als die horizontale, so wird die Intensität des Reactionsdruckes pro Flächeneinheit der geneigten Endfläche kleiner sein müssen, als der Druck pro Flächeneinheit der horizontalen Endfläche. Sie ergibt sich zu

$$\frac{z \cdot a}{a'} \text{ oder da } \frac{a}{a'} = \cos \alpha, \text{ zu } z \cdot \cos \alpha.$$

Betrachten wir die Intensität des Vertikaldrucks von unten her pro Flächeneinheit der geneigten Endfläche als die vertikale Componente eines normal zur Endfläche gerichteten Druckes pro Flächeneinheit, den wir mit x bezeichnen wollen, so ist

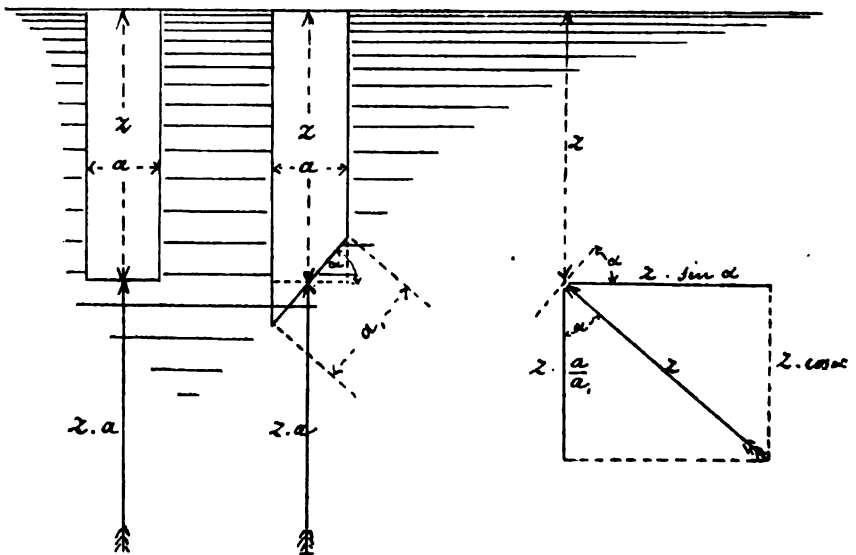
$$\frac{z \cdot \cos \alpha}{x} = \cos \alpha$$

oder

$$z = x,$$

d. h. der Normaldruck pro Flächeneinheit einer in der Entfernung z unter Wasser befindlichen Ebene von geringer Ausdehnung, welche mit der

Fig. 67.



horizontalen den Winkel α bildet, ist unabhängig von der Grösse dieses Winkels oder, wenn man sich die Flächeneinheit auf einem Punkt zusammengeschrumpft denkt, der Druck in einem Punkte, welcher sich in der Entfernung z unter Wasser befindet, ist nur abhängig von z und im übrigen nach jeder Richtung hin derselbe. Die Grösse des Vertikaldrucks pro Flächeneinheit der geneigten Endfläche, $z \cdot \cos \alpha$ als Componente des Normaldrucks z bedingt jedoch ausserdem die horizontale Componente $z \cdot \sin \alpha$ pro Flächeneinheit jener geneigten Endfläche. Fig. 67.

Denkt man sich unsere Flüssigkeitssäule statt mit Wasser mit einem beliebigen anderen Stoffe gefüllt oder zum Theil gefüllt, jedoch so, dass dasselbe äussere Volumen gewahrt bleibt, so wird das Gleichgewicht auch dann nicht gestört, wenn das Gewicht des zur Anwendung kommenden Materials $z \cdot a$ grammes bleibt. Dies würde z. B. für ein homogenes Material der Fall sein, dessen specifisches Gewicht ebenfalls gleich der Einheit wäre; ein solches würde die Flüssigkeitssäule gerade ausfüllen. Bei einem Material von geringerem specifischen Gewicht als der Einheit würde das Gewicht von $z \cdot a$ gr. nur dadurch herzustellen sein, dass man eine Säule aus demselben machte, deren Länge z_1 grösser ist als z , derart dass

$$z_1 \cdot a \cdot \gamma_1 = z \cdot a \cdot 1,$$

unter γ_1 das specifische Gewicht des Materials verstanden. Eine solche Säule würde um die Strecke $z_1 - z$ über der Oberfläche des Wassers hervorragen. Wäre endlich das Material von grösserem specifischem Gewichte, so würde eine homogene Säule aus demselben vom Querschnitt a und der Länge z ein grösseres Gewicht als $z \cdot a$ grammes bekommen, und der Gleichgewichtszustand dadurch herzustellen sein, dass man aus der Säule so viel Material herausnähme, bis das verbleibende Gewicht die gewünschte Grösse hat.

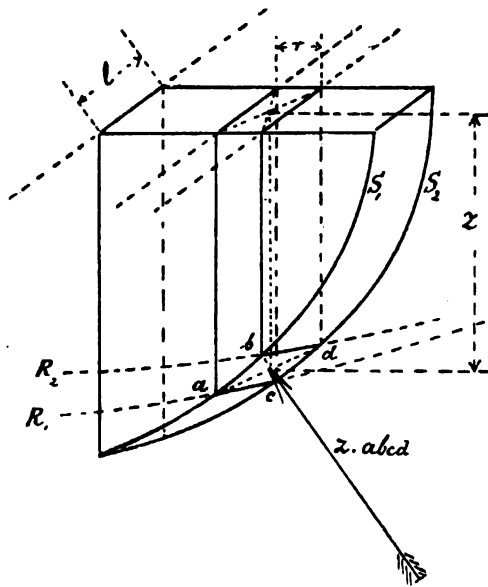
Nach vorstehenden einleitenden Betrachtungen wollen wir zur Untersuchung der Druckkräfte übergehen, welche auf ein im Ruhezustande schwimmendes Schiff von Seiten des umgebenden Wassers ausgeübt werden. Der Druck auf ein Flächenelement des Schiffsbodens ist seiner Grösse nach proportionell mit der Grösse dieses Flächenelementes, mit seiner Entfernung von der Oberfläche des Wassers und mit dem Gewichte der Volumeneinheit des Wassers, — seiner Richtung nach, normal zu jenem Flächenelement. Das Gewicht der Volumeneinheit wollen wir wieder gleich der Gewichtseinheit setzen. Alsdann handelt es sich darum, die Oberfläche des unter Wasser befindlichen Theiles des Schiffsbodens in seine Elemente zu zerlegen, jedes Element mit seiner vertikalen Entfernung von der Oberfläche des Wassers zu multipliciren und aus den so gewonnenen, normal zu den Flächenelementen gerichteten Druckkräften die Resultante zu bilden. Da indessen die Normalpressungen auf die einzelnen Flächenelemente im Allgemeinen divergiren, so ist die directe Bestimmung der Resultante mit Schwierigkeiten verknüpft und man verfährt daher so, dass man den Normaldruck auf jedes Flächenelement in drei Componenten zerlegt, nämlich eine vertikale und zwei horizontale, von letzteren die eine querschiffs, die andere längsschiffs. Die drei Gruppen von Componenten vereinigt man demnächst durch einfache Summirung zu drei Resultanten und letztere endlich zu einer Gesamtresultante.

Um die Zerlegung des unter Wasser befindlichen Theils der Oberfläche des Schiffes zu bewirken, denke man sich zwei Systeme vertikaler Ebenen durch den Schiffskörper gelegt, von denen das eine normal zur Symmetrieebene des Schiffes steht, das andere parallel zu ihr ist. Das erste System dieser Ebenen entspricht den vertikalen Querschnitten oder

Druck des
Wassers gegen
den Boden
eines schwim-
menden Schiffes.

den Spanten des Schiffes, das zweite den vertikalen Längsschnitten, welche in den Schiffszeichnungen dargestellt sind. Denkt man sich zwei sehr nahe aneinander liegende Spantebenen und zwei ebensolche vertikale Längsschnitte, welche in Figur 68 mit S_1 und S_2 resp. mit R_1 und R_2 bezeichnet sind, so schneiden dieselben aus dem Schiffsboden ein Flächenelement $abcd$ heraus, normal gegen welches ein Wasserdruck wirkt, dessen Grösse gleich dem Produkt dieses Flächenelements mit seiner Entfernung unter Wasser ist; letztere ist in der Figur durch die Länge z angedeutet. Wählen wir die beiden Spantebenen in einer so geringen Entfernung l von einander, dass wir sie als gleich gross betrachten können, was in der Mitte des Schiffes auch für grössere Entfernungen thatsächlich der Fall ist, so können

Fig. 68.



wir uns bei der Fortsetzung unserer Betrachtung der rein geometrischen Figur 69 bedienen. In derselben stellt die Curve sowohl das Spant S_1 als auch S_2 dar, die vertikalen Längsschnitte reduciren sich auf die vertikalen Linien R_1 und R_2 , die Eckpunkte des Flächenelements a und c sowie b und d decken sich und sind mit a und b bezeichnet. Die Länge ab sei gleich s ; sie stellt die wirkliche Länge der Seiten ab und cd unseres Flächenelementes dar, während die zu ab in diesem Falle senkrechten Seiten ac und bd des Flächenelements beide gleich l sind. Demnach ist der Inhalt derselben gleich $s \cdot l$ und da seine Entfernung von der Oberfläche des Wassers gleich z ist, so ist der betreffende Normaldruck gleich

$$s \cdot l \cdot z.$$

Bezeichnen wir nunmehr den Winkel des Flächenelements mit der Horizontalebene mit α , so ergibt die Zerlegung dieses Normaldruckes die vertikale Komponente

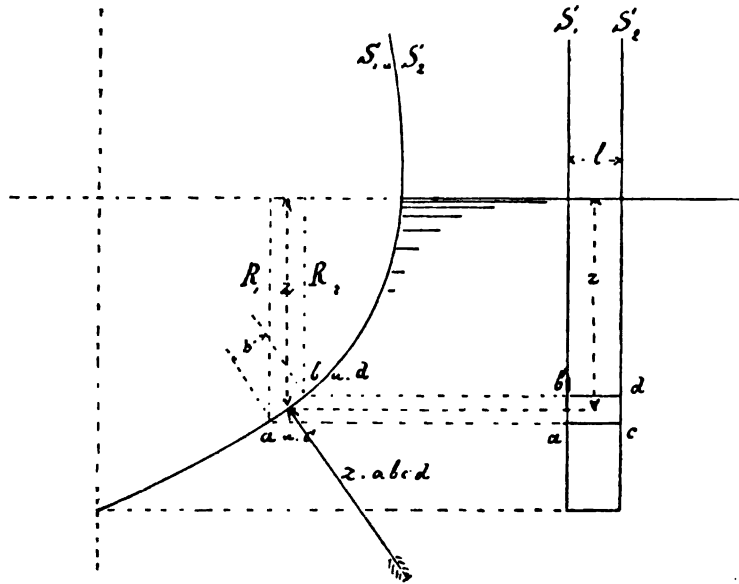
$$s \cdot l \cdot z \cdot \cos \alpha$$

die querschiffs gerichtete, horizontale Komponente

$$s \cdot l \cdot z \cdot \sin \alpha$$

und eine längsschiffs gerichtete Komponente, vom Werthe Null, weil der Normaldruck in Folge unserer einschränkenden Voraussetzungen in einer Ebene wirkt, welche auf der Längsrichtung senkrecht steht.

Fig. 69.



Die gefundene vertikale Komponente des Flüssigkeitsdrucks gegen das Flächenelement des Schiffsbodens $s \cdot l \cdot z \cdot \cos \alpha$ ist aber nichts anderes als das Volumen eines vierkantigen Prismas, welches durch die gegenseitigen Schnittlinien der beiden Spantflächen S_1 und S_2 und der beiden vertikalen Längsschnitte R_1 und R_2 gebildet wird, dessen Länge gleich z und dessen Querschnitt $s \cdot l \cdot \cos \alpha$ ist. Denkt man sich den Theil des Schiffsbodens zwischen den beiden Spantebenen S_1 und S_2 in seine sämtlichen Flächenelemente zerlegt, für jedes derselben den Normaldruck construirt und die vorstehend erläuterte Zerlegung bewirkt, so erkennt man, dass jeder vertikalen Komponente ein vierkantiges Prisma entspricht, dessen untere Endfläche durch das Flächenelement gebildet wird und dessen obere Endfläche in der Oberfläche des Wassers gelegen ist. Statt demnach die Resultante der vertikalen Komponenten durch Summierung derselben zu bilden, nehme ich die Summe der Volumina dieser Prismen; diese ist aber gleich

dem Volumen zwischen den beiden Spantebenen S_1 und S_2 , welches mit dem Gewichte der Volumeneinheit Wasser multiplicirt, den Druck liefert, mit welchem der Theil des Schiffsbodens zwischen jenen Spantebenen in vertikaler Richtung von unten nach oben gepresst wird. Bedenkt man ferner, dass das, was für die Spantflächen S_1 und S_2 nachgewiesen wurde, für je zwei aufeinander folgende Spanten gilt, so erkennt man die Richtigkeit des Satzes: der gegen den benetzten Theil des Schiffsbodens von Seiten des Wassers in vertikaler Richtung ausgeübte Druck ist gleich dem Volumen des unter der Oberfläche des Wassers befindlichen Theils des Schiffskörpers multiplicirt mit dem Gewichte der Volumeneinheit Wasser. Dieser Druck wird der Auftrieb genannt und der vorstehende Satz lässt sich demnach auch wie folgt ausdrücken: der Auftrieb von Seiten des Wassers gegen ein schwimmendes Schiff ist gleich dem Gewichte des vom Schiffe verdrängten Wassers. Das Volumen des verdrängten Wassers wird das Deplacement des Schiffes genannt. Ist das Gewicht der Volumeneinheit Wasser gleich der Gewichtseinheit, so werden Auftrieb und Deplacement des Schiffes durch dieselbe Zahl ausgedrückt und in diesem Sinne kann man der Kürze halber sagen, der Auftrieb ist gleich dem Deplacement.

Da wir bei dem schwimmenden Schiff den Gleichgewichtszustand vorausgesetzt haben, so muss dem Druck in vertikaler Richtung von unten her ein ebenso grosser Druck in vertikaler Richtung von oben her das Gleichgewicht halten. Letzterer kann nur das Gewicht des Schiffes sein. Wir haben demnach den weiteren Satz: das Gewicht eines schwimmenden Schiffes ist gleich dem Auftrieb resp. gleich dem Gewichte des von ihm verdrängten Wassers.

Der Horizontal-
druck von
Seiten des
Wassers auf den
benetzten Theil
des Bodens in
der Querrichtung.

Was die horizontale Componente des Wasserdrucks auf ein Flächenelement des benetzten Theils des Schiffsbodens betrifft, für die wir den Aus-
druck

$$s \cdot l \cdot z \sin \alpha$$

gefunden hatten, so ist dieselbe gleich dem Gewichte eines horizontalen vierkantigen Prismas aus Wasser, dessen Länge z und dessen Querschnitt $s \cdot l \sin \alpha$ ist. Denkt man sich in der Oberfläche des Wassers eine vertikal gerichtete Tangente an die Spantcurve S_1 gezogen, so schneidet diese zwei der Kanten dieses Prismas, zwischen denen ein Stück der Tangente von der Länge $s \cdot \sin \alpha$ zu liegen kommt. Zieht man ferner vom Schnittpunkte der Spantcurve mit der Oberfläche des Wassers aus eine rechts nach unten gerichtete Linie, welche einen Winkel von 45° mit der Horizontalen macht, so ist die Entfernung jenes Stückes der Tangente $s \cdot \sin \alpha$ von dieser 45° Linie gleich z , mithin ist der Flächeninhalt des Trapezes $efgh$ der Figur 70 gleich

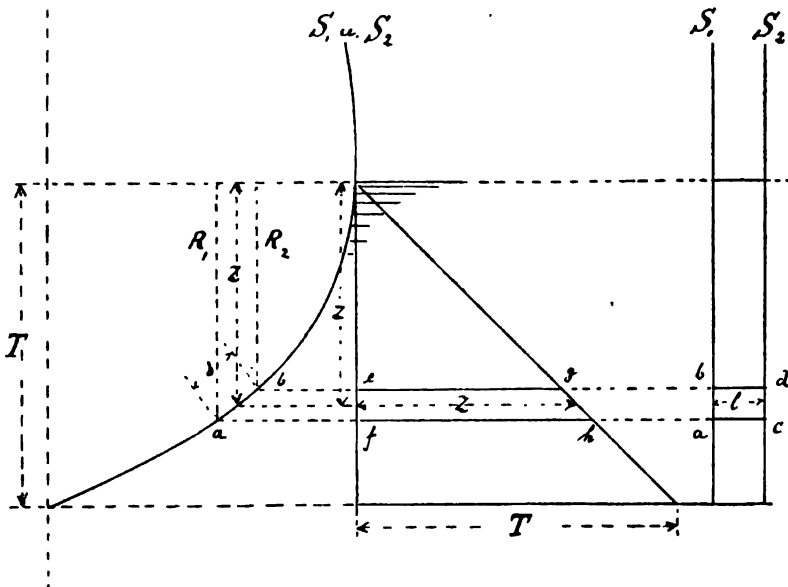
$$s \cdot \sin \alpha \cdot z.$$

Der Horizontaldruck auf das Flächenelement $s \cdot l$ ist demnach $efgh \cdot l$. Denkt man sich vorstehende Betrachtung für sämtliche Flächenelemente

wiederholt, so erfüllen die sämmtlichen zu berücksichtigenden Trapeze $efgh$ das rechtwinklich gleichschenklige Dreieck, dessen Katheten die Entfernung des tiefsten Punktes der Spantcurve von der Oberfläche des Wassers zur Länge haben. Bezeichnen wir diese Entfernung mit T , so ist der Flächeninhalt dieses Dreiecks gleich $\frac{T^2}{2}$ und daher der Druck des Wassers in horizontaler Richtung gegen das zwischen den beiden Spanten S_1 und S_2 befindliche Stück des Schiffsbodens von der einen Seite her gleich

$$\frac{T^2}{2} \cdot l.$$

Fig. 70.



Denkt man sich diese Betrachtung an jeder Stelle des Schiffes wiederholt, also die ganze Länge des Schiffes in n gleiche Theile von der Länge l getheilt und in den Theilpunkten Spantebenen durchgelegt, das Schiff ausserdem gleichlastig und mit vertikalen Steven versehen, so ist für jedes durch zwei aufeinander folgende Spantebenen von der Bodenfläche des Schiffes isolirte Stück derselben der Druck in horizontaler Richtung von der einen Seite her gleich

$$\frac{T^2}{2} \cdot l$$

und da n Theile vorhanden sind, der Gesamtdruck

$$n \cdot \frac{T^2}{2} \cdot l,$$

$$d. h. \quad \frac{T^2}{2} L,$$

wo L die Länge des Schiffes bedeutet und das Gewicht der Volumeneinheit Wasser gleich der Gewichtseinheit genommen.

Diesem Horizontaldruck wirkt von der entgegengesetzten Seite des Schiffes her ein genau ebenso grosser Horizontaldruck entgegen und muss der Schiffskörper gegen diese einander in der angedeuteten Weise sich das Gleichgewicht haltenden Kräfte einen solchen Widerstand äussern, dass dieselben keine Deformation zu Wege bringen.

Ist das Schiff steuerlastig und hat etwa der Vorsteven an der Uebergangsstelle in den Kiel eine gebogene Form, so ist die Bestimmung des Horizontaldruckes auf die Seitenflächen des Schiffsbodens nicht so einfach, wie vorher. Indessen führt folgende zum Theil graphische Methode zum Ziel: Ich theile die Länge des Schiffes in n gleiche Theile und bestimme für jeden Theil den mittleren Tiefgang; die erhaltenen Werthe bezeichne ich mit $T_0, T_1, T_2, \dots, T_{n-1}, T_n$. Demnächst construire ich eine Curve über der Schiffslänge als Abscissenachse, deren Ordinaten die Werthe $\frac{T_0^2}{2}, \frac{T_1^2}{2}, \frac{T_2^2}{2}, \frac{T_3^2}{2}, \dots$ sind; der Flächeninhalt dieser Curve multipliziert mit dem Gewicht der Volumeneinheit Wasser ist der gesuchte Horizontaldruck.

Horizontaldruck
in der Richtung
der Längsachse
des Schiffes.

Bisher ist nur vom Horizontaldruck senkrecht zur Symmetrieebene des Schiffes die Rede gewesen, da die gewählte Art der Ableitung uns nur diesen liefert. Um den längsschiffs gerichteten Horizontaldruck zu bekommen, haben wir nur die Rolle, welche im Vorstehenden den Spantebenen zufiel, den vertikalen Längsschnitten zuzutheilen. Die Einzelheiten der Betrachtung sind denen bei der Bestimmung des Horizontaldruckes normal zur Symmetrieebene vollkommen analog. Wir fassen das Resultat durch die Antwort auf folgende Aufgabe zusammen: Das Hauptspant eines gleichlastig liegenden Schiffes ist durch eine Zeichnung gegeben, auf welcher auch dessen Schnittlinie mit der Oberfläche des Wassers angedeutet ist; wie gross ist der Horizontaldruck des Wassers in der Richtung der Längsachse des Schiffes?

Lösung: Man theile die Breite des Schiffes in der Oberfläche des Wassers in $2n$ Theile von gleicher Länge und ziehe in den ungeraden Theilpunkten vertikale Linien bis zum Schnittpunkte mit der Spantcurve; bezeichnen wir deren Länge mit $z_1, z_3, z_5, \dots, z_{\frac{n}{2}-1}, z_{\frac{n}{2}+1}, \dots, z_3, z_1$ und construirt man mit den Ordinaten $\frac{z_1^2}{2}, \frac{z_3^2}{2}, \frac{z_5^2}{2}, \dots$ eine Curve über der Breite des Schiffes als Abscissenachse, so ist der Flächeninhalt dieser Curve multipliziert mit dem Gewichte der Volumeneinheit Wasser der gesuchte Druck. Selbstverständlich wirkt auch diesem Druck vom anderen

Ende des Schiffes her ein ebenso grosser Druck entgegen, welche beiden Kräfte sich am Schiffskörper das Gleichgewicht halten. Dieselben sind bestrebt, den Schiffskörper in der Richtung seiner Länge zusammenzupressen und muss letzterer gegen diese Einwirkung einen solchen Widerstand zu äussern im Stande sein, dass er keine Deformation annimmt.

Um eine Anschauung von den in der Praxis vorkommenden Werthen der Horizontalcomponenten des Wasserdrucks zu bekommen, seien einige Beispiele mit der Praxis entnommenen Zahlenwerthen angeführt.

1. Ein Schiff von 80 Meter Länge mit einem Tiefgang von 6 Meter erleidet, sofern es in destillirtem Wasser schwimmt, von beiden Seiten her einen Druck normal zur Symmetrieebene von 1 440 000 Kilo, wenn es dagegen bei demselben Tiefgang im Seewasser schwimmt, einen Druck von 1 477 440 Kilo.
2. Ein Schwimmdock von 80 Meter Länge, 25 Meter Breite und 3 Meter Tiefgang erleidet, in destillirtem Wasser schwimmend auf seinen Seitenflächen einen normal zu denselben gerichteten Druck von 360 000 Kilo, auf seinen Frontflächen einen solchen von 112 500 Kilo. Für Seewasser sind die entsprechenden Zahlen 369 360 Kilo und 115 425 Kilo. Wird dasselbe Dock auf den Tiefgang von 8 Meter gesenkt, so steigert sich der Horizontaldruck auf die Seitenflächen auf den Werth 2 627 560 Kilo für Seewasser.

Mit Hülfe der Regeln zur Bestimmung des horizontalen Wasserdrucks sind wir nunmehr auch im Stande, den Druck zu berechnen, welchen wasserdichte Schotte auszuhalten haben, wenn dieselben eine vollgelaufene Abtheilung im Inneren des Schiffes begrenzen und mit Rücksicht auf welchen die Festigkeit solcher Schotten bemessen werden muss. Angenommen, die horizontale Dimension des Schottes sei l und die Höhe des benetzten Theiles desselben sei h und seine Form sei im Uebrigen rechteckig, so ist der Druck

$$\frac{l \cdot h^2}{2} \cdot 1,026.$$

Befindet sich in dem Schott eine wasserdichte Thür von der Breite b der Höhe H , deren Oberkante bei vollgelaufener Abtheilung um h_1 unter Wasser geräth, so ist der Druck auf diese wasserdichte Thür, falls dieselbe geschlossen ist:

$$\left[\frac{(h_1 + H)^2}{2} - \frac{h_1^2}{2} \right] b$$

oder gleich

$$b \cdot H \left[h_1 + \frac{H}{2} \right].$$

Die Höhe der Thür lässt sich auch ausdrücken durch die Differenz der Entfernungen von deren Unterkante und Oberkante von der Oberfläche des Wassers; bezeichnen wir diese mit H_1 und H_2 , so nimmt der Ausdruck für den Druck gegen die wasserdichte Thür folgende Form an:

Druck auf ein wasserdichtes Schott einer vollgelaufenen Abtheilung.

Druck gegen eine wasserdichte Thür.

$$b \frac{(H_1^2 - H_2^2)}{2},$$

was sich bekanntlich auch schreiben lässt:

$$b \cdot (H_1 + H_2) (H_1 - H_2).$$

Da aber $b \cdot (H_1 - H_2)$ der Flächeninhalt der Thür und $\frac{H_1 + H_2}{2}$ gleich der Entfernung des Flächenschwerpunktes derselben von der Oberfläche des Wassers ist, so ergibt sich der Satz: Der Druck gegen eine wasserdichte Thür einer vollgelaufenen Abtheilung ist gleich deren Fläche multiplicirt mit der Entfernung ihres Schwerpunktes unter Wasser.

Aufgabe 1: Es soll der Druck gegen eine wasserdichte Thür bestimmt werden, deren Breite 0,7 und deren Höhe 1,6 Meter ist, wenn deren Oberkante gerade in der Oberfläche des Wassers liegt. Irgend eine der vorstehenden Formeln liefert das Resultat 896 Kilo.

Aufgabe 2: Ein Schleusenschieber in einem wasserdichten Schott, dessen Flächeninhalt $\frac{1}{3}$ von dem der wasserdichten Thür der ersten Aufgabe beträgt, befindet sich mit seinem Schwerpunkt 6,43 Meter unter Wasser; welchen Druck hat er auszuhalten?

Antwort: 900 Kilo, d. h. nahezu ebensoviel wie die 8 mal so grosse Thüre. Hieraus geht hervor, dass die Intensität des Wasserdruckes auf die tiefer gelegenen Theile eines wasserdichten Schottes bedeutend grösser ist als auf die höher gelegenen Theile desselben und dass sie dort widerstandsfähiger sein müssen als weiter oben. Von dieser Intensität ist ferner die Durchströmungsgeschwindigkeit des Wassers abhängig, woraus folgt, dass Leckstellen in den wasserdichten Schotten, und es möge hinzugefügt werden auch in der Aussenhaut, um so gefährlicher sind, je tiefer sie unter Wasser liegen.

Verschluss-
pontons der
Trockendocks.

Der Wasserdruck in horizontaler Richtung spielt eine hervorragende Rolle bei den Verschlusspontons von Trockendocks. Unter solchen versteht man bekanntlich schwimmende Gefässe, deren Längenschnitt dem Querschnitt der Einfahrt eines Trockendocks in der Weise entspricht, dass sie denselben, wenn sie durch Einlassen von Wasser auf einen entsprechenden Tiefgang gebracht sind, ausfüllen, wobei die Steven und der Kiel des Pontons in eine rechteckige Vertiefung im Mauerwerk des Docks gerathen. Wird das Wasser im Inneren des Docks durch Auspumpen entfernt, während wenigstens im Anfangsstadium des Pumpens das Ponton mit Kiel und Steven fest an das Mauerwerk gepresst wird, so wird in demselben Maasse, als sich das Niveau des Wassers im Dock niedriger stellt als ausserhalb desselben, der Druck des Wassers gegen die dem Dock zugekehrte Wand des Pontons in Fortfall kommen. Ist das Dock gänzlich entleert, so kann von einem Wasserdruck und demgemäss auch von dessen horizontalen und vertikalen Componenten nicht mehr die Rede sein, während von der anderen

Seite her der Druck auf die Pontonwand von Seiten des Wassers bestehen bleibt. Die horizontale Componente desselben, welche nach den gegebenen Regeln ohne Schwierigkeit bestimmbar ist, presst das Ponton mit Kiel und Steven gegen das Mauerwerk des Docks und bringt auf diese Weise einen wasserdichten Abschluss hervor. Um letzteren möglichst vollkommen herzustellen, sind der Kiel und die Steven des Pontons auf ihrer Anlagefläche mit einer in Talg getränkten Matte aus Tauwerk benagelt, was für aus Eisen oder Stahl gefertigte Pontons bedingt, dass jene Theile ganz oder theilweise aus Holz hergestellt werden.

Wegen der mit der Wassertiefe an Breite abnehmenden Form des Querschnitts der durch Pontons zu verschliessenden Einfahrtskanäle zu den Docks und der entsprechenden, noch um die Steven- und Kielbreite grösseren Form der Pontons kann das Einfahren derselben nur dann erfolgen, wenn sie einen gewissen Minimaltiefgang besitzen. An Ort und Stelle, d. h. mit Kiel und Steven genau oberhalb des Dichtungsschlitzes im Mauerwerk des Docks befindlich, muss demnächst der Tiefgang um soviel vergrössert werden, dass sie die Einfahrt schliessen. Dies geschieht durch Vergrösserung des Gewichts der Pontons, indem man Wasser in das Innere derselben treten lässt.

Heben und
Senken der Ver-
schlusspontons.

Will man behufs Oeffnung der Einfahrt zu einem Dock ein gesenktes Ponton aus derselben wieder entfernen, so muss dasselbe zunächst durch wieder Herausschaffen des Wassers auf seinen Minimaltiefgang gebracht werden. Würde man das Ballastwasser zum Senken des Pontons in die tiefer gelegenen Räume desselben treten lassen, so würde man bei dem später erfolgenden Heben des Pontons dieses Wasser durch Auspumpen wieder auf eine gewisse Höhe heben müssen. Es ist daher von Interesse, dasselbe innerhalb des Pontons solche Räume einnehmen zu lassen, die so hoch gelegen sind, dass es, wenn erforderlich, von selbst ausfliesst. Dies wird bei den sogenannten selbstthätigen Pontons in folgender Weise erreicht: Angenommen, das Ponton schwimme mit seinem Minimaltiefgang, so befindet sich im Inneren im Niveau der Schwimmebene ein wasserdichtes Deck, welches den ganzen Raum des Pontons in zwei Theile, einen unteren und einen oberen zerlegt. Nur der obere Theil dient zur Aufnahme des zum Senken erforderlichen Ballastwassers, während in dem unteren Raum sich fester Ballast in Form von Gussstücken befindet, der dem Ponton während aller Stadien des Manoeuvres die aufrechte Lage sichert.

Sogenannte
selbstthätige
Pontons.

Die zum Einlassen des Wassers dienenden, durch Ventile oder Klappen verschliessbaren Oeffnungen befinden sich mit ihrer Unterkante ebenfalls im Niveau der Schwimmebene beim Minimaltiefgang. Um nun das Wasser zum Einströmen zu veranlassen, werden die Einlassöffnungen zunächst geöffnet und ihre Unterkanten durch eine gewisse Mehrbelastung, die eine entsprechende Tiefgangsvergrösserung zur Folge hat, unter Wasser gebracht. Das nunmehr einströmende Wasser bedingt eine weitere Vergrösserung des Tiefgangs, der man erst dann durch Verschliessen der Einströmungsöffnungen

Einhalt thut, nachdem das Ponton tief genug gesenkt ist. Durch entsprechende Regulirung der Grösse der Einströmungsöffnungen kann man die Operation des Senkens mit einer grösseren oder geringeren Geschwindigkeit vornehmen. In jedem Stadium des Senkens, also auch in dem Moment, wo die Einströmungsöffnungen geschlossen werden, steht das Wasser im Inneren des Pontons mit dem äusseren Wasserspiegel fast in demselben Niveau. — Um das Ponton wieder zu heben, genügt es, die oben erwähnte Mehrbelastung, welche die Unterkanten der Einlassöffnungen unter Wasser brachte, wieder abzunehmen; dadurch wird der momentan vorhandene Tiefgang um ein entsprechendes Stück verringert und in Folge dessen das Niveau des Ballastwassers im Inneren des Pontons um ebensoviel gehoben. Oeffnet man jetzt die Ventile, so strömt das Wasser in Folge des höheren Niveaus aus, was eine weitere Verringerung des Tiefgangs bedingt, derart, dass das höhere Niveau des Ballastwassers bestehen bleibt, bis das Ponton eventuell wieder seinen Minimaltiefgang angenommen hat, bei welchem alles Ballastwasser ausgeflossen ist. Jene Mehrbelastung, von der oben die Rede war und durch welche der Tiefgang beim Beginn des Senkens etwas vergrössert, beim Beginn des Hebens etwas verkleinert wird, wird übrigens ebenfalls durch Einlassen von Wasser bewirkt, für welches im oberen Theile des Pontons ein besonderer Behälter vorhanden ist. Will man dazu das Wasser benutzen, in welchem das Ponton schwimmt, so kann das Füllen dieses Behälters nur mittelst einer Pumpe geschehen. Verfügt man dagegen über eine an Land befindliche Wasserleitung, welche ein genügendes Quantum Wasser von hinreichendem Druck zu liefern im Stande ist, so benutzt man diese. Dadurch gewinnt der Apparat den Anschein eines selbstthätigen.

Unbeabsichtigtes
Heben eines
Verschluss-
pontons vor
einem leeren
Dock.

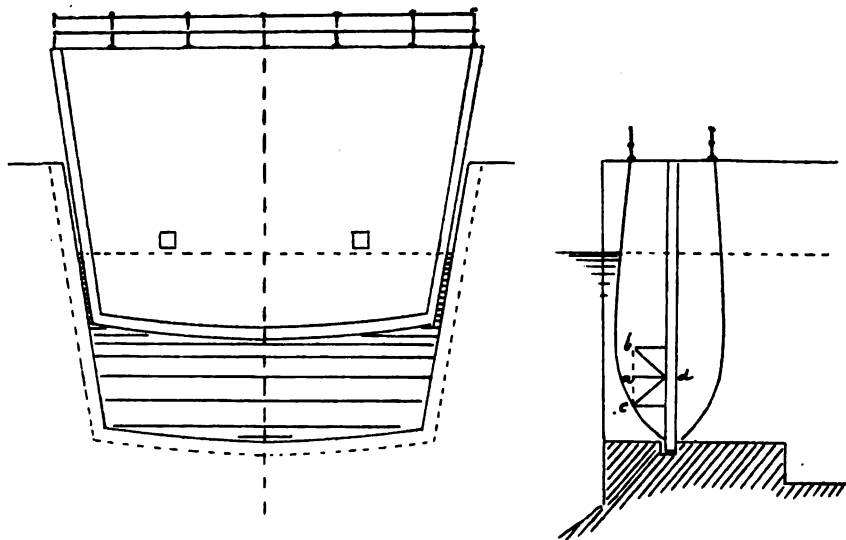
Der Verschluss eines Docks mittelst eines Pontons muss besonders, während sich ein Schiff in dem ausgepumpten Dock befindet, eine absolute Sicherheit gewähren und die Möglichkeit, dass sich dasselbe unter dem Einfluss der einwirkenden Kräfte aus seiner Lage entferne und dadurch dem Wasser in das Innere der Docks Zutritt gewähre, muss ausgeschlossen sein. Es ist daher von Wichtigkeit, die Bedingungen für eine solche Eventualität festzustellen. Nehmen wir zu dem Ende an, das Gewicht des leeren, bei seinem Minimaltiefgange schwimmenden Pontons sei P und das Gewicht des zur Einsenkung desselben auf seinen Maximaltiefgang erforderlichen Ballastwassers sei W , so ist das Gewicht des Pontons resp. dessen Auftrieb bei seinem Maximaltiefgang, d. h. in dem Augenblick, in welchem mit dem Auspumpen des Docks begonnen wird,

$$P + W.$$

Durch das Entleeren des Docks fällt demnächst die horizontale Componente des Wasserdrucks auf das Ponton von der Dockseite her fort, gleichzeitig aber auch die entsprechende vertikale Componente. Erstere wird ersetzt durch die Reaction des Mauerwerks des Docks gegen Kiel und Steven

des Pontons, letztere würde mit dem ungefähren Betrage von $\frac{P+W}{2}$ von dem Gesamtauftriebe $P+W$ in Abzug zu bringen sein. Dadurch wird von dem Gewichte des Pontons bei seinem Maximaltiefgang nur die Hälfte aufgehoben, während die andere Hälfte als vertikal abwärts gerichtete Kraft bestehen bleibt. Diese Kraft wird das Ponton vertikal nach unten bewegen, wenn nicht die Reibung von Kiel und Steven vor dem Mauerwerk des Docks dieses verhindert. Diese Reibung wird hervorgebracht durch den horizontalen Wasserdruck gegen die benetzte Seite des Pontons. Bezeichnen wir diesen mit H und den in Betracht kommenden Reibungscoefficienten

Fig. 71.



mit f , so wird die Reibung $H \cdot f$ sein. Jene durch das halbe Gewicht des Pontons oder den Theil des Gesamtgewichtes desselben, welcher vom Auftrieb des Wassers nicht aufgehoben worden ist, hervorgebrachte Bewegung wird demnach nicht eintreten, wenn

$$\frac{P+W}{2} \equiv H f,$$

d. h., wenn

$$\frac{P+W}{2 H} \equiv f$$

ist. Vereinigt man die beiden zu einander senkrechten Kräfte $\frac{P+W}{2}$ und H zu einer Resultante R_1 , so wird diese schräg von oben nach unten

gerichtet sein und mit der Horizontalen einen Winkel von solcher Grösse bilden, dass

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P + W}{2H}$$

ist. In der Figur 71, zur Rechten würde

$$\frac{P + W}{2} = b a, H = a d \text{ und } R = b d$$

sein. Ermittelt man nun denjenigen Werth von α , für welchen

$$\frac{P + W}{2H} = f$$

ist, so wird derselbe der Reibungswinkel genannt und die vorstehend ausgesprochene Bedingung lässt sich demnach auch wie folgt fassen: Damit nach erfolgtem Auspumpen des Docks das Verschlussponton an der Dichtungsfläche entlang nicht nach unten gleite, darf die Resultante aus dem Horizontaldruck und dem halben Maximalgewicht des Pontons um nicht mehr von der Horizontalen abweichen, als dem Reibungswinkel entspricht. Bildet die Resultante demnach einen grösseren Winkel mit der Horizontalen, so würde deren vertikal nach unten wirkende Componente, d. h. das halbe Maximalgewicht des Pontons kleiner zu machen sein. Dies geschieht durch Abfliessenlassen eines Theils des Ballastwassers in das leere Dock. Bezeichnet man das Quantum des abzulassenden Wassers mit w , so ergibt sich als Bedingungsleichung, aus welcher w bestimmt werden kann:

$$\frac{P + W}{2} - w = H \operatorname{tg} \alpha = f$$

und hieraus

$$w = \frac{P + W}{2} - H \cdot f.$$

Lässt man ein solches Quantum Ballastwasser ausfliessen, dass dessen Gewicht gleich dem halben Maximalgewicht des Pontons ist, so wird der Zähler des Ausdrucks für den Neigungswinkel der Resultante gleich Null und die Resultante gleich ihrer horizontalen Componente H . Lässt man noch mehr Wasser ab, so wird jener Zähler negativ, die Resultante mithin schräg von unten nach oben gerichtet sein oder der Auftrieb des Pontons, von der ungefähren Grösse $\frac{P + W}{2}$ ist grösser als das Gewicht des leeren Pontons, vermehrt um den etwa noch vorhandenen Rest an Ballastwasser. In Figur 71 würde

$$\frac{P + W}{2} = c a, H = a d \text{ und } R = c d$$

sein. Wäre der Winkel $b d a = c d a$ gleich dem Reibungswinkel, dessen

$tg = f$, so würde R innerhalb des Winkels bdc fallen müssen, wenn eine Bewegung des Pontons in vertikaler Richtung nach unten oder nach oben vermieden werden soll. Dieser letztere Fall ist deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil unter diesen Umständen ein nach oben Gleiten des Pontons auf der Dichtungsfläche eintreten kann, welches, den Verschluss derselben aufhebend, dem Wasser den Zutritt in das leere Dock eröffnen würde. Es ist daher unerlässlich, das Maximum des eventuell abzulassenden Wasserquantums zu bestimmen. Nimmt man an, das Ponton habe noch sein volles Ballastwasserquantum, so kann man dasjenige Quantum, um dessen Bestimmung es sich handelt, als aus zwei Theilen bestehend auffassen, deren erster gleich $\frac{P+W}{2}$ ist und der, allein abgelassen, bewirkt, dass die Resultante der auf das Ponton wirkenden Kräfte horizontal und gleich dem horizontalen Wasserdruck auf dasselbe wird. Der zweite Theil, den wir mit w_1 bezeichnen wollen, bringt einen Ueberschuss an Auftrieb zu Stande; damit nun die entsprechende Resultante nicht zu steil nach oben gerichtet sei, muss die Bedingung erfüllt sein

$$\frac{w_1}{H} \leq f, \text{ d. h. } w_1 \leq H \cdot f.$$

Folglich ist das Maximalquantum abzulassenden Ballastwassers

$$\frac{P+W}{2} + H \cdot f.$$

Ein vor einer Dockeinfahrt befindliches Ponton wird sich demnach weder vertikal nach unten, noch vertikal nach oben bewegen können, sich vielmehr vor derselben in der Schwebe halten, wenn das Quantum abgelassenen Wassers sich zwischen den Grenzen

$$\frac{P+W}{2} - H \cdot f \text{ und } \frac{P+W}{2} + H \cdot f$$

befindet. Dasjenige Quantum, mit dem man jedenfalls sicher geht, würde $\frac{P+W}{2}$ sein, in welchem Falle keine vertikale Kraft auf das Ponton wirken würde. In der Praxis kommt es indessen häufig vor, dass man das ganze Quantum des vorhandenen Ballastwassers abzulassen gezwungen ist, wie z. B. wenn zu befürchten ist, dass durch Gefrieren desselben das Ponton beschädigt oder das eventuell nothwendig werdende Heben desselben verhindert werden könnte. Ist alsdann W grösser als

$$\frac{P+W}{2} + H \cdot f \text{ oder } W > P + 2H \cdot f,$$

so wird das Ponton seine verschliessende Position verlassen und plötzlich hochspringen. In einem solchen Falle würde das Ponton mit Eisenballast zu belasten sein, dessen Minimalquantum

$$\frac{W - (P + 2 H f)}{2}$$

beträgt. Die Bedingungen des unbeabsichtigten Aufspringens eines Verschlusspontons können übrigens auch dadurch eintreten, dass auf der benetzten Seite desselben das Niveau des Wassers steigt. Die quantitative Präcisirung derselben unterliegt indessen keinen Schwierigkeiten. Ferner bedarf es wohl kaum der Erwähnung, dass man die Lage des Verschlusspontons vor dem leeren Dock gegebenen Falls auch mittelst Flaschenzügen, deren Haken in zweckmässig am Ponton und am Mauerwerk des Docks angebrachten Ringbolzen eingehakt werden, sicher stellen kann, eine Vorsicht, die jedenfalls nie ausser Acht zu lassen sein dürfte.

XII. Capitel.

Das Gewicht eines schwimmenden Schiffes und der Auftrieb des Wassers.

Wir nehmen wieder an, ein Schiff schwimme in aufrechter Lage in ruhigem Wasser, so haben wir gesehen, dass die horizontalen Componenten des von Seiten des Wassers auf den Schiffskörper ausgeübten Druckes sich gegenseitig aufheben oder die Resultante Null haben, dass dagegen die vertikale Componente dieses Druckes gleich dem Gewichte des vom Schiffskörper verdrängten Wasservolumens ist. Da wir den Schiffskörper im Gleichgewichtszustande schwimmend vorausgesetzt haben, so muss der vertikalen Componente des Wasserdrucks oder dem Auftrieb eine genau ebenso grosse Kraft in vertikaler Richtung entgegen wirken, welche, mit dem Auftrieb vereinigt, ebenfalls die Resultante Null liefert. Diese dem Auftrieb entgegen wirkende Kraft ist das in vertikaler Richtung abwärts wirkende Gewicht des Schiffes. Angenommen, Gewicht und Auftrieb wären in einem gewissen Augenblicke nicht einander gleich, so wird sofort eine Bewegung in der Richtung der grösseren der beiden Quantitäten erfolgen, die so lange andauert, bis der Gleichgewichtszustand eingetreten ist, d. h. bis jene beiden Grössen einander gleich geworden sind. Um daher von einem im Wasser schwimmenden Schiffe das Gewicht zu ermitteln, bestimmt man dessen Auftrieb oder das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers und umgekehrt, wenn ich von einem auf dem Stapel fertig gewordenen Schiffe das Gewicht und seine Schwerpunktslage kenne, so weiss ich, ein wie grosses Volumen ich mittelst einer Ebene in solcher Weise abzutrennen habe, dass jene Ebene nach dem Ablauf die Schwimmebene wird.

Das Gesamtgewicht eines vollständig ausgerüsteten Schiffes setzt sich aus einzelnen Gruppen von Gewichten zusammen, die mit Bezug auf den Zweck, dem das Schiff entsprechen soll, sowohl quantitativ als qualitativ verschieden sind. Bei allen Schiffen spielt indessen das Gewicht des leeren Schiffskörpers eine gleich wichtige Rolle. Wie überhaupt alle am Gesamtgewichte resp. dem Maximalauftrieb participirenden Gewichte muss auch das Gewicht des leeren Schiffskörpers ein Minimum sein. Dasselbe ist während des Uebergangs vom Holzschiffbau zum Eisen- und Stahlschiffbau beträchtlichen Schwankungen unterworfen gewesen. Es betrug

*Zerlegung des
Schiffsgewichtes
in einzelne
Gruppen.*

Das Gewicht
des leeren
Schiffskörpers.

für die älteren Kriegsschiffe aus Holz 45—50 % des Gesamtgewichtes, so dass nur 50—55 % desselben für alle anderen Gewichte disponibel waren. Beim Uebergang zum Eisen als Baumaterial sank das Eigengewicht des Schiffskörpers für grössere Kriegsschiffe auf 40—44 % des Gesamtgewichtes und bei Stahl als ausschliesslichem Baumaterial bis auf 35 %. Bei kleineren Schiffen wird die für das Eigengewicht in Betracht kommende Gewichtsquote noch kleiner, Torpedoboote beanspruchen z. B. nur 30 % und noch weniger vom Auftrieb. Dasselbe ist für Handelsschiffe der Fall. Die Minimalgrenze wird übrigens nicht ausschliesslich durch Rücksichten auf eine ausreichende Festigkeit normirt, da bei kleineren eisernen Schiffen wenigstens die Möglichkeit eines schnellen Durchrostens in Betracht gezogen werden muss.

Das Gewicht der
Maschinen, Kessel
und Kohlen.

Schliesst man bei Handelsschiffen das Gewicht der Takelage, der Anker und Ketten und der sonstigen Ausrüstung in das Eigengewicht ein, so verbleibt bei Segelschiffen die ganze Differenz zwischen dem Maximalauftrieb und jenem für die Ladung, wogegen bei Dampfern diese Differenz zwischen der Ladung und dem Gewichte von Maschinen, Kesseln und Kohlen vertheilt werden muss; je geringer das letztere ist, um so grösser kann das Gewicht der Ladung sein. Betrachten wir das Gewicht der Kohlen als eine besondere Gewichtsquote und nehmen wir an, die Geschwindigkeit des Schiffes sei gegeben, so ist angenähert auch die Anzahl der indicirten Pferdestärken der Maschine bekannt. Verfügt man dann noch über das Gewicht der Maschine pro indicirte Pferdestärke, so hat man das Gesamtgewicht derselben. Das Gewicht der Maschine incl. Kessel hat seit der Einführung der Schiffsmaschinen ähnliche Wandlungen durchlaufen wie das Eigengewicht des Schiffes beim Uebergange von Holz als Baumaterial zu Eisen und Stahl. Während es bei den ältesten Schiffsmaschinen pro Pferdestärke von 75 Kilogramm 0,8 Tonnen betrug, ist dasselbe zur Zeit nicht mehr als 0,2 Tonnen und sogar noch geringer, d. h. durch die Vervollkommnungen der Schiffsmaschinen sind unter der Voraussetzung, dass die Geschwindigkeiten als dieselben angenommen werden, 75 und mehr % vom Gewichte der älteren Maschinen erspart. Ist ferner die Anzahl Seemeilen, die das Schiff zurücklegen muss, bevor es seinen Kohlenvorrath ergänzen kann, sowie der Kohlenverbrauch pro indicirte Pferdestärke und Stunde bekannt, so ergibt sich auch die Gewichtsquote, welche die Kohlen vom Gesamtgewicht des Schiffes in Anspruch nehmen. Auch der Kohlenverbrauch pro Pferdestärke und Stunde hat seit der Einführung der Schiffsmaschine in einem ähnlichen Verhältniss abgenommen wie das Gewicht derselben, nämlich von 4 Kilogramm pro Pferdestärke von 75 Kilogramm auf 1 Kilogramm.

Das Gewicht
des Panzers.

Von einer dritten Gruppe von Gewichten, die bei gepanzerten Kriegsschiffen eine Rolle spielen, nämlich dem Gewichte des Panzers, ist gelegentlich der Beschreibung der Panzerung eingehend die Rede gewesen und

gezeigt, in welcher Weise man dazu gelangt, dasselbe auf ein Minimum zu bringen. Dagegen bedarf das Gewicht der Artillerie noch der Erwähnung. Für ein vorliegendes Project kann man dasselbe als a priori gegeben betrachten, wenigstens wenn die zu lösende Aufgabe so lautet, dass eine gewisse Anzahl von Geschützen von gegebenem Caliber mit der entsprechenden Munition in Form einer Breitseitarmirung oder in Thürmen, überhaupt in gegebener Anordnung an Bord unterzubringen sind. Dabei ist zu bemerken, dass die Zahl der Geschütze im umgekehrten Verhältniss mit ihrem Gewichte und ausserdem in Folge des hinzutretenden Gewichtes der Panzerung abgenommen hat. Vor der Einführung der Schiffsmaschine waren von dem Gesamtgewichte des Schiffes volle $12\frac{1}{2}\%$ der Artillerie gewidmet; dasselbe sank in Folge der von den Maschinen beanspruchten Gewichtsquote auf 10% und der demnächst auftretenden Panzerung auf $6\frac{1}{2}$, $5\frac{1}{2}$ und eine noch geringere Anzahl pro Cent.

Das Gewicht
der Geschütze.

Ausser den im Vorstehenden erwähnten grösseren Gewichten kommen noch eine Anzahl geringerer Gewichte in Betracht, die, wenn auch von mehr untergeordneter Bedeutung, bei einem etwaigen Entwurfe so eingehend wie möglich berücksichtigt werden müssen. Dahin gehören unter anderen: das Gewicht der Masten und Rundhölzer, der Segel, des stehenden und laufenden Guts mit Jungfern und Blöcken, das Gewicht der Boote mit ihren Davits und sonstigem Zubehör, das Gewicht der Anker und Ketten, des Spills etc. und endlich das Gewicht der Besatzung nebst Proviant und Trinkwasser. Einige dieser Gewichte, z. B. das der Takelage ist nach der Einführung der Dampfmaschine in demselben Maasse zurückgegangen, als die Fortbewegung unter Dampf an Bedeutung gewonnen hat, derart, dass bei unseren neuesten Schiffstypen das Gewicht der Takelage Null ist, wenigstens wenn man die Masten als nunmehr gänzlich verschiedenen Zwecken dienend auffasst, z. B. zur Gewinnung eines erhöhten Standpunktes für Revolvergeschütze, zum Aussetzen von mitgeführten Torpedoboote u. dergl.

Die übrigen
Gewichte.

Da die Bedienung der Takelage eine grosse Besatzungsstärke beansprucht, so ist mit der Reduction derselben auch das Gewicht der Besatzung und der Verproviantirung gesunken, letztere auch noch deswegen, weil nach der Einführung der Dampfmaschine auch die Zeit, für welche ein Schiff zu verproviantiren ist, kürzer geworden ist.

Angenommen, von einem zu erbauenden Schiff seien die zu erfüllenden Bedingungen mit hinreichender Genauigkeit gegeben, so sind dadurch eine Anzahl von Gewichten direct gegeben, diese bedingen einen Theil der anderen, die demnach als indirect gegeben betrachtet werden können; wieder andere bestimme ich schätzungsweise, bis dass ich über sämtliche in Betracht kommende Gewichte verfüge. Mit diesen ausgerüstet, entwerfe ich zunächst die Zeichnung eines Schiffes, dessen verdrängtes Wasser-Volumen jenem Gewichte gleichkommt. Mit Hilfe dieser Zeichnung

bin ich alsdann im Stande, die vorher nur geschätzten Gewichte mit einem grösseren Grade von Genauigkeit zu ermitteln, ein zweites genaueres Gesamtgewicht zu bekommen und eine genauere Zeichnung anzufertigen. Wiederholt man das Verfahren, so bedarf die resultirende Zeichnung in letzter Linie nur noch geringer Correcturen, um zur Ausführung geeignet zu sein.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass nach der Ermittlung des Gesamtgewichts die Hauptthätigkeit des Constructeurs darin besteht, einen Schiffskörper von solchen Dimensionen und Formen mit Hülfe der bei den Schiffszeichnungen üblichen Kurvensysteme darzustellen, der, wenn das Schiff in destillirtem Wasser schwimmend gedacht wird, ebensoviel Cubikmeter Wasser verdrängt, als jenes nunmehr als gegeben zu betrachtende Gesamtgewicht Tonnen beträgt. Bevor die einfacheren Methoden, wie dies zu bewerkstelligen ist, dargelegt werden können, ist es erforderlich, zunächst die umgekehrte Aufgabe zu lösen, nämlich von einem Schiffe, welches bis zu einem gewissen Tiefgang eintaucht, das verdrängte Wasservolumen und damit dessen Gewicht zu bestimmen.

Die Berechnung des Displacements.

Nachdem im Vorstehenden gezeigt ist, dass das Gewicht eines Schiffes gleich dem Gewichte der von ihm verdrängten Wassermenge ist, reducirt sich die Bestimmung des ersteren auf die Volumenbestimmung der letzteren. Um eine solche durchzuführen, sei von einem gleichlastig schwimmenden Schiffe der Tiefgang so gross, dass dasselbe bis zu dem mit F_0 bezeichneten Horizontalschnitt eintaucht; die übrigen Horizontalschnitte mögen vorn und hinten an den Perpendikeln endigen, welche einschränkenden Bedingungen später eliminirt werden sollen. Wir bezeichnen die halben Flächeninhalte der Horizontalschnitte in der Reihenfolge von oben nach unten mit $F_0, F_1, F_2 \dots F_m$, unter m eine ganze Zahl, nämlich die Anzahl der Theile verstanden, in welche der Tiefgang T des Schiffes durch die Horizontalschnitte getheilt erscheint, so dass mithin $\frac{T}{m}$ die Distanz zweier aufeinander folgender Horizontalschnitte sein wird.

Es seien ferner $S_0, S_1, S_2 \dots S_{n-1}, S_n$ die halben Flächeninhalte der Querschnitte bis zum Horizontalschnitt F_0 , unter n die Anzahl Theile verstanden, in welche die Länge L durch die Querschnitte zerlegt wird, so dass $\frac{L}{n}$ deren gleich grosse Distanz wird. Alsdann ist das Volumen zwischen den Horizontalschnitten F_0 und F_1

$$\frac{T}{m} \left(\frac{F_0 + F_1}{2} \right),$$

das Volumen zwischen den Horizontalschnitten F_1 und F_2

$$\frac{T}{m} \left(\frac{F_1 + F_2}{2} \right),$$

Das Volumen des verdrängten Wassers, ausgedrückt durch Horizontalschnitte.

das Volumen zwischen F_{m-1} und F_m

$$\frac{T}{m} \left(\frac{F_{m-1} + F_m}{2} \right);$$

folglich das Gesamtvolumen V des bis zum Horizontalschnitt F_0 verdrängten Wassers:

$$V = 2 \cdot \frac{T}{m} \left[\frac{F_0}{2} + F_1 + F_2 \dots F_{m-1} + \frac{F_m}{2} \right].$$

In analoger Weise erhält man durch Addition der durch zwei aufeinander folgende Querschnitte begrenzten Theilvolumen für V den Werth:

Das Volumen des verdrängten Wassers, ausgedrückt durch die Querschnitte.

$$V = 2 \cdot \frac{L}{n} \left[\frac{S_0}{2} + S_1 + S_2 \dots S_{n-1} + \frac{S_n}{2} \right].$$

Sind in diesen Formeln F und S in Quadratmetern T und L in Metern ausgedrückt, so erhält man V in Cubikmetern. Schwimmt das Schiff in Wasser, dessen specifisches Gewicht gleich der Einheit ist, so stellt V auch die Anzahl Tonnen à 1000 Kilogramm dar, welche das Schiff wiegt; schwimmt das Schiff dagegen in Seewasser vom spec. Gewichte 1,026, so ist das Schiffsgewicht

$$1,026 \cdot V.$$

Bezeichnen wir ferner die Länge der Schnittlinien des Horizontalschnitts F_0 mit den Querschnitten $S_0, S_1, S_2 \dots$ bis S_n mit $y_{0,0}, y_{0,1}, y_{0,2} \dots y_{0,n-1}, y_{0,n}$, so stellen letztere die Ordinaten des Horizontalschnitts F_0 in den gleichen Distanzen $\frac{L}{n}$ dar und F_0 lässt sich mit Hilfe derselben ausdrücken, nämlich:

$$F_0 = \frac{L}{n} \left[\frac{y_{0,0}}{2} + y_{0,1} + y_{0,2} \dots y_{0,n-1} + \frac{y_{0,n}}{2} \right];$$

Der Flächeninhalt der Horizontalschnitte.

ebenso ergibt sich bei analoger Bezeichnungsweise für den Horizontalschnitt F_1

$$F_1 = \frac{L}{n} \left[\frac{y_{1,0}}{2} + y_{1,1} + y_{1,2} + y_{1,3} \dots y_{1,n-1} + \frac{y_{1,n}}{2} \right]$$

und für F_m

$$F_m = \frac{L}{n} \left[\frac{y_{m,0}}{2} + y_{m,1} + y_{m,2} + \dots y_{m,n-1} + \frac{y_{m,n}}{2} \right].$$

Substituirt man die mit Hilfe ihrer Ordinaten ausgedrückten Flächeninhalte der Horizontalschnitte in dem vorstehenden Werthe für V , so erhält man für das Volumen des vom Schiffe bis zum Horizontalschnitt F_0 verdrängten Wassers folgenden schematischen Ausdruck:

Die Deplacementstafel.

$$V = 2 \frac{T}{m} \cdot \frac{L}{n} \cdot \left\{ \begin{array}{cccccc} \frac{y_{0,0}}{4} & + \frac{y_{0,1}}{2} & + \frac{y_{0,2}}{2} & \dots & \frac{y_{0,n-1}}{2} & + \frac{y_{0,n}}{4} \\ + \frac{y_{1,0}}{2} & + y_{1,1} & + y_{1,2} & \dots & y_{1,n-1} & + \frac{y_{1,n}}{2} \\ + \frac{y_{2,0}}{2} & + y_{2,1} & + y_{2,2} & \dots & y_{2,n-1} & + \frac{y_{2,n}}{2} \\ \vdots & & & & & \\ + \frac{y_{m-1,0}}{2} & + y_{m-1,1} & + y_{m-1,2} & \dots & y_{m-1,n-1} & + \frac{y_{m-1,n}}{2} \\ + \frac{y_{m,0}}{4} & + y_{m,1} & + y_{m,2} & \dots & y_{m,n-1} & + \frac{y_{m,n}}{4} \end{array} \right\}$$

Dieses Schema wird die Deplacementstafel genannt und das Produkt $2 \cdot \frac{T}{m} \cdot \frac{L}{n}$, mit welchem die in der Klammer stehende Summe multiplicirt erscheint, heisst der Deplacementsfactor. Will man die Formel in Worten ausdrücken, so erhält man als Regel für die Bestimmung des Deplacements eines durch eine Zeichnung gegebenen Schiffes, welches bis zu dem Horizontalschnitt F_0 eintaucht:

„Man misst sämtliche Ordinaten der halben Horizontalschnitte in dem Maassstabe der Zeichnung auf und ordnet dieselben zu einem rechteckigen Schema, indem man die den einzelnen Horizontalschnitten entsprechenden Werthe in horizontalen Reihen so hinschreibt, dass die den Querschnitten entsprechenden Werthe (die Ordinaten mit gleichem zweiten Index) in vertikalen Reihen erscheinen; nach Division der die Seiten des Rechtecks bildenden Werthe mit 2 und der die Ecken bildenden Werthe mit 4, addirt man sämtliche Maasse und multiplicirt die erhaltenen Summen mit dem Deplacementsfactor.“

Werden sämtliche Ordinaten, sowie die Länge und der Tiefgang von einer Zeichnung in $\frac{1}{50}$ natürlicher Grösse in mm aufgemessen, so erscheint das Resultat in Cubikmillimetern und bedarf zur Ueberführung in das Deplacement des wirklichen Schiffes in Cubikmetern der Multiplikation mit

$$\frac{50^3}{1000^3} = \frac{1}{8000}$$

Die vorstehende Ableitung des Ausdruckes für das Deplacement eines Schiffes setzt die von den Horizontalschnitten und Querschnitten gebildeten Curven als Polygone voraus, deren Eckpunkte mit den Endpunkten der Ordinaten zusammenfallen. Es ist daher klar, dass die Methode im Allgemeinen ein zu kleines Resultat liefern wird; der Grad der Genauigkeit ist jedoch um so grösser, je grösser die Anzahl Seiten dieser Polygone, d. h. je grösser die Anzahl der Ordinaten der Horizontal- und Querschnitte ist. Für die Praxis genügen 21 Ordinaten für erstere und 11 Ordinaten

für letztere, was einer Theilung des Tiefgangs durch die Horizontalschnitte in 10 gleiche Theile und der Länge durch Querschnitte in 20 gleiche Theile entspricht.

Eine andere Methode zur Bestimmung der Deplacements mit Hilfe der einer Zeichnung entnommenen Maasse, welche mit derselben Anzahl Ordinaten ein genaueres und mit einer geringeren Anzahl ein ebenso genaues Resultat liefert, wie die vorstehende, setzt die von den Wasserlinien und Spanten gebildeten Curven als aus Parabelbogen zusammengesetzt voraus derart, dass der durch die Endpunkte von drei aufeinander folgenden Ordinaten gehende Bogen als mit einer Parabel zusammenfallend angenommen wird. Dies bedingt unter Beibehaltung unserer bisherigen Bezeichnungswiese für die Zahlen m und n , dass diese gerade sind. Angenommen, es handele sich um die Bestimmung des Flächeninhalts des Horizontalschnitts F_0 , dessen Ordinaten $y_{00}, y_{01}, y_{02} \dots y_{0n-1}$ und y_{0n} mit der Distanz $\frac{L}{n}$ sind, so ergibt sich der Inhalt des zwischen den Ordinaten y_{00} und y_{02} liegenden Flächenstücks zu:

$$\frac{L}{3n} (y_{00} + 4y_{01} + y_{02});$$

ferner des Stücks zwischen y_{02} und y_{04} zu

$$\frac{L}{3n} (y_{02} + 4y_{03} + y_{04})$$

und zwischen $y_{0, n-2}$ und $y_{0, n}$ zu

$$\frac{L}{3n} (y_{0, n-1} + 4y_{0, n-2} + y_{0, n}).$$

Durch Addition dieser einzelnen Stücke, deren Anzahl $\frac{n}{2}$ beträgt, erhält man:

$$F_0 = \frac{L}{3n} (y_{00} + 4y_{01} + 2y_{02} + 4y_{03} + \dots + 4y_{0, n-1} + y_{0n})$$

und dem entsprechend

$$F_1 = \frac{L}{3n} (y_{10} + 4y_{11} + 2y_{12} + \dots + 4y_{1, n-1} + y_{1n})$$

u. s. w.

Behufs Zusammensetzung der auf diese Weise ermittelten Flächeninhalte der Horizontalschnitte zum Volumen des verdrängten Wassers kann ich demnächst die frühere Methode benutzen und erziele dadurch in sofern eine grössere Genauigkeit, als die Flächeninhalte der Horizontalschnitte $F_0, F_1, F_2 \dots$ bereits genauer sind oder aber es ist zu bedenken, dass bei m gerade das Volumen des unter Wasser befindlichen Theils des Schiffskörpers durch die Schnitte $F_0, F_2, F_4 \dots F_{m-2}$ und F_m in $\frac{m}{2}$ Zonen zerlegt wird, welche paarweise durch diese Schnitte als Endflächen begrenzt werden und von denen noch eine, in der Mitte zwischen den Endflächen

Anwendung der
Simpson'schen
Regel zur
Flächen- und
Volumen-
bestimmung.

gelegene Durchschnittsfläche, nämlich die mit den ungraden Indices, der Grösse nach bekannt ist. Mithin ist das Stück zwischen F_0 und F_2 gleich

$$\frac{T}{3m} (F_0 + 4F_1 + F_2);$$

ferner das Stück zwischen F_2 und F_4 gleich

$$\frac{T}{3m} (F_2 + 4F_3 + F_4) \quad \text{u. s. w.}$$

Durch Addition sämtlicher Theilvolumen erhalte ich:

$$V = 2 \cdot \frac{T}{3m} (F_0 + 4F_1 + 2F_2 + 4F_3 + \dots + 4F_{m-1} + F_m).$$

Dasselbe Raisonement liefert für die Querschnitte oder Spantflächen:

$$S_0 = \frac{T}{3m} (y_{00} + 4y_{10} + 2y_{20} + 4y_{30} \dots + 4y_{m-1,0} + y_{m,0}),$$

$$S_1 = \frac{T}{3m} (y_{01} + 4y_{11} + 2y_{21} + 4y_{31} \dots)$$

u. s. w. und als Ausdruck für das Displacement mittelst der Spantflächen

$$V = 2 \cdot \frac{L}{3n} (S_0 + 4S_1 + 2S_2 + 4S_3 \dots + 4S_{n-1} + S_n).$$

Vorsnehmende
Correcturen.

Im Vorstehenden ist angenommen, dass die Wasserlinien des Schiffes sämtlich an den Perpendikeln endigen und dass das Schiff gleichlastig liege. Trifft ersteres in Folge eines nach vorn geneigten Stevens nicht zu, so bringt man eine Correctur in der Weise an, dass man den vorderen Verlauf der betreffenden Curve so ändert, dass sie unter Beibehaltung des Flächeninhalts bis zum Perpendikel weiter geführt erscheint, was am besten durch einige Versuche zu bewerkstelligen ist. Ein ähnliches Verfahren führt auch bei einem steuerlastigen Schiff zum Ziele, dessen Spanten vor der Mitte oberhalb einer Horizontalen, hinter der Mitte unterhalb einer Horizontalen durch die Aussenkante-Sponung im Hauptspant endigen.

Es ist ausserdem noch zu erwähnen, dass alle ausserhalb der Aussenkante-Sponung von Kiel und Steven befindlichen Wasser verdrängenden Theile des Schiffes, so auch der benetzte Theil des Volumens des Ruders und ferner das Volumen der Schraubenböcke und Wellenrohre bei Doppelschraubenschiffen, zu dem berechneten Displacement hinzu zu addiren sind.

Allgemeine
Methode zur
Flächen- und
Volumen-
bestimmung.

Im Interesse eines besseren Verständnisses der Formeln für die Bestimmung des Flächeninhalts von Curven und der Volumenbestimmung von Körpern, welche von gekrümmten Flächen begrenzt sind, möge noch folgendes hinzugefügt werden: Es werde eine Curve auf rechtwinklige Coordinatenachsen bezogen, eine halbe Wasserlinie z. B. auf ihre Symmetrieachse als Abscissenachse und auf eine auf dieser senkrechten Linie als y Achse. Alsdann lässt sich der Flächeninhalt der Curve durch Parallelen zur y Achse in lauter Elementarstreifen zerlegen, deren Flächeninhalt

$$\frac{y_r + y_s}{2} \cdot \Delta x$$

ist, unter y_r und y_s die den gerade ins Auge gefassten Elementarstreifen begrenzenden Ordinaten verstanden, deren entsprechende Abscissen x und $x + \Delta x$ sind, so dass Δx die Entfernung dieser Ordinaten ist. Wird nun Δx sehr klein angenommen, so werden y_r und y_s ihrer Länge nach sehr wenig von einander unterschieden sein; wird Δx gleich Null, so wird $y_r = y_s$ und der Flächeninhalt unseres Elementarstreifens wird

$$\frac{y_r + y_s}{2} \Delta x$$

gleich $y_r \Delta x$ oder unter Fortlassung der Index und unter y die Ordinate der Wasserlinie an jeder beliebigen Stelle verstanden

$$y \cdot \Delta x.$$

Die Summe sämtlicher Flächeninhalte der Elementarstreifen oder der Gesamtinhalt unserer Curve lässt sich daher durch das Symbol

$$\sum_0^L y \cdot \Delta x$$

darstellen, wo die Index 0 und L unter und über Σ die Bedeutung haben, dass der Flächeninhalt innerhalb derjenigen begrenzenden Ordinaten gemeint ist, deren Abscissen 0 und L sind. Andererseits ist aber der Flächeninhalt einer durch die aequidistanten Ordinaten $y_0, y_1, y_2 \dots y_n$ gegebenen

Curve mit der Ordinatendistanz $\frac{L}{n}$ gleich

$$\frac{L}{n} \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + \frac{y_n}{2} \right)$$

oder, wenn n eine gerade Zahl:

$$\frac{L}{3n} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + \dots + 4y_{n-1} + y_n)$$

und wir haben demnach die Gleichung:

$$\sum_0^L y \Delta x = \frac{L}{n} \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right)$$

resp.

$$\sum_0^L y \Delta x = \frac{L}{3n} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + \dots + 4y_{n-1} + y_n).$$

Die Ausdrücke zur Rechten des Gleichheitszeichens nennt man Auflösungen des zur Linken stehenden symbolischen Ausdrucks.

In ähnlicher Weise lässt sich ein Körper in Elementarschichten zerlegen, deren Dicke sehr dünn, in letzter Linie unendlich dünn ist, deren Anzahl dagegen sehr gross und in letzter Linie unendlich gross ist. Bezeichnen wir z. B. den Flächeninhalt eines durch den unter Wasser befindlichen Theil des Schiffskörpers gelegten Horizontalschnitts mit F und die Dicke einer von F begrenzten Horizontalschicht mit ΔT , so ergibt sich als Elementarvolumen: $F \cdot \Delta T$,

mithin als Gesamtvolumen:

$$\sum_0^x F \cdot T,$$

wofür wir andererseits den Ausdruck:

$$\frac{T}{m} \left(\frac{F_0}{2} + F_1 + F_2 + \dots + \frac{F_m}{2} \right)$$

resp., wenn m eine gerade Zahl,

$$\frac{T}{3m} (F_0 + 4F_1 + 2F_2 \dots F_m)$$

gefunden haben.

Denkt man sich den unter Wasser befindlichen Theil des Schiffskörpers dagegen durch unendlich nahe auf einander folgende Querschnitte in seine Elementarvolumina zerlegt und diese summirt, so erhält man

$$\sum_0^L S \cdot \Delta L = \frac{L}{n} \left(\frac{S_0}{2} + S_1 + S_2 \dots \frac{S_n}{2} \right)$$

resp.

$$\sum_0^L S \cdot \Delta L = \frac{L}{3n} (S_0 + 4S_1 + 2S_2 \dots 4S_{n-1} + S_n).$$

Das Wasserlinien- und Spantendiagramm.

Fassen wir eine der Formeln für das Volumen des verdrängten Wassers ins Auge, z. B. folgende:

$$V = 2 \frac{T}{m} \left(\frac{F_0}{2} + F_1 + F_2 \dots \frac{F_m}{2} \right),$$

so lässt sich dieselbe auch schreiben:

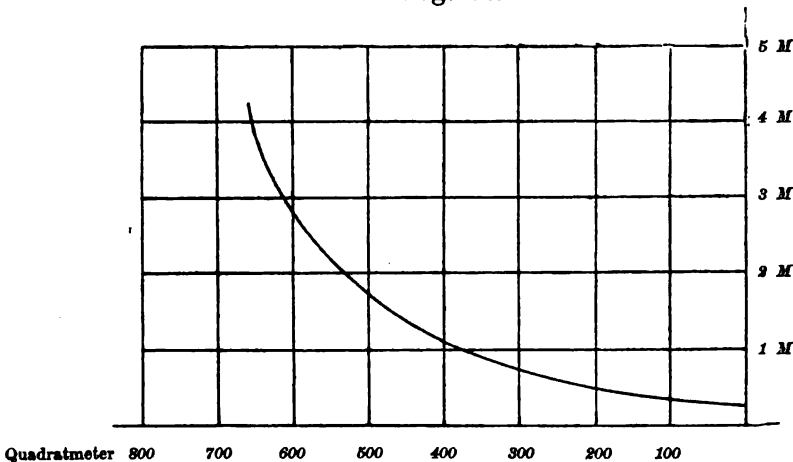
$$V = \frac{T}{m} \left(2 \cdot \frac{F_0}{2} + 2F_1 + 2F_2 \dots 2 \frac{F_m}{2} \right)$$

und die in der Klammer auftretenden Summanden erscheinen nunmehr bis auf die Endglieder als die ganzen Flächeninhalte der Horizontalschnitte. Denkt man sich die Grössen $2F_0$, $2F_1$, $2F_2$ u. s. w. statt als eine gewisse Anzahl Quadrat-einheiten enthaltend, ebenso viele Längeneinheiten darstellend, so würde V sich als Flächeninhalt einer Curve ergeben, deren Ordinaten eben diese Längen $2F_0$, $2F_1$, $2F_2$ u. s. w. in den gleichen Abständen $\frac{T}{m}$ sein würden. Eine Curve dieser Art wirklich gezeichnet, würde eine graphische Darstellung der Flächeninhalte der Wasserlinien in einer Ebene sein; sie wird Wasserliniendiagramm genannt.

Fig. 72 stellt das Wasserliniendiagramm eines unserer neuesten Schiffe dar; in demselben erscheint die Distanz der horizontalen Ordinaten in $\frac{1}{100}$ natürlicher Grösse; die Flächeninhalte der Wasserlinien sind dagegen in horizontaler Richtung abgesetzt und es repräsentirt 1 mm Länge, horizontal gemessen 10 Quadratmeter Flächeninhalt.

Das Wasserliniendiagramm gestattet, zunächst auch für solche Tiefgänge, welche kein ganzes Vielfaches der Wasserliniendistanz $\frac{T}{m}$ sind, die Grösse der zugehörigen Schwimmebene zu finden. Zu dem Ende hat man den betreffenden Tiefgang auf der vertikalen Achse in dem geltenden Maassstab von unten nach oben abzusetzen, die Länge der zugehörigen horizontalen Ordinate unter Zugrundelegung des für diese geltenden Maassstabs ist dann der gesuchte Flächeninhalt der Schwimmebene. Angenommen, das Schiff, dem das in Fig. 72 dargestellte Diagramm entspricht, liege auf 3,75 m Tiefgang, so ergibt das Diagramm mit hinreichender Genauigkeit als Flächeninhalt der bei diesem Tiefgang vorhandenen Schwimmebene 645 Quadratmeter. Ferner angenommen, das Schiff nehme unter diesen Umständen 20 Tonnen Mehrgewicht an Bord und es handle sich um die Be-

Fig. 72.



stimmung der daraus resultirenden Vergrößerung des mittleren Tiefgangs, so ist zu bedenken, dass der Gewichtsvergrößerung von 20 Tonnen eine ebensogrosse Vergrößerung des Auftriebs entsprechen muss; letztere ist aber, wenn wir die Vergrößerung des Tiefgangs mit x bezeichnen, bei einem Flächeninhalt der Schwimmebene von 645 Quadratmeter und unter der Voraussetzung, dass das spezifische Gewicht des Wassers, in dem das Schiff schwimmt, gleich 1 ist, $x \cdot 645$. Wir haben somit als Gleichung für die Bestimmung von x :

Ermittelung der
Aenderung des
mittleren Tief-
gangs mit Hilfe
des Wasserlinien-
diagramms.

$$x \cdot 645 = 20,$$

folglich

$$x = \frac{20}{645} = 0,031 \text{ Meter}$$

und der Tiefgang des Schiffes nach Anbordnahme von 20 Tonnen wird sein;

$$3,75 + 0,031 = 3,781 \text{ Meter.}$$

Anzahl Tonnen
pro cm Mehr-
oder Minder-
tauchung.

Um demnach die Vergrößerung des mittleren Tiefgangs in Folge einer gewissen Mehrbelastung zu finden, hat man letztere durch den Flächeninhalt der bei diesem Tiefgang vorhandenen, dem Wasserliniendiagramm zu entnehmenden Schwimmfläche zu dividiren. Umgekehrt ergibt sich das Gewicht, welches erforderlich ist, eine gewisse, etwa wünschenswerthe Vergrößerung des gerade vorhandenen mittleren Tiefgangs hervorzubringen, indem man den Flächeninhalt der zugehörigen Schwimmebene mit der gegebenen Tiefgangsvergrößerung multiplicirt. So würde z. B. das Schiff mit dem Wasserliniendiagramm, Fig. 72, bei einem mittleren Tiefgang von 3,75 Meter $645 \cdot 0,01 = 6,45$ Tonnen Mehrbelastung gebrauchen, um 0,01 Meter, d. h. 1 cm tiefer zu gehen.

Das Wasserliniendiagramm gestattet ferner für jeden beliebigen Tiefgang die Bestimmung des entsprechenden Displacements durch einfache Berechnung seines Flächeninhalts unterhalb der zu dem gegebenen Tiefgang gehörigen horizontalen Ordinate. Es bedarf dazu nur der Eintheilung des gegebenen Tiefgangs in eine gewisse Anzahl gleicher Theile und der Aufmessung der den Theilpunkten entsprechenden horizontalen Ordinaten, um über sämtliche zu einer Displacementsberechnung erforderlichen Größen zu verfügen. Endlich möge noch hervorgehoben werden, dass die Entfernung des Flächenschwerpunkts des Wasserliniendiagramms von der Unterkante Kiel oder unterhalb einer gewissen, als momentane Schwimmfläche fungirenden horizontalen Ordinate übereinstimmt mit der Entfernung des Displacementsschwerpunktes von Unterkante Kiel oder unterhalb der Schwimmfläche.

Das Spanten-
diagramm.

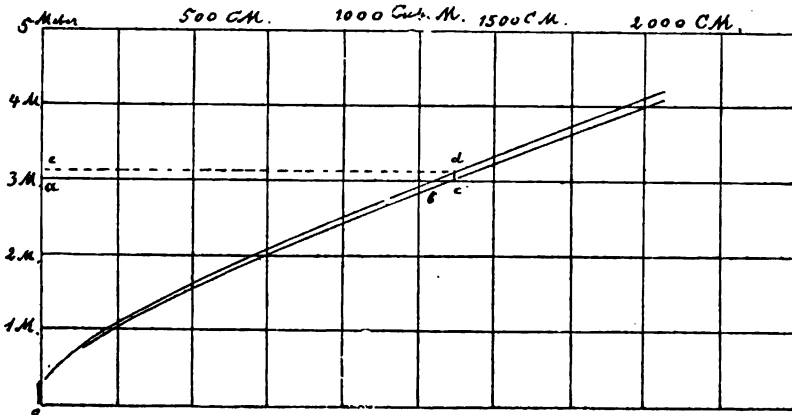
In ähnlicher Weise, wie das Wasserliniendiagramm lässt sich auch das sogenannte Spantendiagramm darstellen. Ein solches wird gewöhnlich über einer Linie von der Länge des Schiffes als Abscissenaxe gezeichnet, auf welcher man in den gleichen Intervallen $\frac{L}{n}$ oder der Spantendistanz,

Lothe von solcher Länge errichtet, dass dieselben in einem passend gewählten Maassstabe die Flächeninhalte der Spanten darstellen. Eine continuirlich durch die Endpunkte dieser Lothe verlaufende Curve bildet mit der Abscissenachse das Diagramm. Der Flächeninhalt desselben stellt ebenfalls das Displacement dar und die Lage seines Flächenschwerpunktes vor oder hinter der Mitte der Abscissenaxe, stimmt überein mit der Lage des Displacementsschwerpunktes vor oder hinter der Mitte des Schiffes. Das Spantendiagramm lässt ausserdem erkennen, ob der Auftrieb des Schiffes mit Rücksicht auf dessen Gewicht pro Längeneinheit so vertheilt ist, dass die Beanspruchung des Schiffskörpers in der Richtung seiner Länge möglichst gering ausfällt.

Das Displacementsdiagramm.

Werden mit Hülfe des Wasserliniendiagramms für eine Anzahl verschiedener Tiefgänge, etwa mit der Distanz der Wasserlinien fortschreitend, die zugehörigen Displacements berechnet, so kann man die erhaltenen Resultate zur Construction einer Curve benutzen, welche das Displacementsdiagramm genannt wird. In Fig. 73 stellt die obere der beiden gezeichneten Curven das Displacementsdiagramm desselben Schiffes dar, dem das in Fig. 72 gegebene Wasserliniendiagramm entspricht, während die untere Curve sich dadurch von dem eigentlichen Displacementsdiagramm unterscheidet, dass ihre horizontalen Ordinaten im Verhältniss des specifischen Gewichts des Seewassers vergrössert sind. Letztere Curve entspricht daher dem Schiffsgewicht in Tonnen. Was die bei der Aufzeichnung der Curven zur Anwendung gekommenen Maassstäbe betrifft, so sind die Tiefgänge in $\frac{1}{100}$

Fig. 73.



natürlicher Grösse aufgetragen, so dass 1 mm einem Decimeter entspricht, während für die horizontalen Ordinaten 1 mm 25 Cubikmeter resp. 25 Tonnen darstellt.

Das Displacementsdiagramm gestattet auch für solche Tiefgänge, welche kein Vielfaches der Wasserliniendistanz sind, das unmittelbare Abgreifen des zugehörigen Displacements resp. Schiffsgewichte. So verdrängt das Schiff, welchem das Displacementsdiagramm von Fig. 73 entspricht, bei einem Tiefgang von 3,50 Meter 1600 Cubikmeter Seewasser mit einem Gewicht von 1640 Tonnen. Mittelst der oberen und unteren Curve kann ich ferner folgende Aufgabe lösen: Ein Schiff hat in Seewasser schwimmend einen gewissen Tiefgang; um wieviel wird dasselbe vergrössert, wenn das Schiff in eine Flussmündung einläuft, wo das sp. Gewicht des Wassers gleich 1 ist? — Zur Lösung dieser Aufgabe bedarf es im Diagramm nur des Linienzuges *abcde*. Ist der Tiefgang in See gleich der Länge *oa*, so ist der Tiefgang in Wasser vom sp. Gewichte 1 gleich *oe*. Das Schiffs-

Benutzung des Displacementsdiagramms.

gewicht ist nämlich in beiden Fällen dasselbe, und zwar gleich ac oder de , während die Deplacements in Seewasser und in Wasser vom sp. Gewichte 1 sich verhalten wie die Längen ac zu ab .

Uebergang vom
Tiefgang in
Salzwasser zum
Tiefgang in
Süsswasser.

Eine anderweitige Ueberlegung ergibt übrigens die Tiefgangsvergrößerung beim Uebergang von Seewasser auf Süsswasser resp. die Tiefgangsverkleinerung für den umgekehrten Fall zu

$$\frac{0,026 V}{F}$$

wobei V die dem Deplacementsdiagramm zu entnehmende Anzahl von Cubikmetern verdrängten Wassers und F die dem Wasserliniendiagramm entsprechende Schwimfläche für den gerade vorhandenen mittleren Tiefgang bedeutet. Aus dieser Formel folgt, dass die in Rede stehende Differenz der Tiefgänge direct proportional ist mit dem Deplacement und umgekehrt proportional ist mit dem Flächeninhalt der Schwimfläche. Ein Theil der im Vorstehenden abgeleiteten Formeln finden bei der Vermessung der Schiffe Anwendung, über die im folgenden Abschnitt das Nothwendige zur Sprache gebracht ist.

Die Vermessung der Schiffe.

Da jedes Schiff für die Benutzung von Häfen, Canälen und Docks, für die Leistungen der Lootsen und im Verkehr mit den Zollbehörden gewisse Abgaben an den Fiskus und andere empfangsberechtigte Behörden zu entrichten hat, so ist es nothwendig, für dasselbe eine solche Basis resp. Quantität zu ermitteln, welche eine gerechte und billige Bemessung solcher Abgaben gestattet. Bei Handelsschiffen kann diese Basis nur mit dem commerciellen Werth des Schiffes proportional sein; sie würde demnach für leichte Güter durch das Stauvermögen, für specifisch schwere Güter dagegen durch die Differenz des Deplacements des leeren Schiffes und des normalen Deplacements ausgedrückt werden können. Da indessen die Anzahl Tonnen Gewicht, die ein Schiff mit Sicherheit an Bord nehmen kann, je nach der Jahreszeit, dem Klima und der Länge der Reise verschieden sein wird, so hat man das Stauvermögen als eine geeignete Quantität zur Bemessung der Abgaben gewählt, d. h. das innere für die Unterbringung von Waaren resp. Passagieren disponible Volumen des Schiffes ist maassgebend für dessen sogenannten Tonnengehalt. Die Bezeichnung Tonnengehalt rührt daher, dass es zu einer gewissen Zeit üblich gewesen ist, das Stauvermögen der Schiffe durch die Anzahl Fässer einer gewissen Grösse, die in demselben verstaut werden konnten, auszudrücken.

Die Register-
tonne.

Die z. Z. fast internationale officiële Einheit für den Tonnengehalt der Schiffe ist die englische Registertonne, ein Volumen von 100 Cubikfuss englisch oder 2,83 Cubikmeter. Das innere Volumen des Schiffes, inclusive

des Volumens etwaiger Aufbauten auf dem Oberdeck, ausgedrückt in englischen Cubikfussen und durch 100 getheilt oder in Cubikmetern und durch 2,83 getheilt liefert den Bruttotonnagehalt des Schiffes. Die Aufmessung des inneren Schiffsvolumens geschieht in Deutschland für die Kriegsmarine durch Beamte der Kaiserlichen Werften, für Handelsschiffe durch Beamte der Zollbehörden und zwar nach bestimmten, gesetzlich vorgeschriebenen Regeln. Diese Regeln sind kurz folgende: Die Länge des Schiffes auf dem zweiten Deck von unten gerechnet, dem sog. Vermessungsdeck wird in eine gerade Anzahl von gleichen Theilen getheilt und in den Theilpunkten werden Querschnittsebenen durchgelegt. Die Höhe dieser Querschnitte wird ihrerseits in eine gerade Anzahl Theile getheilt und durch die Theilpunkte werden horizontale Ordinaten gelegt. Letztere werden aufgemessen und mittelst der Simpsonschen Regel zur Berechnung des Flächeninhalts der Querschnitte benutzt. Die erhaltenen Resultate werden demnächst ebenfalls nach der Simpsonschen Regel zum Volumen zusammengesetzt. Demnächst findet die Aufmessung der oberhalb des Vermessungsdecks gelegenen regelmässiger gestalteten Räume statt. Nach Summirung der erhaltenen Einzelvolumen erfolgt die Division mit dem Divisor 100 oder 2,83, je nachdem englisches oder Metermaass bei der Aufmessung zur Anwendung gekommen ist. Um den Nettotonnagehalt, das heisst denjenigen Tonnagehalt zu bekommen, nach welchem das Schiff wirklich besteuert wird und der mittelst eines zu den Schiffspapieren gehörigen officiellen Documents, den Messbrief, attestirt wird, werden vom Bruttotonnagehalt die nicht direct lucrativen, d. h. nicht für die Unterbringung von Waaren oder Passagieren benutzten Räume in Abzug gebracht. Diese Räume sind für Segelschiffe die Wohnstätten der Mannschaft. Dieselben gelangen mit einem Maximalbetrag von 5 % des Bruttogehalts in Abzug.

Der Bruttotonnagehalt.

Der Nettotonnagehalt.

Für Dampfer werden ausserdem die von den Maschinen und Kesseln sowie Kohlen beanspruchten Räume mit einem Maximalbetrag von 50 % des Bruttogehalts abgezogen, derart, dass der Nettogehalt eines Schiffes nie weniger als 45 % des Bruttogehalts betragen kann, es sei denn, dass das Schiff ein Schlepper ist.

Die im vorstehenden angegebene Art und Weise, die Abzüge vom Bruttogehalt zu machen, wird die deutsche Methode genannt, die auch von der Suezcanalgesellschaft als gültig anerkannt wird.

Die deutsche Vermessungsmethode.

In England werden diese Abzüge in anderer Weise festgestellt und zwar zum Nachtheil des Fiscus und zum Vortheil der Rheder und mit der weiteren Wirkung, dass viele Handelsschiffe anderer Nationen unter englischer Flagge mit in England ausgestellten Messbriefen fahren. Die betreffende Methode wird die Procent-Methode oder die englische Methode genannt. Sie besteht darin, dass nur der eigentliche Maschinenraum ohne die Kohlenbunker aufgemessen wird. Liegt dessen Volumen bei Schraubenschiffen zwischen 13 und 20 % des Bruttogehalts, so wird als Abzug für

Die englische Vermessungsmethode.

Maschinen-, Kessel- und Kohlenraum 32 % des Bruttogehalts bewilligt. Ist das Schiff ein Raddampfer und beträgt das Volumen von dessen Maschinen- und Kesselraum mehr als 20- und weniger als 30 % des Bruttogehalts, so beträgt der Abzug für Maschinen und Kohlenräume 37 % des Bruttogehalts. Liegt dagegen das Volumen des Maschinen- und Kesselraumes ausserhalb der angegebenen Grenzen, so addirt man bei Schraubenschiffen 75 %, bei Radschiffen 50 % dieser Räume hinzu, um den Abzug zu bekommen.

Ein Beispiel wird die Unvollkommenheit der englischen Methode für die Bemessung der Abzüge beweisen.

Gegeben zwei Schiffe mit demselben Bruttogehalt von 3000 Tonnen. Bei dem ersten betrage der Inhalt von Maschinen- und Kesselraum 12,66 %, bei dem zweiten 13,33 % vom Bruttogehalte; wie gross ist der Nettogehalt eines jeden?

Bei dem ersten Schiff ist das Volumen des Maschinen- und Kesselraums kleiner als 13 % des Bruttogehalts, folglich ist der Abzug:

$$\frac{3000 \cdot 12,66}{100} + 0,75 \left(\frac{3000 \cdot 12,66}{100} \right) = 650$$

also ist der Nettogehalt gleich $3000 - 650 = 2350$ Tonnen.

Beim zweiten Schiff, dessen Maschinen und Kesselraum mehr als 13 % des Bruttogehalts misst, werden 32 % von 3000, d. h. 960 Tonnen abgezogen und der Nettowerth ist $3000 - 960 = 2040$ Tonnen.

Während die Volumina der Maschinen- und Kesselräume nur um 20 Tonnen differiren, unterscheiden sich die Nettotonnagehalte um 310
 Die Donauregel. Tonnen, für welche das 2te Schiff weniger Abgaben zahlt. Die Bemessung der Abzüge unter Annahme von 75 % der Maschinen- und Kesselräume für die Kohlenbunker von Schraubenschiffen und von 50 % derselben Räume für die Kohlenbunker von Raddampfern wird gewöhnlich die Donauregel
 Die Suezregel. genannt. Die sogenannte Suezregel gestattet Messbriefe nach der deutschen Methode und nach der Donauregel, sofern Kohlenbunker von unveränderlichem Inhalt und ohne Communication mit den Laderäumen vorhanden sind. Trifft letzteres nicht zu, so ist nur die Donauregel gestattet. Im Uebrigen hat die Suez-Canal-Commission den Maximalabzug, entsprechend der deutschen Methode, für die Wohnräume der Mannschaft auf 5 % und für Maschinen, Kessel- und Kohlenräume auf 50 % fixirt.

Bei der ersten Einführung der Register-Tonne kam häufig der Fall vor, dass Messbriefe für beladene Schiffe, deren Inneres für die Ausmessung nicht zugänglich war, ausgestellt werden mussten. Zur Bestimmung des Bruttogehalts solcher Schiffe genügte ein angenähertes Verfahren, welches jedoch nach Fortfall des angegebenen Grundes durch das vollständige Verfahren ersetzt werden musste. Bezeichnet man die Länge des Schiffes auf dem Oberdeck von Aussenkante zu Aussenkante Sponung an den Steven gemessen mit L , den mit einer Kette gemessenen äusseren Umfang des Schiffes von Schandeckel zu Schandeckel mit G , die grösste Breite des Schiffes mit B , so ist der Bruttotonnagehalt für beladene hölzerne resp. Compositeschiffe:

Abgekürzte
Vermessung.

$$\left(\frac{G+B}{2}\right)^2 \cdot L \cdot 0,0017$$

für beladene eiserne Schiffe:

$$\left(\frac{G+B}{2}\right)^2 \cdot L \cdot 0,0018$$

während die Abzüge nach den Regeln für das vollständige Verfahren bestimmt wurden.

In den Handelshäfen sind ausser den Registertonnen noch verschiedene andere Angaben, um das Stauvermögen und die Tragfähigkeit eines Schiffes anzugeben, im nicht officiellen Verkehr im Gebrauch. Von denselben sei zunächst die sogenannte „Builders old measurement tonnage“ erwähnt, welche früher in England gesetzlich war. Bezeichnet man die Länge von Hinterkante Hintersteven in der Verlängerung der Kielsponung bis zu einer durch den vordersten Punkt des Vorstevens unterhalb des Bugspriets gehenden Vertikalen, der Kielsponung entlang gemessen, mit L , die grösste Breite auf Aussenkante Planken mit B , so lautet die *B. O. M.* Formel für die Bestimmung des Bruttotonnagehalts:

$$\frac{(L - 0,6 B) \cdot 0,5 B^2}{94}$$

Die Mängel dieser Formel liegen auf der Hand; unter anderem kommt in derselben keine vertikale Dimension vor, während die eigenthümliche Art, die Länge zu messen, zu vertikalen Vorsteven und stark geneigten Hintersteven führt. Ausserdem hatte der Umstand, dass die Breite auf Aussenkante-Planken gemessen wurde, die Folge, dass die Schiffswände möglichst dünn gemacht wurden. Die *B. O. M.* Regel hat sich natürlich so lange gehalten, weil die Rheder durch dieselbe bevorteilt wurden; sie hat dagegen auf die Entwicklung des Schiffbaues keinen günstigen Einfluss ausgeübt.

Eine andere Art von Tonnenmaass, von der man in den Handelsstädten vielfach Kenntniss zu nehmen hat, ist die „Dead weight tonnage“. Man versteht darunter einfach das Gewicht der Ladung in englischen Tonnen bei seinem normalen Displacement.

Dead weight
Tonnage.

Noch eine andere Grössenangabe, welcher man bei Postdampfern und Passagierschiffen begegnet, ist die „Freight ton“, ein Volumenmaass von 0,4 Registertonnen. Eine Tonnenangabe nach Freight tonnage ohne die Hinzufügung dieser Bezeichnung und unter der Voraussetzung, dass Registertonnen gemeint seien, lässt Unkundigen gegenüber den Tonnengehalt $2\frac{1}{2}$ mal zu gross erscheinen.

Freight Tonnage.

Die „Displacementstonne“ ist besonders für Kriegsschiffe und solche Schiffe, deren Tiefgang nicht bedeutend variirt, ein geeignetes Maass. Man versteht darunter das Gewicht des Schiffes bei seinem normalen mittleren Tiefgang.

Displacements-
tonne.

Das Tonneau
d'encombrement.

Im Handelsverkehr französischer Häfen findet man das „tonneau d'encombrement“, eine der ältesten Volumeneinheiten zur Angabe des Stauvermögens von Schiffen der französischen Handelsmarine. Das tonneau d'encombrement ist dem Volumen nach gleich 1,44 Cubikmeter, also um ein geringes mehr als eine halbe Registertonne. Es repräsentirt im Uebrigen den Raum, den vier Bordeauxfässer von solcher Grösse einnehmen, dass deren Gewicht im gefüllten Zustande 2000 ältere französische Pfund, also ungefähr eine Tonne à 1000 Kilogrammes wogen.

Das Tonneau
d'affrètement.

Im Zusammenhang mit dem tonneau d'encombrement ist auch das französische tonneau d'affrètement zu erklären. Nach derselben wird die Fracht bezahlt und sie stellt je nach der Natur der Waaren ein Gewicht, ein Volumen oder selbst eine Stückzahl der zu stauenden Güter dar. Wiegt ein Volumen einer Waare von 1,44 Cubikmeter, d. h. einem tonneau d'encombrement, weniger als 1000 Kilogrammes, so ist das tonneau d'affrètement diejenige Quantität der Waare, die dem Volumen nach 1,44 Cubikmeter misst. So ist z. B. in französischen Häfen ein tonneau d'affrètement Hartbrod oder abgekürzt eine Tonne Hartbrod gleich 600 Kilogrammes, weil 1,44 Cubikmeter Hartbrod 600 Kilogrammes wiegen. Wiegt dagegen das tonneau d'encombrement mehr als 1000 Kilogrammes, so versteht man unter einem tonneau d'affrètement 1000 Kilogrammes der Waare. Um schliesslich noch ein tonneau d'affrètement nach Stückzahl anzuführen, sei bemerkt, dass die in Bordeauxfässern von ungefähr 280 litres Inhalt zur Verladung kommenden Getränke einem tonneau d'affrètement gleich 4 entsprechen, da 4 Stück solcher Fässer einen Raum von 1,44 Cubikmeter einnehmen und sie ausserdem 1000 Kilogrammes wiegen.

Bestimmung der Lage des Deplacementsschwerpunkts.

Die Kenntniss der Lage des Deplacementsschwerpunkts ist nothwendig, weil die Resultante aus sämtlichen am schwimmenden Schiffe angreifenden vertikalen Componenten des Wasserdrucks, welche der Grösse nach gleich dem Gewichte des verdrängten Wassers ist, durch ihn geht. Der Deplacementsschwerpunkt fällt zusammen mit dem Volumenschwerpunkt des verdrängten Wassers; folglich liegt er bei aufrecht schwimmendem Schiff in dessen Symmetrieebene, im Uebrigen der Höhe nach eben so tief unter Wasser wie der Flächenschwerpunkt des Wasserliniendiagramms unterhalb der die Schwimmfläche oder die obere Wasserlinie darstellenden Ordinate und der Länge nach ebenso weit vor dem hinteren Perpendikel, wie der Flächenschwerpunkt des Spantendiagramms vor dem hinteren Perpendikel liegt. Angenommen, die Schwimmebene falle mit F_0 zusammen, so wird der Flächeninhalt des Wasserliniendiagramms bis zu der Ordinate F_0 das Deplacement des Schiffes darstellen, welches wir mit V bezeichnen wollen.

Es sei ferner die Entfernung des Displacementsschwerpunkts von F_0 mit II bezeichnet, so bildet das Produkt $V \cdot H$ das Moment des Displacements mit Bezug auf die Schwimmfläche F_0 . Durch die übrigen Horizontalschnitte $F_1, F_2, F_3 \dots F_m$ wird das Volumen des verdrängten Wassers in m Schichten von der Dicke $\frac{T}{m}$ oder das Wasserliniendiagramm in m Zonen von der Breite $\frac{T}{m}$ zerlegt, deren Volumen resp. Flächeninhalte wir $v_1, v_2, v_3 \dots v_m$ nennen wollen, während die Schwerpunktsabstände dieser Volumen resp. Flächenelemente von F_0 der Reihe nach mit $h_1, h_2, h_3 \dots h_m$ bezeichnet werden mögen, alsdann können wir das Moment $V \cdot H$ durch die Summe der Momente der einzelnen Schichten des Displacements ausdrücken und wir haben als Gleichung zur Bestimmung von H

$$V \cdot H = v_1 \cdot h_1 + v_2 \cdot h_2 + v_3 \cdot h_3 + \dots + v_m \cdot h_m.$$

Hieraus ergibt sich

$$H = \frac{v_1 \cdot h_1 + v_2 \cdot h_2 + v_3 \cdot h_3 \dots + v_m \cdot h_m}{V}.$$

Es ist aber v_1 das Volumen der Displacementsschicht zwischen F_0 und F_1 oder der Flächeninhalt des Wasserliniendiagramms zwischen den Ordinaten F_0 und F_1 , d. h.

$$\begin{aligned} v_1 &= \frac{F_0 + F_1}{2} \cdot \frac{T}{m}, & \text{ebenso} \\ v_2 &= \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot \frac{T}{m} \\ v_3 &= \frac{F_2 + F_3}{2} \cdot \frac{T}{m} \\ &\vdots \\ v_m &= \frac{F_{m-1} + F_m}{2} \cdot \frac{T}{m}. \end{aligned}$$

Es ist ferner h_1 der Schwerpunktsabstand der Displacementsschicht zwischen F_0 und F_1 von F_0 oder der Schwerpunktsabstand des Flächenstücks des Wasserliniendiagramms zwischen den Ordinaten F_0 und F_1 von F_0 ; letzteres als Trapez betrachtet, ist mithin

$$h_1 = \frac{1}{3} \frac{T}{m} \left(\frac{F_0 + 2 F_1}{F_0 + F_1} \right);$$

ebenso ist der Schwerpunktsabstand der als Trapez aufgefassten Fläche des Wasserliniendiagramms zwischen den Ordinaten F_1 und F_2 von F_1 gleich

$$\frac{1}{3} \frac{T}{m} \left(\frac{F_1 + 2 F_2}{F_1 + F_2} \right),$$

mithin

$$\begin{aligned}
 h_2 &= \frac{T}{m} + \frac{1}{3} \frac{T}{m} \left(\frac{F_1 + 2 F_2}{F_1 + F_2} \right) \\
 h_3 &= 2 \cdot \frac{T}{m} + \frac{1}{3} \frac{T}{m} \left(\frac{F_2 + 2 F_3}{F_2 + F_3} \right) \\
 &\vdots \\
 h_m &= (m-1) \cdot \frac{T}{m} + \frac{1}{3} \frac{T}{m} \left(\frac{F_{m-1} + 2 F_m}{F_{m-1} + F_m} \right).
 \end{aligned}$$

Diese Werthe von v und h in dem Ausdruck für H substituirt, liefert nach einigen Umformungen:

$$H = \frac{\left(\frac{T}{m}\right)^2 \left[\frac{1}{2} F_0 + 1 \cdot F_1 + 2 \cdot F_2 + 3 \cdot F_3 + \dots + m-1 \cdot F_{m-1} + \frac{3m-1}{3} \frac{F_m}{2} \right]}{V}$$

Denkt man sich das Displacementsvolumen statt in Schichten von der Dicke $\frac{T}{m}$ in Schichten von der äusserst geringen Dicke Δh zerlegt, so wird das Volumen dieser letzteren sein

$$F \cdot \Delta h;$$

ist ferner die Entfernung des Schwerpunktes dieses Volumenelements von F_0 allgemein gleich h , so erhalten wir als Elementarmoment

$$F \cdot h \cdot \Delta h$$

und als Gesamtmoment

$$\Sigma F \cdot h \cdot \Delta h,$$

mithin als Gleichung zur Bestimmung von H

$$V \cdot H = \Sigma F \cdot h \cdot \Delta h.$$

Bezeichnet man das Produkt $F \cdot h$ unter dem Summenzeichen mit U , so kommt

$$V \cdot H = \Sigma U \cdot \Delta h.$$

Der Ausdruck rechts lässt sich aber mit Hülfe der Näherungsformeln wie folgt schreiben:

$$\Sigma U \cdot \Delta h = \frac{T}{m} \left[\frac{U_0}{2} + U_1 + U_2 + \dots + \frac{U_m}{2} \right]$$

oder, wenn m eine gerade Zahl, unter Anwendung der Simpson'schen Regel:

$$\Sigma U \cdot \Delta h = \frac{T}{m} \left[U_0 + 4 U_1 + 2 U_2 + \dots + 4 U_{m-1} + U_m \right].$$

Da nun $U = F \cdot h$, so ist:

$$U_0 = F_0 \cdot h_0; \quad U_1 = F_1 \cdot h_1; \quad U_2 = F_2 \cdot h_2; \quad U_m = F_m \cdot h_m;$$

ausserdem aber

$$h_0 = 0 \cdot \frac{T}{m}; \quad h_1 = 1 \cdot \frac{T}{m}; \quad h_2 = 2 \cdot \frac{T}{m} \quad \text{u. s. w.}$$

Durch Substituierung dieser Werthe erhalten wir:

$$V \cdot H = \left(\frac{T}{m}\right)^2 \left[\frac{0 \cdot F_0}{2} + 1 \cdot F_1 + 2 \cdot F_2 + 3 \cdot F_3 + \dots + m-1 \cdot F_{m-1} + \frac{m \cdot F_m}{2} \right]$$

oder nach der Simpson'schen Regel

$$V \cdot H = \frac{1}{3} \left(\frac{T}{m} \right)^2 \left[0 \cdot F_0 + 1 \cdot 4 F_1 + 2 \cdot 2 F_2 + 3 \cdot 4 F_3 + 4 \cdot 2 F_4 + \dots \right. \\ \left. (m-1) \cdot 4 F_{m-1} + m \cdot F_m \right].$$

Bezeichnet man die Entfernung des Deplacementschwerpunkts vom hinteren Perpendikel mit ϵ , so ist $V \cdot \epsilon$ das Moment des Deplacements mit Bezug auf das hintere Perpendikel. Eine der vorstehenden analoge Betrachtung unter Anwendung des Spantendiagramms liefert alsdann für $V \cdot \epsilon$ folgende Werthe:

Entfernung des Deplacementschwerpunkts vom hinteren Perpendikel.

$$V \cdot \epsilon = \left(\frac{L}{n} \right)^2 \left[\frac{S_0}{6} + 1 \cdot S_1 + 2 S_2 + 3 S_3 + \dots + \frac{3(n-1) S_n}{6} \right] \text{ oder}$$

$$V \cdot \epsilon = \left(\frac{L}{n} \right)^2 \left[\frac{0 \cdot S_0}{2} + 1 \cdot S_1 + 2 S_2 + 3 S_3 + \dots + \frac{n \cdot S_n}{2} \right] \text{ resp.}$$

$$V \cdot \epsilon = \frac{1}{3} \left(\frac{L}{n} \right)^2 \left[0 \cdot S_0 + 1 \cdot 4 S_1 + 2 \cdot 2 S_2 + 3 \cdot 4 S_3 + \dots + (n-1) \cdot 4 S_{n-1} + n \cdot S_n \right].$$

Nimmt das Schiff in Folge einer Mehrbelastung oder Entlastung einen anderen Tiefgang an, als derjenige, welcher der Schwimmfläche F_0 entspricht, so ändert sich damit auch die Lage des Deplacementschwerpunkts, die man in folgender Weise ermitteln kann: Es sei F_0 die Schwimmebene, V_0 das Deplacement des Schiffes, H_0 die Entfernung des Deplacementschwerpunkts von F_0 ; die neue Schwimmebene sei F_r , das zugehörige Deplacement V_r und die Entfernung des Schwerpunktes von V_r von der ursprünglichen Schwimmebene F_0 sei H_r und endlich die Entfernung des Schwerpunktes der der Gewichtsänderung entsprechenden Deplacementsänderung von F_0 sei h , so haben wir folgende Momentengleichung zur Bestimmung von H_r .

Bestimmung der geänderten Lage des Deplacementschwerpunkts, wenn der Tiefgang des Schiffes geändert wird.

$$V_0 \cdot H_0 = V_r \cdot H_r + (V_0 - V_r) h,$$

woraus

$$H_r = \frac{V_0 \cdot H_0 - (V_0 - V_r) h}{V_r}.$$

Die geänderte Lage des Deplacementschwerpunkts mit Bezug auf das hintere Perpendikel ergibt sich in ähnlicher Weise.

Die Völligkeitsgrade.

Bezeichnet man die Hauptdimensionen eines Schiffes mit L , B und T , den Flächeninhalt der Schwimmebene mit F , denjenigen des grössten Querschnitts mit S_{max} und das Deplacement mit V , so stellt das Produkt $L \cdot B$ den Flächeninhalt des der Schwimmfläche umschriebenen Rechtecks dar und der Quotient $\frac{F}{L \cdot B}$ wird der Völligkeitsgrad der Schwimmfläche ge-

Der Völligkeitsgrad der Schwimmfläche.

Der Völligkeitsgrad des Hauptspants.

nannt; wir wollen denselben mit $\bar{\omega}$ bezeichnen. Ebenso ist $B \cdot T$ gleich dem Flächeninhalt, des dem grössten Querschnitt oder dem Hauptspant umschriebenen Rechtecks und der Quotient $\frac{S_{max}}{B \cdot T}$ heisst der Völligkeitsgrad des

Der Völligkeitsgrad des Schiffes.

Hauptspants, er werde mit σ bezeichnet. Analog erhalten wir in dem Quotienten $\frac{V}{L B T} = \delta$, d. h. dem Verhältniss des Displacements zum Vo-

Der Völligkeitsgrad des Wasserliniendiagramms und des Spantendiagramms.

lumen des demselben umschriebenen Prismas den Völligkeitsgrad des Displacements oder des Schiffes. Ferner ist $F \cdot T$ der Inhalt des dem Wasserliniendiagramm umschriebenen Rechtecks und folglich $\frac{V}{F \cdot T}$ dessen Völligkeitsgrad; da aber

$$V = L B T \cdot \delta \quad \text{und} \quad F = L B \cdot \bar{\omega}$$

ist, so ergibt sich der Werth

$$\frac{V}{F \cdot T} = \frac{L B T \cdot \delta}{L \cdot B \cdot \bar{\omega} T} = \frac{\delta}{\bar{\omega}}$$

Endlich ist noch $S_{max} \cdot L$ der Inhalt des dem Spantendiagramm umschriebenen Rechtecks und das Verhältniss

$$\frac{V}{S_{max} \cdot L} = \frac{L B T \cdot \delta}{B \cdot T \cdot \sigma \cdot L} = \frac{\delta}{\sigma}$$

dessen Völligkeitsgrad.

Die Kenntniss der Völligkeitsgrade eines Schiffes gestattet, die grössere oder geringere Schärfe seiner Form, seiner Völligkeit zu beurtheilen. Von zwei Schiffen mit denselben Hauptdimensionen, Länge, Breite und Tiefgang hat dasjenige selbstverständlich die schärfere Form, welches das kleinere Displacement hat; die resp. Völligkeitsgrade geben jedoch erst den quantitativen Ausdruck für die Differenz der Schärfe. Da ferner das schärfere Schiff bei seiner Fortbewegung im Wasser innerhalb gewisser Grenzen den geringeren Widerstand finden wird, so ist klar, dass die Völligkeitsgrade in einem gewissen Zusammenhang mit der vom Schiffe erreichbaren Geschwindigkeit stehen.

Für bestimmte Schiffstypen haben die Völligkeitsgrade ziemlich constante Werthe. Für einige derselben sind in nebenstehender Tabelle Mittelwerthe von δ , $\bar{\omega}$ und σ zusammengestellt.

Die Völligkeitsgrade der Wasserlinien und Spantendiagramme ergeben sich durch Division von δ durch $\bar{\omega}$ resp. σ .

Der Werth $\frac{\delta}{\bar{\omega}}$ stellt übrigens auch das Verhältniss des Displacements zu einem Cylinder dar, dessen Grundfläche die obere Wasserlinie und dessen Höhe der Tiefgang ist, und analog würde der Werth $\frac{\delta}{\sigma}$ das Verhältniss des Displacements zu einem Cylinder angeben, dessen Querschnitt gleich dem Hauptspant und dessen Länge gleich der Länge des Schiffes ist.

Nr.	Schiffstyp.	Völligkeitsgrade:		
		des Schiffes	der oberen Wasserlinie	des Hauptspants
		δ	$\bar{\omega}$	σ
1	Eisernes Segelschiff	0,65	0,80	0,98
2	Schnelle Kreuzer	0,48	0,62	0,71
3	Schnelle Kreuzer ohne Takelage	0,55	0,61	0,80
4	Panzerschiffe mit Takelage	0,64	0,71	0,81
5	Panzerschiffe ohne Takelage	0,70	0,76	0,87
6	Torpedojäger	0,44	0,61	0,81
7	Torpedoboote	0,45	0,62	0,85
8	Postdampfer	0,63	0,73	0,85
9	Handelsdampfer	0,67	0,72	0,90

Sind nur die Hauptdimensionen eines Schiffes von einem bestimmt ausgeprägten Typus gegeben, so ist man im Stande, mit Hilfe des Völligkeitsgrades des Schiffes angenähert dessen Displacement zu berechnen. Für eines der neuesten Schiffe unserer Marine sind z. B. die Länge 94 Meter, die Breite 14 Meter, der mittlere Tiefgang ohne Kiel 5,92 Meter. Das Schiff würde dem Typus der ungetakelten schnellen Kreuzer entsprechen, für welche die Tabelle den Völligkeitsgrad des Schiffes $\delta = 0,55$ ergibt. Das Displacement würde demnach sein:

$$94 \cdot 14 \cdot 5,92 \cdot 0,55 = 4285 \text{ Cubikmeter,}$$

wogegen das anderweitig berechnete Displacement 4300 Cubikmeter beträgt; die fehlenden 15 Cubikmeter kommen auf das Volumen von Kiel und Steven. Ein Torpedo-Jäger mit den Hauptdimensionen $L = 55$, $B = 6,6$, $T = 1,5$ Meter hat nach der Tabelle den Völligkeitsgrad $\delta = 0,44$: folglich das Displacement:

$$55 \cdot 6,6 \cdot 1,5 \cdot 0,44 = 240 \text{ Cubikmeter,}$$

während die genauere Berechnung 238 Cubikmeter liefert.

Den Hauptnutzen gewähren die Völligkeitsgrade indessen dem Constructeur, für welchen dieselben beim Entwurf der Linien eines Schiffes unentbehrlich sind. Da sich ausserdem gewisse für die Praxis nützliche Näherungswerthe für die Stabilität des Schiffes mit Hilfe derselben gewinnen lassen, so möge das beim Entwurf von Schiffen gebräuchliche Verfahren im Folgenden kurz erläutert werden.

Sind die Hauptdimensionen Länge, Breite und mittlerer Tiefgang, sowie die Völligkeitsgrade des Schiffes δ , $\bar{\omega}$ und σ anderweitig bestimmt, so ist dadurch das Displacement resp. der Flächeninhalt des Wasserlinien-

Benutzung der Völligkeitsgrade.

Entwurf der Linien eines Schiffes mit Hilfe der Völligkeitsgrade.

und Spantendiagramms und der Flächeninhalt der oberen Wasserlinie sowie des Hauptspants gegeben und es handelt sich darum zunächst, die Curve des Wasserliniendiagramms, die des Spantendiagramms, den Verlauf der oberen Wasserlinie und den des Hauptspants zu ermitteln. Das Wasserliniendiagramm liefert den Flächeninhalt jedes Horizontalschnitts in beliebiger Entfernung unter Wasser und die Curve des Hauptspants deren Maximalordinate, beide zusammen also den Völligkeitsgrad jenes Horizontalschnitts. Das Spantendiagramm liefert dagegen den Flächeninhalt jedes Querschnitts in beliebigen Entfernungen vor resp. hinter der Mitte des Schiffes und die Curve der oberen Wasserlinie dessen Maximalordinate; daher beide zusammen den Völligkeitsgrad jedes beliebigen Querschnitts oder Spants.

Um in erster Reihe das Wasserliniendiagramm zu construiren, berücksichtigt man, dass von demselben gegeben sind die bei dem mittleren Tiefgang T vorhandene Ordinate F_0 und der Flächeninhalt, welcher gleich ist dem Displacement $L \cdot B \cdot T \cdot \delta$; mithin ist der Völligkeitsgrad desselben

$$\frac{L B T \cdot \delta}{F_0 \cdot T} = \frac{L B \bar{\omega} T \cdot \delta}{L \cdot B \bar{\omega} T} = \frac{\delta}{\bar{\omega}}.$$

Die Curve des Wasserliniendiagramms schneidet daher von dem Rechteck $F_0 \cdot T$ ein solches Stück ab, dass das Verhältniss desselben zum ganzen Rechteck gleich $\frac{\delta}{\bar{\omega}} : 1$ ist. Folglich erscheint das Rechteck durch die Curve in zwei Stücke zerlegt, welche sich verhalten wie

$$\frac{\frac{\delta}{\bar{\omega}}}{1 - \frac{\delta}{\bar{\omega}}}, \text{ d. h. wie } \frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta}.$$

Betrachtet man den Schnittpunkt des Wasserliniendiagramms mit der die Schwimmebene markirenden Linie F_0 als Coordinatenanfang, derart, dass die Abscissenachse von links nach rechts, die Ordinatenachse von oben nach unten gerichtet ist, und greifen wir einen Punkt des Diagramms mit den Coordinaten x und y heraus, so muss, da die Curve das Gesetz der Continuität befolgen wird, der Quotient aus dem Flächenstück, welches von den Coordinaten x und y und der Curve selbst begrenzt wird und dem Rechteck aus den Coordinaten ebenfalls gleich $\frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta}$ sein und dies wird die von der Curve zu erfüllende Bedingung sein. Da nun für eine Parabel zweiten Grades das Rechteck aus den beiden Coordinaten x und y durch den sich bis zum Coordinatenanfang erstreckenden Bogen im Verhältniss $2 : 1$, und für eine cubische Parabel im Verhältniss $3 : 1$ getheilt wird, und die Gleichungen dieser Curven $y^2 = p x$ resp. $y^3 = p x$ sind, so wird die Gleichung des Wasserliniendiagramms sein:

$$y \frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta} = p x,$$

d. h. das Wasserliniendiagramm kann aufgefasst werden als eine Parabel vom $\frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta}$ ten Grade, deren Scheitel mit dem links liegenden Endpunkt von F_0 zusammenfällt. Die Ordinate y stellt die Entfernung eines Horizontalschnitts F unter Wasser dar und x ergänzt diesen Horizontalschnitt zu F_0 , so dass

$$F = F_0 - x.$$

Für $y = T$ wird $x = F_0$ und $F = F_0 - F_0 = 0$ und die Gleichung nimmt die Form

$$T \frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta} = p \cdot F_0$$

an, woraus sich die Constante p zu

$$T \frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta} : F_0$$

ergibt. Die für den Gebrauch fertige Gleichung des Wasserliniendiagramms ist demnach folgende:

$$y \frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta} = \frac{T \frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta}}{F_0} \cdot x$$

oder mit Bezug auf x aufgelöst

$$x = \left(\frac{y}{T}\right) \frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta} \cdot F_0$$

und der Flächeninhalt der in der Entfernung y unter Wasser liegenden Wasserlinienebene ist:

$$F = F_0 - x = F_0 - \left(\frac{y}{T}\right) \frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta} \cdot F_0,$$

d. h.

$$F = F_0 \left(1 - \left(\frac{y}{T}\right) \frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta}\right).$$

Aufgabe: Von einem Schiffe sei der Flächeninhalt der oberen Wasserlinie 1000 □Meter, der mittlere Tiefgang 4 Meter, der Völligkeitsgrad des Displacements $\delta = 0,5 = \frac{1}{2}$, der Völligkeitsgrad der oberen Wasserlinie $\bar{\omega} = 0,66 = \frac{2}{3}$; es sollen die Flächeninhalte der Wasserlinien angegeben werden, welche sich in den Entfernungen von $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3, $3\frac{1}{2}$ und 4 Meter unter Wasser befinden. Ich habe zu dem Ende in der Formel

$$F = F_0 \left(1 - \left(\frac{y}{T}\right) \frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta}\right)$$

für F_0 den Werth 1000, für T den Werth 4, für $\frac{\delta}{\bar{\omega} - \delta}$ den Werth $\frac{\frac{1}{2}}{\frac{2}{3} - \frac{1}{2}} = 3$ und endlich für y der Reihe nach $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2 u. s. w. einzusetzen und erhalte als Resultate:

$$F_0 = 1000 \square m, F_1 = 998 \square m, F_2 = 984 \square m, F_3 = 947 \square m, F_4 = 875 \square m, \\ F_5 = 756 \square m, F_6 = 578 \square m, F_7 = 332 \square m, F_8 = 0.$$

Benutze ich diese Werthe zur Deplacementsberechnung mit Hülfe der Simpson'schen Regel, so bekomme ich:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3} [1000 + 4 \cdot 998 + 2 \cdot 984 + 4 \cdot 947 + 2 \cdot 875 + 4 \cdot 756 + 2 \cdot 578 \\ + 4 \cdot 332 + 1 \cdot 0] = \frac{1}{3} \cdot 18006 = 3001 \text{ Cubikmeter.}$$

Da der Völligkeitsgrad des Wasserliniendiagramms gleich

$$\frac{\delta}{\bar{\omega}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{2}{3}} = \frac{3}{4}$$

ist, so ist dessen Flächeninhalt resp. das Deplacement des Schiffes

$$1000 \cdot 4 \cdot \frac{3}{4} = 3000$$

Quadrateneinheiten oder ebenso viel Cubikeinheiten an Deplacement.

Näherungsformel
für die Entfer-
nung des
Deplacemets-
schwerpunktes
von der oberen
Wasserlinie.

Sobald das Wasserliniendiagramm durch eine Gleichung gegeben ist, bin ich im Stande, die Entfernung seines Flächenschwerpunktes mit Hülfe der für dasselbe gegebenen Daten, nämlich seiner obersten Ordinate F_0 , des Tiefgangs T , sowie der Völligkeitsgrade δ und $\bar{\omega}$, anzugeben. Eine in dieser Beziehung durchgeführte Rechnung liefert die in Rede stehende Entfernung zu

$$T \left(\frac{\bar{\omega}}{2\bar{\omega} - \delta} \right) = H.$$

Für das vorstehende Zahlenbeispiel würde mithin der Deplacementsschwerpunkt

$$H = \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{2}{3}}{2 \cdot \frac{2}{3} - \frac{1}{2}} \right) = 1,6 \text{ Meter}$$

unter Wasser liegen.

Normand's
Näherungsformel
für die
Entfernung des
Deplacemets-
schwerpunktes
unter Wasser.

Von Normand ist eine ebenfalls sehr einfache Formel für die Entfernung des Deplacementsschwerpunktes unter Wasser aufgestellt worden. Dieselbe lautet:

$$H = \frac{1}{3} \left(\frac{T}{2} + \frac{V}{F_0} \right),$$

worin V das Deplacement des Schiffes unterhalb F_0 und T den Tiefgang bedeutet.

Eine noch einfachere, allerdings nur für angenäherte Rechnungen benutzbare Formel für H ist:

$$H = \frac{2}{3} \cdot T.$$

Construction
des Spanten-
diagramms.

Das Spantendiagramm wird zunächst als symmetrisch mit Bezug auf die Mitte des Schiffes angenommen, und als eine Parabel angesehen, deren

Scheitel mitschiffs gelegen ist. Der Exponent dieser Parabel würde sein $\frac{\delta}{\sigma - \delta}$ und die Gleichung derselben

$$y^{\frac{\delta}{\sigma - \delta}} = p x,$$

worin y die Entfernung eines Querschnitts des Schiffes von der Mitte aus nach vorn resp. hinten und x die Ergänzung des gesuchten Querschnitts zum Flächeninhalt des Hauptspants sein würde. Sind durch successives Einsetzen von gewissen Werthen von y die zugehörigen Werthe von x gefunden, so lässt sich das Diagramm zeichnen. In der auf diese Weise sich ergebenden Form würde der Schwerpunkt desselben in der Mitte der Schiffslänge liegen. Soll sich derselbe jedoch in einer gewissen Distanz hinter der Mitte befinden, so liefert eine einfache geometrische Construction die Punkte eines entsprechend modificirten Diagramms.

Die bei der Construction des Wasserliniendiagramms erklärte Methode wird die parabolische Methode oder nach ihrem Erfinder, dem Schweden Construction der Wasserlinien und Spantcurven. Chapmann, die Chapmannsche Methode genannt. Sie lässt sich formell auf sämtliche ebenen Schnitte, deren Flächeninhalt und zugehörigen Maximalordinaten gegeben sind, anwenden. So würde z. B. der vordere Theil der oberen Wasserlinie eine Parabel von der Form

$$y^{\frac{\bar{\omega}}{1 - \bar{\omega}}} = p x$$

sein, welche durch Substitution von numerischen Werthen für y entsprechende x und somit Punkte der Wasserlinie liefern würde.

Ebenso würde das halbe Hauptspant als eine Parabel aufgefasst werden können, deren Scheitel mit dem Endpunkte der halben obersten Breite zusammenfällt und deren Gleichung:

$$y^{\frac{\sigma}{1 - \sigma}} = p x \text{ wäre.}$$

Angenommen es wären sämtliche Wasserlinien und Spanten auf diese Weise durch Rechnung gefunden und demnächst gezeichnet, so würde das Liniensystem den gegebenen Bedingungen mit Bezug auf Länge, Breite und Tiefgang, ferner Displacement und Lage des Displacementsschwerpunkts vollkommen entsprechen, jedoch von den sonst allgemein üblichen Schiffformen wesentlich abweichen. Man pflegt daher, nachdem man mit Hülfe der parabolischen Methode gewisse Linien, wie das Wasserliniendiagramm, das Spantendiagramm, das Hauptspant oder die obere Wasserlinie gefunden hat, diese in ihrem Verlaufe so zu modificiren, dass die entstehenden Formen wirklicher Schiffe entsprechen, ohne dabei an dem Flächeninhalte etwas zu ändern.

Verfügt man beim Entwurf eines Schiffes, dessen Displacement bereits feststeht, über das Liniensystem eines Schiffes, welches in seinen Formen Entwurf der Linien eines Schiffes unter Benutzung der Zeichnung eines anderen Schiffes.

und Dimensionen von dem zu entwerfenden nicht zu weit abweicht, so kann man in sehr einfacher Weise zu einem Liniensystem gelangen, welches dem vorgeschriebenen Displacement entspricht, indem man z. B. bei dem neuen Schiff die Form und Grösse sämtlicher Querschnitte beibehält, sie jedoch in demselben Verhältniss weiter auseinander stellt, als das Displacement des zu construierenden Schiffes dasjenige des Hülfschiffes übertrifft. Der Spantenriss des neuen Schiffes wird alsdann derselbe sein, wie der des ursprünglichen Schiffes, während die Wasserlinien eine gestrecktere Form annehmen werden. Oder man kann in der Weise vorgehen, dass man die Form und Grösse der Wasserlinien beibehält und dieselben im Verhältniss der beiden Displacements weiter auseinanderstellt oder endlich man kann sämtliche Ordinaten im Verhältniss der Displacements vergrössern, während man die Distanz der Spanten und Wasserlinien, d. h. also auch den mittleren Tiefgang und die Länge ungeändert lässt.

Bezeichnet man das Displacement des gezeichnet vorliegenden Schiffes mit V , dasjenige des zu construierenden Schiffes mit V_1 und das Verhältniss

$$\frac{V_1}{V} \text{ mit } K,$$

so ist

$$V_1 = K \cdot V.$$

Es ist aber

$$V = 2 \cdot \frac{T}{m} \cdot \frac{L}{n} \cdot \left[\begin{array}{c} \text{Ordinaten-} \\ \text{Tabelle.} \end{array} \right],$$

folglich

$$V_1 = K \cdot 2 \cdot \frac{T}{m} \cdot \frac{L}{n} \left[\begin{array}{c} \text{Ordinaten-} \\ \text{Tabelle.} \end{array} \right]$$

Je nachdem ich nun den Factor K mit $\frac{L}{n}$, mit $\frac{T}{m}$ oder mit der Klammer verbinde, d. h. die Spantendistanz von $\frac{L}{n}$ auf $K \cdot \frac{L}{n}$, die Wasserliniendistanz von $\frac{T}{m}$ auf $K \cdot \frac{T}{m}$ und die in der Klammer stehenden Ordinaten K mal so gross nehme, habe ich einen der drei erwähnten Fälle.

Diese Methode gestattet noch eine Verallgemeinerung, wenn ich mir K in drei Factoren zerlegt denke, deren je einer für die Aenderung der Spantendistanz, der Wasserliniendistanz und der Ordinaten bestimmt ist. Setze ich

$$\frac{V_1}{V} = K = \lambda \cdot \mu \cdot \nu$$

so ergibt sich

$$V_1 = 2 \cdot \lambda \cdot \frac{L}{n} \cdot \mu \cdot \frac{T}{m} \cdot \nu \left[\begin{array}{c} \text{Ordinaten-} \\ \text{Tabelle.} \end{array} \right]$$

Zwei der Factoren λ , μ , ν gleich 1 gesetzt, liefert wiederum einen der vorstehend aufgeführten Fälle; einer derselben gleich 1 gesetzt würde heissen, dass die mit demselben behaftete Dimension des Schiffes ungeändert bleibt.

Unter geometrisch ähnlichen Schiffen sind solche verstanden, deren entsprechende lineare Dimensionen ein constantes Verhältniss haben. Folglich verhalten sich die Flächeninhalte ähnlich gelegener Schnittfiguren, wie das Quadrat des Aehnlichkeitsverhältnisses und die Deplacements wie die dritten Potenzen des Aehnlichkeitsverhältnisses zur Einheit, während sämtliche Völligkeitsgrade einander gleich sind. Das Modell eines Schiffes und das Schiff selbst sind geometrisch ähnliche Schiffe. Ist ersteres in $\frac{1}{50}$ natürlicher Grösse ausgeführt, so betragen seine sämtlichen linearen Dimensionen $\frac{1}{50}$ von denen des Schiffes, die Flächeninhalte seiner Spanten und Wasserlinien sind $\frac{1}{2500}$ von denen des Schiffes und sein Deplacement beträgt $\frac{1}{125000}$ vom Deplacement des Schiffes.

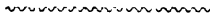
Verhältnisse von
geometrisch
ähnlichen
Schiffen.

Haben zwei geometrisch ähnliche Schiffe die Deplacements D_1 und D , so ist ihr Aehnlichkeitsverhältniss

$$\sqrt[3]{\frac{D_1}{D}}$$

und die Flächeninhalte ihrer Schnitte, z. B. ihrer Hauptspanten, verhalten sich wie

$$\sqrt[3]{\left(\frac{D_1}{D}\right)^2} : 1.$$



XIII. Capitel.

Die Stabilität.

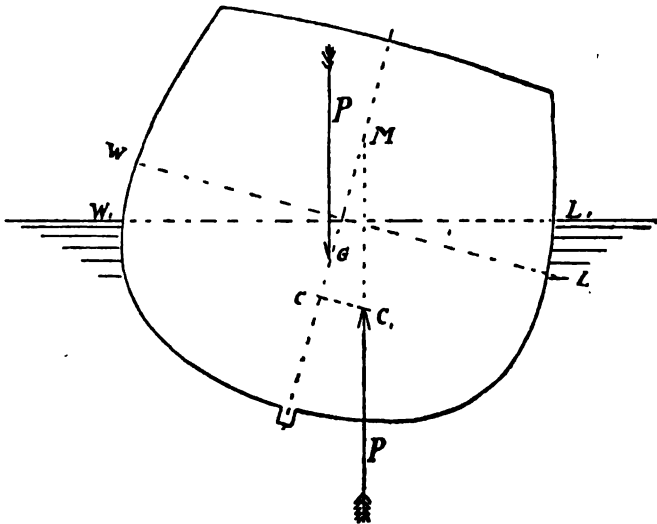
Ein Schiff muss stets bemüht sein, das Oberdeck nach oben zu kehren, um die in demselben befindlichen, mit dem inneren Schiffsraum communicirenden Oeffnungen über Wasser zu erhalten und bei Kriegsschiffen eine geeignete Plattform vorzugsweise für das Manöeuver mit den Geschützen zu gewinnen. Mit anderen Worten, es muss einer drehenden Bewegung um eine horizontale Achse einen gewissen Widerstand entgegensetzen, der es verhindert, eine zu grosse Neigung anzunehmen und zur Folge hat, dass es sich wieder aufrichtet, nachdem die neigende Kraft zu wirken aufgehört hat.

Von einem Schiffe, welches diese Eigenschaft hat, sagt man, es besitze Stabilität. Um die das Maass der Stabilität und die, die zulässige Grösse der neigenden Kraft bedingenden Gesetze abzuleiten, nehmen wir an, auf das frei schwimmende Schiff wirke ausser dem Gewicht und Auftrieb eine dritte und zwar horizontal und zur Symmetrieebene senkrecht gerichtete Kraft, z. B. ein Winddruck von gewisser Grösse. Unter dem Einfluss derselben wird es eine translatorische Bewegung in der Richtung dieser Kraft annehmen, welche einen Widerstand im Wasser erzeugt, der sehr bald ebenso gross sein wird als jene Kraft. In diesem Augenblick bilden der Winddruck und der Widerstand, den das Schiff bei seiner Bewegung im Wasser erfährt, ein Kräftepaar, dessen Tendenz dahin geht, das Schiff aus seiner aufrechten Lage in eine geneigte Lage überzuführen. Die dem Schiffe auf diese Weise ertheilte Neigung wird um so grösser ausfallen, je grösser die neigende Kraft und je höher deren Angriffspunkt oberhalb des Angriffspunktes des Wasserwiderstandes gelegen ist. Hat das Schiff sich bis zu einem gewissen Winkel θ um eine horizontale Achse gedreht, über den hinaus es sich nicht weiter neigt, so befindet es sich nunmehr unter dem Einfluss von vier Kräften in der geneigten Lage im Gleichgewichtszustande, nämlich unter dem Einfluss seines Gewichts, seines Auftriebs, der neigenden dritten Kraft und dem durch diese gleichzeitig hervorgerufenen Widerstand des Wassers. Denkt man sich die neigende Kraft nunmehr plötzlich aufgehoben, so wird dadurch zunächst seine translatorische Bewegung sehr bald bis auf die Grösse Null verringert und der Widerstand

des Wassers ebenfalls aufgehoben werden; das Schiff befindet sich in der geneigten Lage nur noch unter dem Einfluss von seinem Gewicht und Auftrieb. Für diese beiden Kräfte allein ist aber nur die aufrechte Position eine Gleichgewichtslage, in die es sich folglich zurückbegeben wird. Es handelt sich demnächst darum, diejenigen Bedingungen festzustellen, unter denen sich ein Schiff unter der Einwirkung einer neigenden Kraft bis zu einem gewissen Winkel, und nicht weiter, neigt, und nach dem Aufhören der Einwirkung dieser Kraft unter dem alleinigen Einflusse seines Gewichts und Auftriebs seine aufrechte Lage wieder annimmt. Wir wollen zunächst den letzteren Fall untersuchen.

Der in Fig. 74 gezeichnete Querschnitt eines Schiffes stehe für das ganze Schiff; in ihm habe die neigende Kraft gerade zu wirken aufgehört,

Fig. 74.



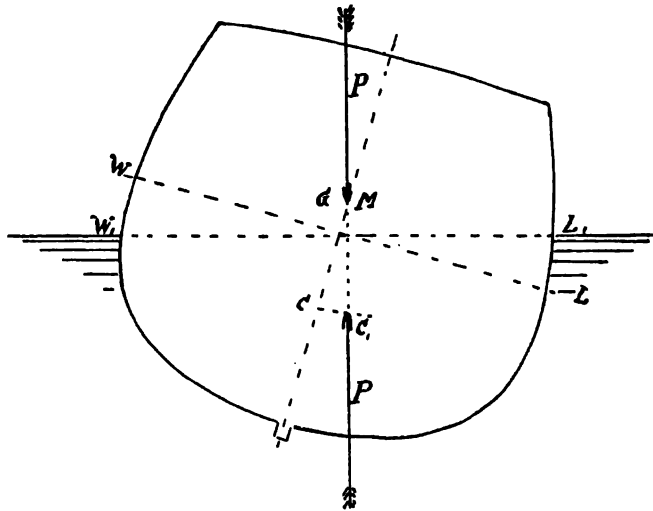
so dass sie nicht mit zur Darstellung gebracht ist. In der aufrechten Position hatte das Schiff die Wasserlinie WL ; die neigende Kraft hat ihm die Wasserlinie W_1L_1 erteilt. Beide Wasserlinien schneiden sich in O . Der Deplacementsschwerpunkt der aufrechten Lage liege in C , der Schwerpunkt des Schiffes in G . Durch die Neigung ist ein sich in der Zeichnung in $WO W_1$ projicirendes Stück des Schiffskörpers aus dem Wasser getreten und ein sich in $LO L_1$ projicirendes Stück unter Wasser gerathen, was eine Verschiebung des Deplacementsschwerpunkts von C nach C_1 zur Folge hat. Mithin wird der Auftrieb in der geneigten Lage nicht mehr durch C , sondern durch C_1 vertikal nach oben wirken, während das Gewicht des Schiffes unter der Voraussetzung, dass sich keine bewegliche Ladung an Bord befindet, nach wie vor durch den Punkt G vertikal abwärts wirkt.

Diese beiden gleichen Kräfte sind in der Figur mit P bezeichnet und durch Pfeile von gleicher Länge angedeutet. Die Pfeilrichtungen lassen sofort erkennen, dass sie nach Fortfall der neigenden Kraft bemüht sein werden, das Schiff auf die der aufrechten Position entsprechende Wasserlinie zurückzubringen, d. h. das Schiff würde bei der gegenseitigen Lage der Punkte C und G in der aufrechten Position Stabilität besitzen; man sagt, die aufrechte Position sei eine stabile Gleichgewichtslage.

Stabile Gleichgewichtslage.

Wäre wie in Fig. 75 der Schwerpunkt des Schiffes G in M , d. h. bei geneigter Schiffslage vertikal über dem Displacementsschwerpunkt C_1 ,

Fig. 75.



Indifferente Gleichgewichtslage.

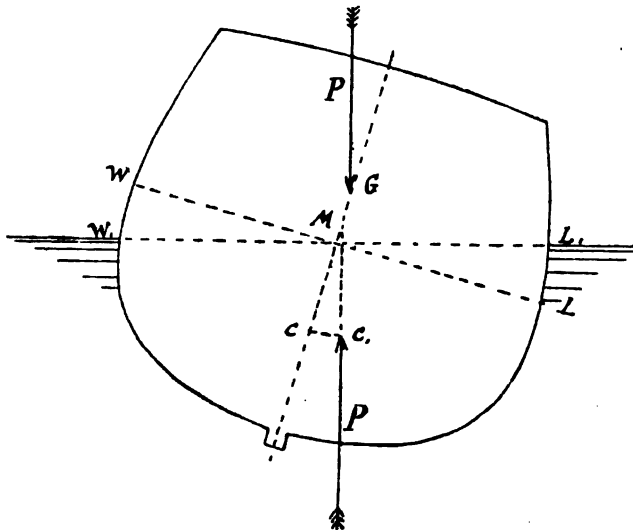
gelegen, so lassen die eingezeichneten Pfeile keinen Zweifel darüber bestehen, dass unter diesen Umständen ein Wiederaufrichten des Schiffskörpers nicht stattfinden wird, allerdings wird auch keine Vergrößerung des Neigungswinkels eintreten, wenigstens dann nicht, wenn in der geneigten Lage keine dritte Kraft vorhanden ist und die aufrechte Position wird die des indifferenten Gleichgewichts genannt. Wäre endlich der Punkt G oberhalb M gelegen, wie in Fig. 76, so dass er in der geneigten Lage in Lee von C_1 gerathen würde, so ist durch die Lage der die Kräfte Gewicht und Auftrieb andeutenden Pfeile ersichtlich, dass diese Kräfte allein schon ausreichen, ein Weiterneigen des Schiffskörpers, d. h. ein Kentern desselben eintreten zu lassen. Die gegenseitige Lage der Punkte G und C der aufrechten Position würde in diesem Falle die sogenannte labile Gleichgewichtslage bedingen.

Labile Gleichgewichtslage.

Es ist selbstverständlich, dass für Schiffe weder die, in der aufrechten Position labile Gleichgewichtslage, welche bei der geringsten Abweichung von derselben ohne das Vorhandensein einer neigenden Kraft, mithin durch die Einwirkung des Gewichts und Auftriebs allein ein Kentern des Schiffes

bedingt, noch die indifferente Gleichgewichtslage zu gebrauchen ist, bei welcher zwar die alleinige Einwirkung von Gewicht und Auftrieb kein Kentern herbeiführt, welches letzteres aber nicht zu vermeiden ist, sobald eine neigende Kraft hinzutritt, welche gross genug ist, um den Widerstand des Wassers bei seiner neigenden Bewegung zu überwinden. Für Schiffe kann vielmehr lediglich nur die stabile Gleichgewichtslage in Frage kommen und es ist unumgänglich nothwendig, jeden Schiffskörper für alle bei demselben möglichen Tiefgänge daraufhin zu untersuchen, welcher Art sein Gleichgewichtszustand in der aufrechten Position ist. Durch die vorstehende Betrachtung mit Hilfe der Figuren lässt sich diese Entscheidung sofort treffen, es ist nämlich dann stabiles Gleichgewicht vorhanden, wenn der Schwerpunkt des Schiffes G unter M , d. h. dem Durchschnittspunkte der Auftriebsrichtung für die aufrechte und die geneigte Lage des Schiffskörpers resp. deren Projectionen

Fig. 76.



liegt. Die Wichtigkeit dieses Punktes ist daher in die Augen springend und auf die Kenntniss seiner Lage laufen alle Stabilitätsbestimmungen hinaus; er wird das Metacentrum genannt. Angenommen, der Schwerpunkt des Schiffes G nehme nach und nach in Folge von Gewichtsverschiebungen an Bord des Schiffes eine höher gelegene Stelle in der Schwimmachse an, bis dass er mit M zusammenfällt, d. h. bis die indifferente Gleichgewichtslage für die aufrechte Position des Schiffes erreicht ist, so wird sich der Schiffskörper, wie vorstehend mit Hülfe der Figur nachgewiesen ist, nicht wieder aufrichten, wenn ihm eine Neigung um den Winkel θ ertheilt wird und für die vorhergehenden Lagen von G wird die Lebhaftigkeit, mit welcher er sich wieder aufzurichten bemüht ist, um so grösser sein, je weniger nahe

Das
Metacentrum.

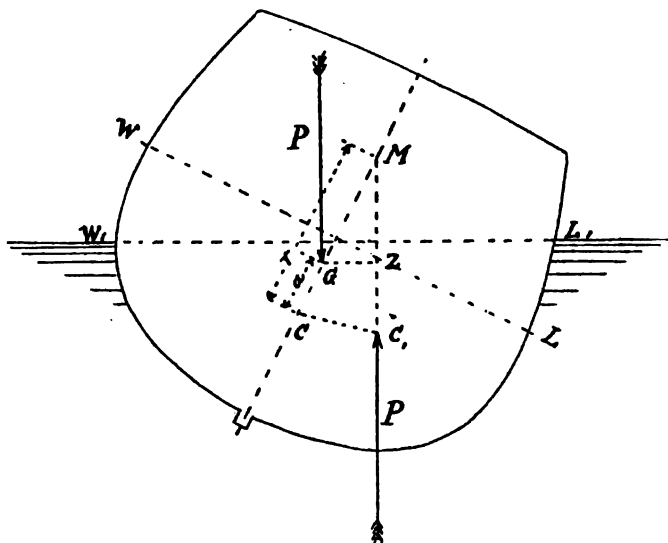
derselbe dem Punkte M gekommen ist, das heisst je tiefer G liegt. Mit der Entfernung MG wächst jedoch in directem Verhältniss die Entfernung der Krafrichtungen, Gewicht und Auftrieb in der geneigten Lage, in der Figur die Länge des von G aus auf die Auftriebsrichtung durch C_1 gefällten Loths GZ . Da ausserdem das Bemühen des Schiffes, sich wieder aufzurichten, von seinem Gewicht resp. seinem Auftrieb abhängig sein wird, so ergibt sich, dass dasselbe proportional ist mit dem Produkte $P \cdot (GZ)$, welches das Drehmoment des aus Gewicht und Auftrieb gebildeten Kräftepaars darstellt, dessen Hebelarm mithin GZ ist.

Das Stabilitätsmoment.

Das Produkt $P \cdot (GZ)$ wird das Stabilitätsmoment des Schiffes genannt. Da nach der Figur 77

$$GZ = GM \cdot \sin \theta$$

Fig. 77.



ist, so nimmt das Stabilitätsmoment die Form

$$P \cdot (GM) \cdot \sin \theta$$

an, und man erkennt, dass dasselbe direct proportional ist mit der Grösse P , der Länge GM oder der Entfernung des Schwerpunktes des Schiffes vom Metacentrum und mit dem sinus des Neigungswinkels. Wäre das Gewicht des Schiffes $P = 2500$ Tonnen, die Entfernung $GM = 1,3$ Meter und betrüge der Neigungswinkel 10° , so würde das Stabilitätsmoment

$$2500 \cdot 1,3 \sin \cdot 10^\circ = 564,2$$

Metertonnen sein; mit anderen Worten es würde eine Kraft von 564,2 Tonnen an einem Hebelsarm von 1 Meter dazu gehören, den Schiffskörper in der um 10° geneigten Position festzuhalten. Würde man die neigende Kraft am Hebelsarm von 10 Meter wirken lassen, so brauchte dieselbe

jedoch nur $\frac{564,2}{10} = 56,42$ Tonnen zu betragen. Denkt man sich den Schiffskörper demnächst plötzlich losgelassen, so steht das Moment von 564,2 Metertonnen zum Aufrichten desselben zur Verfügung.

Die Entfernung GM wird die metacentrische Höhe genannt. Um dieselbe zu finden, werden die Entfernungen der Punkte M und G vom Deplacemntsschwerpunkte C der aufrechten Position des Schiffes bestimmt; bezeichnen wir diese mit r und a , so ist

$$GM = r - a$$

und das Stabilitätsmoment gleich

$$P \cdot (r - a) \sin \theta.$$

In dieser Form des Stabilitätsmoments lassen sich die Bedingungen für stabiles, indifferentes und labiles Gleichgewicht durch die relativen Werthe von r und a wie folgt ausdrücken:

Ist $a < r$, so ist $r - a$ eine positive Zahl und G liegt unter M ; es ist stabiles Gleichgewicht vorhanden. Ist $a = r$, so ist $r - a$ gleich Null, G liegt in M und der Gleichgewichtszustand ist der indifferente; ist $a > r$, so wird $r - a$ negativ, G liegt über M und das Gleichgewicht ist ein labiles. Liegt G um die Strecke $CG = a$ unter C , dem Deplacemntsschwerpunkt der aufrechten Position, so erscheint die metacentrische Höhe $GM = r + a$ und das Stabilitätsmoment wird

$$P(r + a) \sin \theta;$$

man nennt diesen Fall den der absoluten Stabilität.

Bedienen wir uns des Ausdrucks $P(r - a) \sin \theta$ für das beim Neigungswinkel θ vorhandene, den Schiffskörper wieder aufrichtende Drehmoment des Kräftepaars aus Gewicht und Auftrieb, so lässt sich derselbe als die Differenz

$$Pr \sin \theta - Pa \sin \theta$$

darstellen, in welcher der Minuend $Pr \sin \theta$ das Stabilitätsmoment der Form, der Subtrahend das Stabilitätsmoment der Gewichte genannt wird, da ersteres nur von der Form des Schiffes, letzteres dagegen von der durch die Vertheilung der Gewichte bedingten Lage des Schwerpunktes des Schiffes abhängig ist. Während das Stabilitätsmoment der Form stets positiv und dadurch immer ein aufrichtendes ist, ist das Stabilitätsmoment der Gewichte wenigstens dann immer mit dem Vorzeichen minus behaftet, wenn G über C liegt, d. h. das Stabilitätsmoment der Gewichte ist unter diesen Umständen immer ein kenterndes.

Um den Zusammenhang des Stabilitätsmoments mit der Form und den Dimensionen des Schiffes zu erkennen, verfährt man in der Weise, dass man von dem Ausdrucke für dasselbe, $Pr \sin \theta - Pa \sin \theta$, die beiden Summanden getrennt berechnet, also erst das Stabilitätsmoment der Form bestimmt und davon das anderweitig gefundene Stabilitätsmoment der Gewichte subtrahirt. Der Einfachheit halber wollen wir annehmen, das letztere

Bestimmung der metacentrischen Höhe.

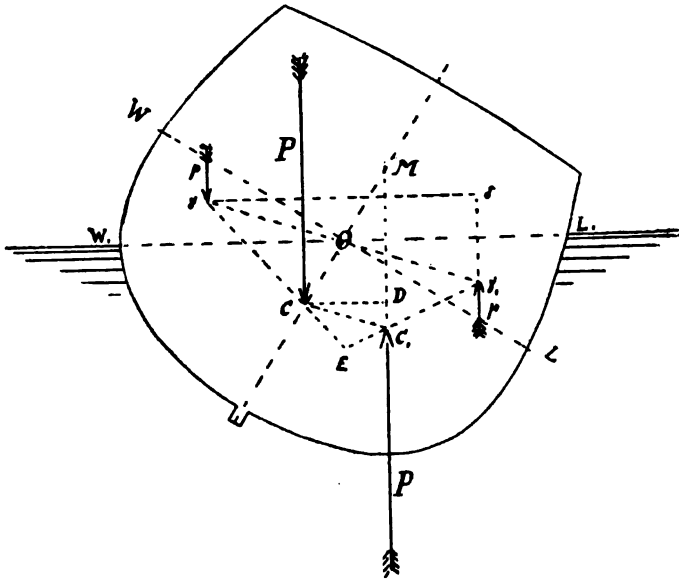
Stabilitätsmoment der Form und Stabilitätsmoment der Gewichte.

Bestimmung des Stabilitätsmoments der Form.

habe den Werth Null, was natürlich dann der Fall ist, wenn a gleich Null ist oder wenn der Schwerpunkt des Schiffes mit dessen Displacementschwerpunkt zusammenfällt. Alsdann reducirt sich das ganze Stabilitätsmoment auf dasjenige der Form, $P r \sin \theta$, und dieses wollen wir demnächst bestimmen.

In der Fig. 78 sei die Neigung um den Winkel $\theta = W O W_1 = C M C_1$ wiederum durch eine horizontal gerichtete Kraft hervorgebracht worden. Dann wird das keilförmig gestaltete Volumen $W O W_1$, welches auf Backbordseite aufgetaucht ist, gleich dem keilförmigen Volumen $L O L_1$ sein, welches auf Steuerbordseite zum Eintauchen gekommen ist. Wir bezeichnen den Auftrieb eines der beiden gleichen Keilstücke mit p , und

Fig. 78.



die Volumenschwerpunkte der Keilstücke mit γ und γ_1 , so kann der Vorgang der Neigung so aufgefasst werden, dass ein Theil des Auftriebs, nämlich p , in γ fortgenommen und in γ_1 wieder hinzugefügt worden ist, während sich die Auftriebsrichtung gleichzeitig um den Winkel θ gedreht hat. Die Volumina an verdrängtem Wasser in der aufrechten und in der geneigten Position haben das Stück unterhalb $W_1 O L$, welches während der Neigung vollkommen unter Wasser bleibt, gemeinschaftlich; sein Volumenschwerpunkt liege in ϵ , sein Auftrieb wird $P - p$ sein.

Demnächst angenommen, es sei ausser der Lage des Displacementschwerpunkts C der aufrechten Position auch der Schwerpunkt des aufgetauchten Keilstücks $W O W_1$, d. h. γ , bekannt, so wird ϵ auf der verlängerten Verbindungslinie γC so gelegen sein müssen, dass die Proportion

$$\frac{\gamma C}{C \varepsilon} = \frac{P - p}{p}$$

erfüllt ist. Nachdem hierdurch ε gefunden und der Schwerpunkt γ_1 des eingetauchten Keilstücks $L O L_1$ als anderweitig gegeben angenommen worden ist, ergibt sich, dass der Deplacementsschwerpunkt C_1 der geneigten Position auf der Verbindungslinie $\varepsilon \gamma_1$ so gelegen sein muss, dass die Proportion

$$\frac{\gamma_1 C_1}{C_1 \varepsilon} = \frac{P - p}{p}$$

erfüllt ist. Hieraus folgt, dass $C C_1$ parallel zu $\gamma \gamma_1$ sein muss, d. h. dass nach der Neigung um den Winkel θ der Deplacementsschwerpunkt C_1 den Endpunkt einer durch C gezogenen Parallelen zur Verbindungslinie der Volumenschwerpunkte der auf- und eingetauchten Keilstücke bilden wird. Da nun ferner

$$\frac{\gamma \gamma_1}{C C_1} = \frac{\varepsilon \gamma_1}{\varepsilon C_1}$$

so folgt ausserdem, dass

$$\frac{\gamma \gamma_1}{C C_1} = \frac{P}{p}$$

Denkt man sich in der Fig. 78 die Auftriebsrichtungen durch C_1 und γ_1 gezogen, so schneiden dieselben die Horizontalen durch C und γ in den Punkten D und δ und wir haben die beiden ähnlichen Dreiecke $C C_1 D$ $\gamma \gamma_1 \delta$; mithin wird auch

$$\frac{\gamma \delta}{C D} = \frac{P}{p}$$

sein. $C D$ ist aber gleich

$$C M \sin \theta = r \sin \theta,$$

mithin

$$\frac{\gamma \delta}{r \sin \theta} = \frac{P}{p}$$

oder

$$P \cdot r \cdot \sin \theta = p \cdot \gamma \delta,$$

das heisst „das Stabilitätsmoment der Form ist gleich dem Drehmoment eines Kräftepaars, dessen Kraft gleich dem Auftrieb des aufgetauchten resp. eingetauchten Keilstücks mit dem Winkel θ an die Keilkante ist, und dessen Hebelsarm, in der Fig. 78 die Strecke $\gamma \delta$, gleich der horizontalen Entfernung der Volumenschwerpunkte der Keilstücke ist.“

Durch die Bestimmung des Stabilitätsmoments der Form ist gleichzeitig die Entfernung des Metacentrums vom Deplacementsschwerpunkte der aufrechten Position, C , gegeben; da die Gleichung

$$P r \sin \theta = p \cdot \gamma \delta$$

$$r = C M = \frac{p \cdot \gamma \delta}{P \sin \theta}$$

ergiebt.

Was die numerische Berechnung des Stabilitätsmoments der Form betrifft, so verfährt man in der Weise, dass man zunächst nach Gutdünken unter dem Winkel θ eine geneigte Wasserlinie durchlegt und durch die

Volumenbestimmung der beiden Keilstücke constatirt, ob dieselben gleich sind. Ist dies der Fall, so ist die eingelegte Wasserlinie die richtige und man kann dann sofort zur Bestimmung der Schwerpunkte der Volumen übergehen. Sind sie nicht einander gleich, ist z. B. das eingetauchte Keilstück grösser als das aufgetauchte, so lege ich eine zweite Wasserlinienebene unter dem Winkel θ durch, welche das Volumen des eingetauchten Keilstücks etwas verkleinert, dasjenige des aufgetauchten Keilstücks etwas vergrössert, und wiederhole den Vergleich der Volumina. Einige Versuche dieser Art führen schliesslich zu der, zwei gleiche Keilstücke mit dem Kantenwinkel θ abschneidenden Wasserlinie.

Für die Volumenbestimmung und die Schwerpunktsbestimmung der Keilstücke giebt es verschiedene Methoden. Eine der rationelleren basirt darauf, dass man den Kantenwinkel θ durch Ebenen in eine gewisse Anzahl gleicher Winkel theilt und die einzelnen dadurch gebildeten Elementarkeile nach Volumen und Moment berechnet und die erhaltenen Werthe addirt. Wesentlich einfacher wird die Bestimmung des Stabilitätsmoments der Form, wenn die Keilstücke im Bereiche des Neigungswinkels θ Rotationskörper sind, wie in folgender Aufgabe:

Stabilitätsmoment der Form, wenn die Keilstücke Rotationskörper sind.

„Gegeben ein mit seiner Achse horizontal schwimmender Cylinder, dessen Länge gleich L , dessen Querschnitt kreisförmig und vom Durchmesser B und dessen Tiefgang $\frac{B}{2}$ ist; es soll das Stabilitätsmoment der Form für den Neigungswinkel θ bestimmt und die Entfernung des Metacentrums vom Displacementsschwerpunkt der aufrechten Position angegeben werden“.

Das Stabilitätsmoment der Form ist:

$$Pr \sin \theta = p \cdot \gamma \delta;$$

p ist gleich dem Volumen eines der Keilstücke multiplicirt mit dem specifischen Gewichte des Wassers, in dem der Cylinder schwimmt: letzteres sei gleich der Einheit. Alsdann ist

$$p = L \cdot \frac{B^2}{4} \cdot \frac{\theta}{2}.$$

Weil die Verbindungslinie der Volumenschwerpunkte der Keilstücke γ und γ_1 in diesem Falle den Neigungswinkel θ halbirt, so ist

$$\begin{aligned} \gamma \delta &= \gamma \gamma_1 \cdot \cos \frac{\theta}{2} \\ &= 2 \cdot 0 \gamma_1 \cdot \cos \frac{\theta}{2}; \quad \text{da jedoch} \end{aligned}$$

$$0 \gamma_1 = \frac{2}{3} \frac{B}{2} \cdot \frac{\sin \frac{\theta}{2}}{\frac{\theta}{2}}$$

so ist

$$\gamma \delta = \frac{1}{3} \frac{B}{2} \cdot \frac{\sin \frac{\theta}{2}}{\frac{\theta}{2}} \cdot \cos \frac{\theta}{2}$$

folglich

$$\begin{aligned} p \cdot \gamma \delta &= L \cdot \frac{B^2}{4} \cdot \frac{\theta}{2} \cdot \frac{1}{3} \frac{B}{2} \cdot \frac{\sin \frac{\theta}{2}}{\frac{\theta}{2}} \cdot \cos \frac{\theta}{2} \\ &= \frac{1}{3} L \cdot \left(\frac{B}{2}\right)^3 \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \text{ d. h.} \\ &= \frac{1}{3} L \cdot \left(\frac{B}{2}\right)^3 \sin \theta. \end{aligned}$$

Die Entfernung des Metacentrums vom Deplacementsschwerpunkt der aufrechten Position würde sein:

$$r = \frac{p \cdot \gamma \delta}{P \sin \theta}$$

worin nur noch P mit seinem Werthe

$$L \cdot \left(\frac{B}{2}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{2}$$

einzusetzen ist, um für r den Werth

$$\frac{1}{3} \frac{B}{2} : \pi$$

zu bekommen. Da dies gleichzeitig die Entfernung des Flächenschwerpunkts einer halben Kreisfläche, deren Durchmesser B , vom Mittelpunkte ist, mithin in der vorliegenden Aufgabe mit der Entfernung des Deplacementsschwerpunkts von der oberen Wasserlinie übereinstimmt, so folgt, dass in dem speciellen Falle der Aufgabe das Metacentrum in die Achse des Cylinders resp. in die obere Wasserlinie fällt und dass von einer stabilen Schwimmlage nur dann die Rede sein kann, wenn der Schwerpunkt unseres Cylinders unter Wasser liegt.

Liegt der Schwerpunkt eines Schiffes nicht im Deplacementsschwerpunkte desselben, sondern in der Entfernung a darüber, so muss man, um das ganze Stabilitätsmoment zu bekommen, von dem Stabilitätsmomente der Form das Stabilitätsmoment der Gewichte, d. h. $Pa \sin \theta$, subtrahiren und ich erhalte:

$$P(r - a) \sin \theta = p \cdot \gamma \delta - Pa \sin \theta.$$

Der Ausdruck auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens heisst die Atwood'sche Formel, der auf der linken Seite desselben die metacentrische Stabilitätsformel.

Denke ich mir auf ein Schiff vom Gewichte P , dessen Schwerpunkt in der Entfernung a oberhalb des Deplacementsschwerpunkts liegt, nach

Die Atwood'sche Formel.

Die Curve der Stabilitätsmomente oder das Stabilitätsdiagramm.

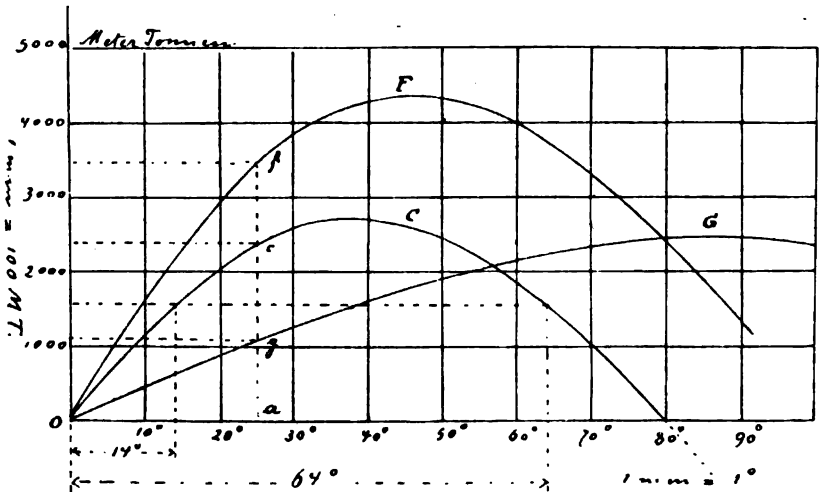
Das Stabilitätsdiagramm.

und nach eine Reihe von horizontal und querschiffs gerichteten Kräften wirkend, die demselben die in gleichen Intervallen wachsenden Neigungswinkel $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ zu ertheilen vermögen, so werden die auf- resp. eintauchenden Keilstücke die diesen Winkeln entsprechenden Grössen $p_0, p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ annehmen und deren Volumenschwerpunkte die horizontal gemessenen Entfernungen $\gamma_0 \delta_0, \gamma_1 \delta_1, \gamma_2 \delta_2 \dots \gamma_n \delta_n$ haben. Folglich werden den einzelnen Neigungswinkeln $\theta_0, \theta_1, \theta_2$ u. s. w. die Stabilitätsmomente der Form

$$p_0 \cdot \gamma_0 \delta_0, p_1 \cdot \gamma_1 \delta_1, p_2 \cdot \gamma_2 \delta_2 \dots$$

entsprechen. Construirt man mit diesen Werthen als Ordinaten eine Curve, deren Abscissen die zugehörigen Winkel $\theta_0, \theta_1, \theta_2 \dots$ sind, so erhalte ich eine graphische Darstellung der Stabilitätsmomente der Form für sämtliche Neigungswinkel zwischen den Grenzen $\theta = 0$ und $\theta = \theta_n$, welche

Fig. 79.



gestattet für jeden beliebigen Neigungswinkel das zugehörige Moment abzugreifen und welche zeigt, in welchem Maasse mit wachsendem Winkel jenes Moment wächst, bei welchem Winkel es ein Maximum wird und wie es nachher wieder abnimmt. In Fig. 79 ist die Curve der Stabilitätsmomente der Form mit F bezeichnet, wie ersichtlich verläuft dieselbe bis zu einem Winkel von 25° fast gradlinig, was sich in der Weise interpretiren lässt, dass die Momente proportional mit den Neigungswinkeln resp. deren sinus wachsen, von da ab findet das Wachsen der Ordinaten in einem geringeren Verhältniss statt, um bei einem Winkel von circa 45° einen Maximalwerth anzunehmen, von welchem aus die Ordinaten wieder abnehmen; bei $\theta = 110^\circ$ würde die Curve F die X -achse wieder schneiden, was soviel heisst, dass das Drehmoment $p \cdot \gamma \delta$ für einen Winkel von 110° den Werth Null ange-

nommen hat. Da aber p nicht Null sein kann, so würde bei diesem Winkel $\gamma \delta$ gleich Null sein müssen oder die Schwerpunkte der auf und eingetauchten Keilstücke liegen in einer Vertikalen.

Um jedoch die wirklichen, den einzelnen Winkeln $\theta_0 \theta_1 \theta_2 \dots \theta_n$ entsprechenden Stabilitätsmomente zu erhalten, muss ich von den correspondirenden Momenten der Form die Stabilitätsmomente der Gewichte

$$P \cdot a \cdot \sin \theta_0, P \cdot a \cdot \sin \theta_1, P \cdot a \cdot \sin \theta_2 \dots P \cdot a \cdot \sin \theta_n$$

subtrahiren.

Um dies graphisch zu machen, zeichne ich unter Benutzung derselben Coordinatenaxen und der zugehörigen Maassstäbe die Curve der Stabilitätsmomente der Gewichte, die in Fig. 79 mit G bezeichnet ist. Da die Ordinaten dieser Curve, $P \cdot a \sin \theta$, die Factoren P und a constant haben, so wachsen dieselben bei grösser werdendem Neigungswinkel, wie die sinus dieser letzteren und die Curve C ist somit eine reine Sinuslinie mit einer Maximalordinate vom Werthe $P \cdot a$ bei 90° .

Die Differenz der Ordinaten der Curve F und der Curve G für dieselbe Abscisse liefert demnächst das wirkliche Stabilitätsmoment für einen Winkel, der durch diese Abscisse gegeben ist. In der Fig. 79 ist z. B. bei einem Neigungswinkel von 25° das Stabilitätsmoment der Form gleich $a f$, das Stabilitätsmoment der Gewichte gleich $a g$; mithin ist das resultirende Stabilitätsmoment gleich

$$a f - a g = g f.$$

Setze ich die Länge $g f$ von a aus auf der Ordinatenlinie ab, so erhalte ich den Punkt c , welcher der Curve C angehört und welch' letztere die Stabilitätscurve darstellt. Dieselbe lässt sofort die Stabilitätsverhältnisse für Querschiffsneigungen erkennen, so unter anderem, dass die Stabilitätsmomente bis zu einem Winkel von ungefähr 15° proportional mit dem Sinus des Neigungswinkels sind, dass der Maximalwerth des Stabilitätsmoments bei circa 35° gelegen ist, mithin kleiner ist, als der Maximalwerth des Stabilitätsmoments der Form, dass zwischen den Winkeln von 30 und 40° im Falle des durch unsere Eigur repräsentirten Beispiels die Stabilitätsmomente nur wenig differiren, dass endlich bei einem Neigungswinkel von 80° der Werth des Stabilitätsmoments Null ist.

Interpretation
der Stabilitäts-
curve.

Mit Hilfe der Stabilitätscurve zu lösende Aufgaben:

- 1) Wie gross ist das Stabilitätsmoment eines Schiffes, dessen Stabilitätscurve in Fig. 79 mit C bezeichnet ist, wenn der Neigungswinkel 25° beträgt?

Ein Blick auf die Figur ergibt 2420 Metertonnen.

- 2) Wie weit wird sich das Schiff überlegen, wenn ein, dasselbe um die Längsachse drehendes Moment von 1550 Metertonnen auf dasselbe wirkt?

Ich ziehe durch den Punkt der Y -achse, welcher dem Drehmoment von 1550 Metertonnen entspricht, eine Parallele zur X -achse bis zum Schnittpunkt

mit der Curve C . Wie ersichtlich, entstehen zwei Schnittpunkte, die den Neigungswinkeln von etwa 14 und 64° entsprechen würden, von denen jedoch hier nur der erstere in Frage kommen kann.

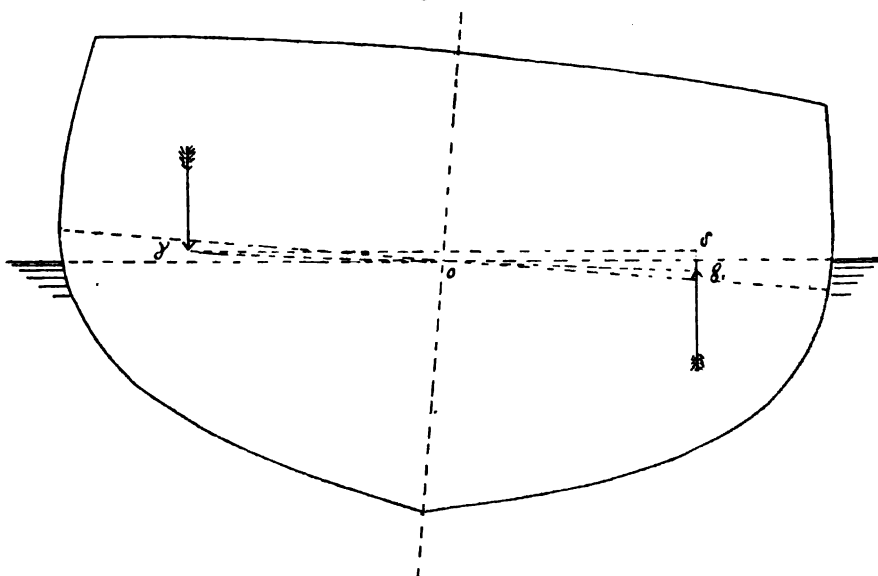
3) Für welchen Neigungswinkel ist das Stabilitätsmoment am grössten und zwar wie gross?

Im Falle der Figur 79 ist bei einem Neigungswinkel von etwa 35° ein grösstes Stabilitätsmoment von circa 2700 Metertonnen vorhanden.

Stabilitätsmoment für kleine Neigungswinkel.

Ist der Neigungswinkel nur klein z. B. wie in Fig. 80 circa 5° , so lässt sich das Drehmoment aus dem auf- und eintauchenden Keilstück und somit das Stabilitätsmoment der Form mit Leichtigkeit bestimmen. Wir können nämlich, wie aus der Fig. 80 selbst für einen Neigungswinkel von

Fig. 80.

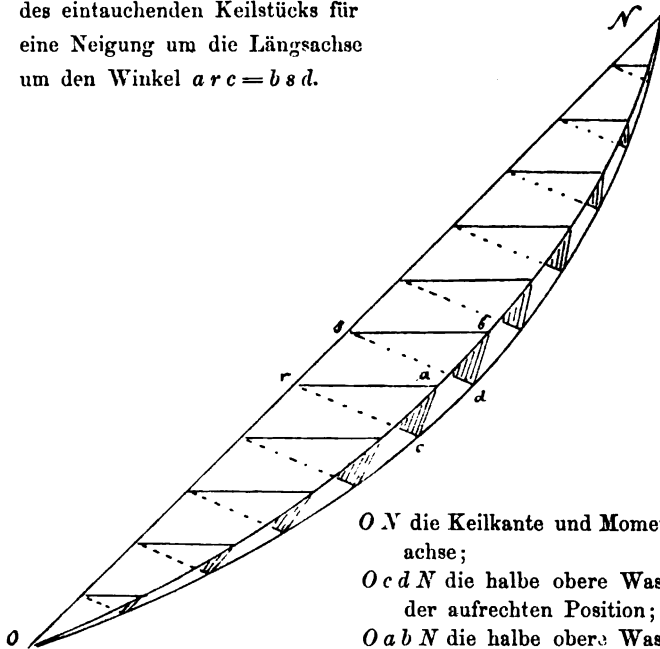


$\theta = 5^\circ$ zugegeben werden muss, in dem Ausdruck $p \cdot \gamma \delta$ an die Stelle des Hebelsarms $\gamma \delta$, welcher gleich ist der horizontalen Entfernung der Volumenschwerpunkte der beiden Keilstücke, die directe Entfernung dieser Schwerpunkte, d. h. die Länge $\gamma \gamma_1$ setzen und demnächst statt $\gamma \gamma_1$ auch $2 \cdot \gamma_1 \theta$ resp. $2 \cdot \gamma \theta$ setzen. Dadurch nimmt das Stabilitätsmoment $p \cdot \gamma \delta$ die Form $p \cdot 2 \cdot \theta \gamma_1$ oder $2 \cdot p \cdot \theta \gamma_1$ an, d. h. für kleine Neigungswinkel ist das Drehmoment der Keilstücke oder das Stabilitätsmoment der Form gleich dem doppelten statischen Moment eines der Keilstücke mit Bezug auf die

Keilkante. Um dieses statische Moment z. B. des eingetauchten Keilstücks zu bestimmen, haben wir uns zu vergegenwärtigen, dass eine querschiffs gerichtete neigende Kraft ein Keilstück von der in Fig. 81 dargestellten Form hervorbringt, in welcher die Linie ON , die Keilkante, mit der Symmetrieaxe der oberen Wasserlinie zusammenfällt, deren obere Curve die geneigte Wasserlinie und deren untere Curve die aufrechte Wasserlinie

Fig. 81.

Cavalierperspectivische Darstellung
des eintauchenden Keilstücks für
eine Neigung um die Längsachse
um den Winkel $arc = bsd$.



ON die Keilkante und Momenten-
achse;
 $OcdN$ die halbe obere Wasserlinie
der aufrechten Position;
 $OabN$ die halbe obere Wasserlinie
der geneigten Position.
Für kleine Neigungswinkel ist
 $ra = rc$ resp. $sb = sd$.

repräsentirt. Durch die Spantebenen erscheint das Keilstück im Falle unserer Figur in 12 keilförmige Volumina getheilt und um das ganze Moment des Keilstücks zu erhalten, würde die Summe der Momente dieser 12 keilförmigen Volumina zu bilden sein. Greifen wir zu dem Ende eines derselben heraus, z. B. das Stück $rsabcd$. Das statische Moment desselben wird gleich dem Producte seines Volumens mit seinem Schwerpunktsabstande von ON sein. Bezeichnet man die Länge ra , welche wegen der

vorausgesetzten Kleinheit des Neigungswinkels gleich rc , d. h. gleich der halben Breite des Schiffes in der oberen Wasserlinie ist, mit y und die Distanz der Spanten oder die Strecke rs mit $\frac{L}{n}$, so ist das Volumen des Elementarkeils $rsabcd$ gleich

$$\frac{L}{n} \cdot \frac{y^2}{2} \sin \theta$$

und da der Schwerpunktsabstand desselben von der Keilkante $\frac{2}{3}y$ sein wird, so ergibt sich das statische Moment des Elementarkeils zu

$$\frac{L}{n} \cdot \frac{y^2}{2} \sin \theta \cdot \frac{2}{3}y$$

oder gleich

$$\frac{L}{n} \cdot \frac{y^3}{3} \cdot \sin \theta.$$

Bilde ich von sämtlichen Elementarkeilen auf diese Weise die entsprechenden Momente und addire ich dieselben, so erhalte ich das gesuchte Moment des ganzen Keilstücks. Ich bezeichne dasselbe mit

$$\Sigma \frac{y^3}{3} \frac{L}{n} \sin \theta.$$

Folglich ist das Stabilitätsmoment der Form

$$p \cdot \gamma \delta = 2 p \cdot 0 \gamma = 2 \cdot \Sigma \frac{y^3}{3} \frac{L}{n} \cdot \sin \theta.$$

Der metacentrische Ausdruck für das Stabilitätsmoment der Form war aber

$$Pr \cdot \sin \theta,$$

mithin haben wir die Gleichung:

$$Pr \sin \theta = 2 \Sigma \frac{y^3}{3} \frac{L}{n} \sin \theta.$$

Hieraus ergibt sich die Entfernung des Metacentrums vom Deplacementschwerpunkt der aufrechten Position des Schiffes:

$$r = \frac{\frac{2}{3} \Sigma y^3 \cdot \frac{L}{n}}{P}$$

Trägheitsmoment
der oberen
Wasserlinie.

Der im Zählen dieses Werthes von r stehende Ausdruck wird das Trägheitsmoment der oberen Wasserlinie genannt und die Regel für die Bestimmung der Entfernung des Metacentrums vom Deplacementschwerpunkt der aufrechten Stellung unter der Voraussetzung kleiner Neigungswinkel lautet: diese Entfernung ist gleich dem Quotienten aus dem Trägheitsmoment der oberen Wasserlinie und dem Deplacement.

Die numerische Berechnung des Ausdrucks

$$\frac{2}{3} \Sigma y^3 \frac{L}{n}$$

wird, wie alle Summenausdrücke von ähnlicher Form, mit Hülfe der Näherungsformeln für die Flächeninhalte von Curven durchgeführt, welche

durch aequidistante Ordinaten gegeben sind. Bezeichnet man demnach die Ordinaten der oberen Wasserlinie mit $y_0, y_1, y_2, y_3 \dots y_n$, so ist

$$\frac{2}{3} \Sigma y^3 \cdot \frac{L}{n} = \frac{2}{3} \cdot \frac{L}{n} \left[\frac{y_0^3}{2} + y_1^3 + y_2^3 + y_3^3 + \dots + y_{n-1}^3 + \frac{y_n^3}{2} \right]$$

oder wenn n gerade

$$\frac{2}{3} \Sigma y^3 \cdot \frac{L}{n} = \frac{2}{3} \cdot \frac{L}{3n} \left[y_0^3 + 4 y_1^3 + 2 y_2^3 + 4 y_3^3 \dots 4 y_{n-1}^3 + y_n^3 \right].$$

Ist die obere Wasserlinie ein Rechteck von der Länge L und der Breite B , so sind sämtliche Ordinaten derselben einander gleich und zwar $= \frac{B}{2}$ und die vorstehenden Formeln liefern als Trägheitsmoment derselben

$$\frac{2}{3} L \cdot \left(\frac{B}{2} \right)^3 = \frac{L \cdot B^3}{12} = 0,083 \cdot L \cdot B^3,$$

welch' letzterer Werth mit dem anderweitig berechneten Ausdruck für das Trägheitsmoment eines Rechtecks übereinstimmt.

Auch für nicht rechteckig geformte obere Wasserlinien lässt sich das Trägheitsmoment durch das Product LB^3 , multiplicirt mit einem gewissen Coefficienten K ausdrücken, so das dasselbe

$$K \cdot L \cdot B^3$$

sein würde, woraus sich als Werth für r ergibt:

$$r = \frac{K \cdot L \cdot B^3}{P}$$

unter P das Displacement des Schiffes verstanden. Stellt man letzteres durch das Product der drei Hauptdimensionen Länge, Breite und Tiefgang multiplicirt mit dem Völligkeitsgrade δ dar, so wird

$$r = \frac{K \cdot L \cdot B^3}{L \cdot B \cdot T \cdot \delta} = \frac{K}{\delta} \cdot \frac{B^2}{T}$$

der Werth $\frac{K}{\delta}$ schwankt für Schiffe von mittlerer Schärfe zwischen den Grenzen $0,09$ bis $0,10$, für Schiffe mit volleren Formen $0,08$ bis $0,09$. In Ermanglung anderer Daten kann man sich dieser Werthe zur angenäherten Berechnung von r bedienen.

1te Aufgabe: Es soll die Entfernung des Metacentrums vom Displacementsschwerpunkt der aufrechten Position für ein leer schwimmendes Dock berechnet werden, dessen Länge 80 Meter, dessen Breite 25 Meter und dessen Tiefgang 1,5 Meter beträgt.

$$\text{Antwort: } r = \frac{L \cdot B^3}{12} : P$$

worin $P = L B T$, so dass

$$r = \frac{B^2}{12 T} = \frac{25^2}{12 \cdot 1,5} = 34,72 \text{ Meter.}$$

2te Aufgabe: Wie hoch wird das Metacentrum oberhalb des Deplacementsschwerpunkts liegen, wenn in demselben ein Schiff von 2500 Tonnen Gewicht steht?

Da das Dock mit dem darin befindlichen Schiff nunmehr ein Deplacement von

$$80 \cdot 25 \cdot 1,5 + 2500 = 80 \cdot 25 \cdot 1,5 + 2500 = 5500$$

Tonnen hat, so wird

$$r = \frac{L \cdot B^3}{12} : 5500 = 18,98 \text{ Meter.}$$

3te Aufgabe: Gegeben ein homogener, schwimmender Körper von der Länge L und mit constantem quadratischem Querschnitt h^2 ; wie gross muss dessen specifisches Gewicht sein, wenn er mit einer der Seiten seines Querschnitts horizontal schwimmen soll?

Lösung: Bezeichnet man das specifische Gewicht des Körpers mit s , so wird sein Gewicht $h^2 \cdot L \cdot s$ sein und da dies auch sein Deplacement ist, so wird er mit einem Tiefgang gleich $h \cdot s$ schwimmen. Soll der Körper mit einer der Seiten seines Querschnitts horizontal schwimmen, so muss das demselben in dieser Lage zukommende $r - a$ positiv oder grösser als Null sein. Bilden wir zunächst den Werth von r , so ergibt sich derselbe gleich

$$\frac{L \cdot B^3}{12} : P = \frac{L \cdot h^3}{12} : L \cdot h^2 \cdot s$$

oder
$$r = \frac{h}{12 s};$$

was die Grösse a , d. h. die Entfernung des Deplacementsschwerpunkts vom Schwerpunkte des Körpers betrifft, so ist dieselbe gleich

$$a = \frac{h}{2} - \frac{h s}{2}$$

mithin ist

$$r - a = \frac{h}{12 s} - \left(\frac{h}{2} - \frac{h \cdot s}{2} \right) = \frac{h}{2} \left(\frac{1}{6 \cdot s} - 1 + s \right),$$

welcher Werth positiv d. h. grösser als Null sein muss. Um hierüber zu entscheiden, ermitteln wir denjenigen Werth von s , welcher den Ausdruck in der Klammer zu Null macht, zu welchem Zwecke die Gleichung

$$\frac{1}{6 \cdot s} - 1 + s = 0$$

mit Bezug auf s aufzulösen ist. Dieselbe liefert

$$s_1 = 0,788 \text{ und } s_2 = 0,212$$

d. h. also, ist das specifische Gewicht des schwimmenden Körpers grösser als 0,788, so wird derselbe in der verlangten Position stabil schwimmen, ist dasselbe kleiner als 0,788 und grösser als 0,212, so wird die vorgeschriebene Position eine labile sein; wäre sein spec. Gewicht kleiner als 0,212, so wird der Körper wieder mit einer der Kanten seines Querschnitts horizontal stabil schwimmen. Hiernach werden sämtliche Holzarten, sofern sie

quadratisch bearbeitet sind und welche ihr spezifisches Gewicht zwischen den vorstehend berechneten Grenzen haben, mit einer der Diagonalen ihres Querschnitts vertikal schwimmen.

Die im vorstehenden angewandte Methode zur Bestimmung der Entfernung des Metacentrums vom Deplacementsschwerpunkte gestattet bei gleichzeitiger Kenntniss der Lage des Schiffsschwerpunktes die sofortige Entscheidung, ob ein Schiff überhaupt Stabilität besitzt oder nicht. Dehnt man indessen den Begriff eines kleinen Neigungswinkels bis auf 10 oder 15° aus, was für gewöhnliche Schiffsformen erfahrungsmässig zulässig ist, so kann man in der Formel $P(r - a) \sin \theta$ bis zu jenen Winkeln, statt r den Quotienten aus dem Trägheitsmoment der oberen Wasserlinie und dem Deplacement des Schiffes setzen, so dass es der Stabilitätsmomentencurve innerhalb dieser Grenzen nicht bedarf. Es würde das gleichbedeutend sein damit, dass sowohl r als auch die metacentrische Höhe $r - a$ bis zu Winkeln von 10 bis 15° constant, das Metacentrum somit ein fester Punkt in der Schwimmachse des Schiffes ist oder endlich dass der Schiffskörper innerhalb jener Winkelgrenzen ein Rotationskörper ist.

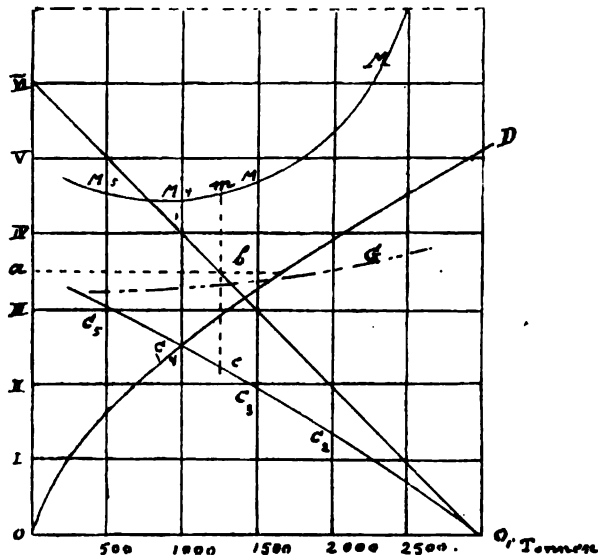
Die Lage des Metacentrums für verschiedene Tiefgänge desselben Schiffes.

Bisher ist nur von der Stabilität eines Schiffes unter der Einwirkung einer horizontal und querschiffs gerichteten Kraft unter der stillschweigenden Voraussetzung eines und desselben mittleren Tiefganges und daher stets desselben Deplacements die Rede gewesen. Mit dem Tiefgang des Schiffes ändern sich aber die Grösse des Deplacements, die Lage des Deplacementsschwerpunktes und wegen der entsprechenden Vergrösserung oder Verkleinerung des Gewichtes eventuell die Lage von dessen Schwerpunkt; es ändert sich ferner die Grösse und Form der oberen Wasserlinie, also auch deren Trägheitsmoment, kurz sämtliche Elemente, welche in den Ausdrücken für die Stabilitätsmomente vorkommen. Da ein Schiff jedoch für jeden ihm möglichen Tiefgang Stabilität besitzen muss, so werden dessen Metacentra für kleine Neigungswinkel vom kleinsten bis zu seinem grössten Tiefgang in einer Anzahl von Intervallen berechnet und die Resultate zur graphischen Darstellung der Metacentra für verschiedene Tiefgänge benutzt. Die Einrichtung eines solchen Diagramms ist durch Fig. 82 erläutert. In derselben bedeuten die römischen Zahlen die Tiefgänge in Metern; durch den Endpunkt eines derselben, in der Figur durch VI ist die Linie VI O unter 45° mit der Vertikalen gezogen, welche die Horizontalen resp. Wasserlinien durch die Punkte V, IV, III, II, I, in gewissen Punkten schneidet. Für die Wasserlinie V ist demnächst die Entfernung des Deplacementsschwerpunktes von derselben berechnet und diese von deren Schnittpunkt mit der 45° Linie aus vertikal nach unten abgesetzt und der Punkt C₆ erhalten

worden. Demnächst berechnet man die Entfernung des Metacentrums vom Deplacementsschwerpunkt und setzt den erhaltenen Werth von C_5 aus vertikal nach oben ab, wodurch sich in der Figur der Punkt M_5 ergibt. Dasselbe Verfahren für die Tiefgänge *IV, III, II, I* wiederholt liefert die Deplacementsschwerpunkte C_4, C_3, C_2, C_1 und die zugehörigen Metacentra M_4, M_3, M_2, M_1 . Die Verbindungslinie der Punkte C durch eine continuirliche Curve liefert die Deplacementsschwerpunkts-Curve für verschiedene Tiefgänge, diejenige der Punkte M die Curve der Metacentren für verschiedene Tiefgänge. Die praktische Verwendung des metacentrischen Diagramms wird durch die Lösung folgender Aufgabe klargelegt:

Aufgabe: Die in Fig. 82 dargestellten Curven M und C seien diejenigen eines Schiffes, welches bei einem Tiefgang von 3,5 Meter ein

Fig. 82.



Deplacement von 1650 Tonnen besitzt; wie gross ist dessen Stabilitätsmoment, bei einem Neigungswinkel von 10° , wenn sein Schwerpunkt 3,25 Meter oberhalb des Kiels liegt?

Ich setze den Tiefgang von 3,5 Meter auf der Tiefgangsskala zur Linken in der Figur ab und erhalte den Punkt a ; durch denselben ziehe ich eine Horizontale bis zum Schnittpunkte b mit der 45° Linie, die Vertikale durch b liefert in ihrem Schnittpunkte mit der Curve C den Deplacementsschwerpunkt, in dem Schnittpunkte mit der Curve M das Metacentrum. Da die Figur im Maassstabe von 1:100 entworfen ist, so beträgt die Länge $Cm = r$, 2,3 Meter, während der Deplacementsschwerpunkt 1,25 Meter unter Wasser oder $3,5 - 1,25$ Meter = 2,25 Meter über der Unterkante Kiel ge-

legen ist. Da der Schiffsschwerpunkt 3,25 Meter oberhalb des Kiels liegen soll, so befindet er sich in der Entfernung $a = 3,25 - 2,25 = 1$ Meter oberhalb des Deplacementsschwerpunktes. Mithin ist das Stabilitätsmoment des Schiffes bei einem Winkel von 10°

$$1650 (2,25 - 1) \sin 10^\circ = 1650 \cdot 1,25 \cdot 0,1736 = 358 \text{ Metertonnen.}$$

Um das Diagramm der Fig. 82 für eine practische Verwendung noch besonders geeignet zu machen, benutze ich dasselbe, um mit Hilfe der mit G bezeichneten Curve die Lagen des Schiffsschwerpunktes für verschiedene Tiefgänge zu fixiren und vervollständige dasselbe endlich noch durch Einzeichnung der Curve D , d. h. des Deplacementsdiagramms, welche gestattet, für jeden Tiefgang das Deplacement des Schiffes abzugreifen. Eine Gruppe von Curven dieser Art liefert mir alsdann für sämtliche in Betracht kommenden Tiefgänge die Elemente für die Bestimmung des Stabilitätsmoments für kleine Neigungswinkel etwa bis 10 oder 15° , was für die Bordpraxis vollkommen ausreicht.

Will man von einem Schiffe für einen anderen Tiefgang als den des vollausgerüsteten Schiffes für grössere Neigungswinkel die Stabilitätsmomente haben, so bestimme ich mittelst der allgemeinen Formel für diesen bestimmten Tiefgang die Stabilitätsmomentencurve. Thue ich dies auch für noch einige andere Tiefgänge und zeichne ich die Curven sämtlich mit Hilfe desselben Coordinatensystems, so bin ich im Stande, unter Anwendung eines sehr einfachen graphischen Interpolationsverfahrens die Angabe des Stabilitätsmoments für die weitest gehenden Anforderungen und Bedingungen zu machen.

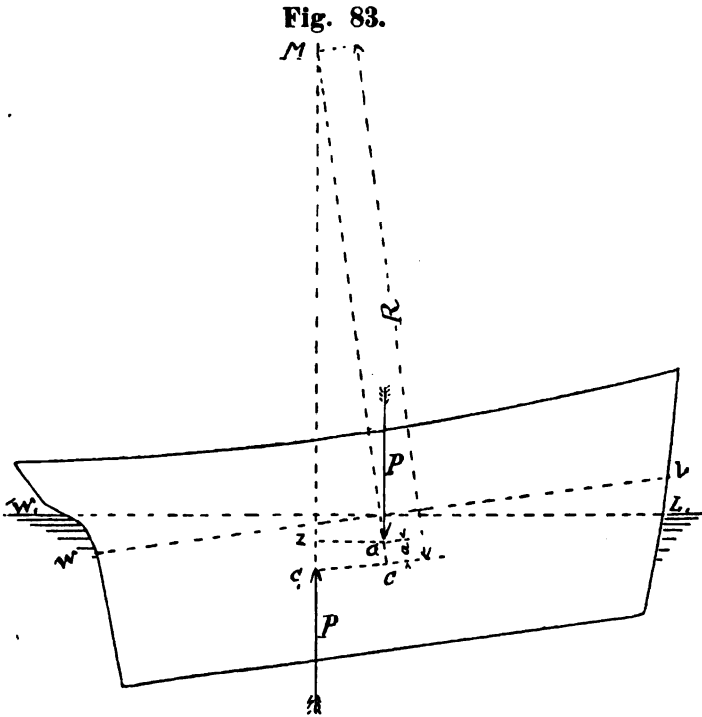
Stabilitätsmoment für beliebige Neigungswinkel bei verschiedenen Tiefgängen.

Stabilitätsmoment für die Querachse.

Denkt man sich ein im ruhigen Wasser schwimmendes Schiff durch eine in der Symmetrieebene des Schiffes gelegene, horizontal gerichtete Kraft geneigt, so wird sich dasselbe um eine zur Symmetrieebene senkrecht stehende, d. h. eine Querachse drehen. Es wird dabei der Tiefgang des Schiffes an dem einen Ende verkleinert, an dem anderen Ende vergrößert und ein keilförmiges Stück des Schiffskörpers zum Auftauchen und ein ebensolches, seinem Volumen nach ebenso grosses zum Eintauchen kommen und endlich wird die neuentstandene Wasserlinienebene dasselbe Deplacement vom Schiffskörper abschneiden, als diejenige der ursprünglichen Schiffslage.

Wie bei der Neigung um die Längsachse wird auch hier das Drehmoment aus den beiden Keilstücken das Stabilitätsmoment der Form für die Querachse sein, welches durch Verminderung um das Stabilitätsmoment der Gewichte das resultirende Stabilitätsmoment für die Querachse liefert. Die angegebenen Beziehungen werden durch Fig. 83 veranschaulicht und können mit Hilfe derselben in analoge Formeln wie bei der Neigung um die Längsachse gebracht werden. In derselben stellt die Linie WL die

obere Wasserlinie dar, bevor eine drehende Kraft oder wie man sich besser ausdrückt, ein Drehmoment, d. h. das Produkt aus jener Kraft mit ihrem Hebelsarm auf dasselbe wirkt, während die Linie $W_1 J_1$ die Schiffs-lage angiebt, bis zu welcher der Schiffskörper durch das Drehmoment um eine Querachse geneigt worden ist. $W O W_1$ ist das eingetauchte Keilstück, $L O L_1$ das aufgetauchte Keilstück. Der Displacementschwerpunkt der aufrechten Schiffs-lage war C ; derselbe befindet sich in der geneigten Position in C_1 . Die Auftriebsrichtungen durch C und C_1 schneiden einander in M , dem Metacentrum für die Querachse. In die Fig. 83 trage man die bei der Be-



trachtung für Neigungen um die Längsachse benutzte Bezeichnung der analogen Punkte ein und ziehe die Lothe CD und $\gamma\delta$ durch die Punkte C und γ , so erhält man die beiden ähnlichen Dreiecke CC_1D und $\gamma\gamma_1\delta$, deren Aehnlichkeitsverhältniss

$$CC_1 : \gamma\gamma_1 = p : P$$

ist, worin p das Displacement eines der Keilstücke und P das Displacement des Schiffes ist. Jenes Verhältniss ist aber auch

$$\frac{CD}{\gamma\delta} \text{ oder } \frac{CM \cdot \sin \theta}{\gamma\delta}$$

folglich haben wir

$$P \cdot CM \sin \theta = p \cdot \gamma\delta.$$

Die Strecke CM wird bei den Neigungen um die Querachse mit R bezeichnet und unsere Formel wird

$$PR \sin \theta = p \cdot \gamma \delta.$$

Wie aus der Figur ersichtlich, ist der Hebelsarm des Stabilitätsmoments für die Querachse gleich GZ , für welches sich auch

$$GM \sin \theta$$

schreiben lässt. Da indessen

$$GM = CM - CG$$

ist, so ergibt sich das Stabilitätsmoment zu

$$P \cdot (CM - CG) \sin \theta.$$

Da ferner

$$P \cdot CM \sin \theta = P \cdot R \sin \theta = p \cdot \gamma \delta$$

ist, so ist das Stabilitätsmoment, wenn wir CG wieder mit a bezeichnen

$$P(R - a) \sin \theta = p \cdot \gamma \delta - Pa \sin \theta.$$

Bei den Neigungen um die Querachse entsprechen die in Betracht kommenden Winkel fast stets der Bedingung, dass sie als sehr kleine betrachtet werden können. Mithin kann das Moment $p \cdot \gamma \delta$ auch geschrieben werden

$$p(0\gamma + 0\gamma_1) \text{ oder auch } p \cdot 0\gamma + p \cdot 0\gamma_1$$

d. h. das Stabilitätsmoment der Form für die Querachse ist bei kleinen Neigungswinkeln gleich der Summe der Momente der beiden Keilstücke mit Bezug auf die Keilkante. Bestimmt man diese Momente in der weiter oben für die Neigung um die Längsachse angegebenen Weise, so erhält man mit Rücksicht darauf, dass im vorliegenden Falle die Keilstücke durch Ebenen, welche zur Querachse senkrecht stehen, in Elementarkeilstücke zerlegt werden, folgenden Werth:

$$p \cdot 0\gamma + p \cdot 0\gamma_1 = \Sigma \frac{x'^3}{3} \cdot \frac{B}{u} \cdot \sin \theta + \Sigma \frac{x''^3}{3} \frac{B}{u} \sin \theta,$$

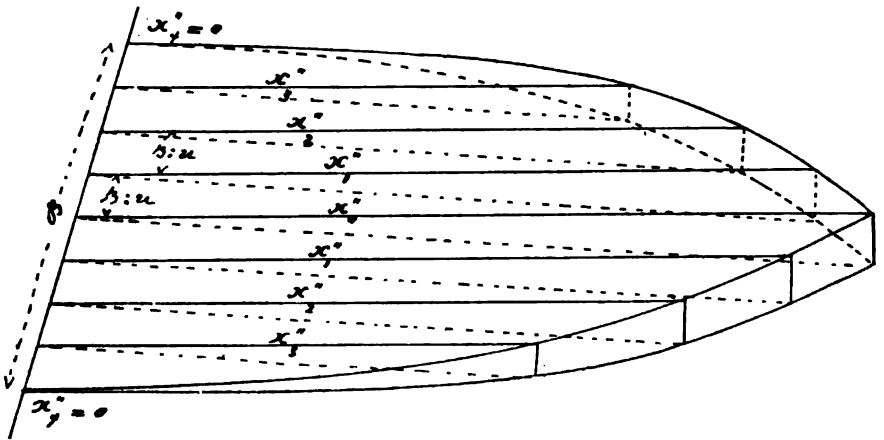
in welchem Ausdruck x' die Ordinaten des hinter der Keilkante liegenden Theils der oberen Wasserlinie, x'' die Ordinaten des vor der Keilkante liegenden Theils der oberen Wasserlinie sind, während B die Breite des Schiffes und u die Anzahl der bei der Rechnung benutzten Keilelemente ist. In Fig. 84 ist das vordere Keilstück mit der Bezeichnung der für die Rechnung erforderlichen Maasse angegeben.

Was die Lage der Keilkante bei kleinen Neigungswinkeln betrifft, so können bei Neigungen um die Längsachse wegen der Symmetrie der oberen Wasserlinie mit Bezug auf die Mittellinie Zweifel über die Lage der Keilkante scheinbar nicht bestehen. Bei den Neigungen um die Querachse ist diese Lage jedoch nicht so augenfällig gegeben. Sie geht durch den Schwerpunkt der oberen Wasserlinie, was in folgender Weise erkannt wird. Angenommen, es sei ein gerader Cylinder gegeben, dessen obere Endfläche ein gewisses Volumen V desselben begrenzt, so wird eine zweite Endfläche, welche mit der ersten einen Winkel bildet, unter der Bedingung

Die Lage der Keilkante für Neigungen um die Quer- und anderen Achsen.

dasselbe Volumen V abschneiden, wenn sie durch den Schwerpunkt der ersten geht, ein Satz, der sich leicht beweisen lässt. Offenbar gilt der Satz auch dann, wenn es sich darum handelt, von einem Körper dasselbe Volumen abzuschneiden, der nur im Bereiche der schneidenden Endflächen cylindrisch ist, darunter aber eine beliebige geschlossene Gestalt hat. — Da es nun beim Durchlegen von geneigten Wasserlinien bei einem Schiffe darauf ankommt, vom Schiffskörper stets dasselbe Volumen verdrängten Wassers abzuschneiden, so würde obiger Satz auf Schiffskörper zunächst volle Anwendung finden, wenn dieselben im Bereiche der auf- und eintauchenden Keilstücke ebenfalls cylindrisch sind, einerlei für welche Neigungsachsen. Da ferner für sehr kleine Neigungswinkel jeder Schiffskörper im Bereiche der Keilstücke als cylindrisch angesehen werden kann,

Fig 84.



so ist auch für diesen Fall die Anwendung des Satzes gestattet; für den Grenzfall, dass der Neigungswinkel Null ist, entspricht die Anwendung des Satzes den thatsächlichen Verhältnissen.

Nach Vorstehendem ist bei kleinen Neigungen für die Längsachse die Symmetrieachse der oberen Wasserlinie deswegen die Keilkante, weil dieselbe den Schwerpunkt der oberen Wasserlinie enthält. Während man die Lage desselben für diese Neigungen nicht zu kennen braucht, muss derselbe für andere Achsen als die Längsachse in seiner Entfernung, z. B. vom hinteren Perpendikel, berechnet werden.

Uebrigens kann man auch bei den Neigungen um die Querachse analog zu den betreffenden Verfahren bei den Neigungen um die Längsachse die Entfernung des Metacentrums vom Deplacementsschwerpunkt C ausdrücken durch

$$R = \frac{K \cdot B \cdot L^3}{L B T \cdot \delta} = \frac{K L^2}{\delta T},$$

wobei der Coefficient $\frac{K}{\delta}$ für ungepanzerte Schiffe und Handelsdampfer zwischen den Grenzen 0,07 bis 0,08, für Panzerschiffe zwischen 0,075 bis 0,09 schwankt. Stehen keine anderen Daten als die Länge und der Tiefgang des Schiffes zur Disposition, so kann man sich dieser Werthe zur angenäherten Berechnung von R bedienen.

Bestimmung des Stabilitätsmoments mittelst des Krängungsversuchs.

Wird ein stabil schwimmendes Schiff auf irgend eine Weise bis zu einem gewissen Neigungswinkel um die Längsachse gedreht, während man gleichzeitig die Grösse des Drehmoments bestimmt, welches erforderlich ist, das Schiff bei dem betreffenden Neigungswinkel in ruhiger Lage zu erhalten, so ist letzteres das Stabilitätsmoment für diesen Neigungswinkel. Bezeichnet man den Neigungswinkel mit θ , so ist das Stabilitätsmoment:

$$P(r - a) \sin \theta;$$

bezeichnet man ferner die Anzahl Metertonnen, welche dem aufgewendeten Drehmoment entsprechen, mit N , so besteht die Gleichung

$$N = P(r - a) \sin \theta,$$

welche ich bei bekanntem Schiffsgewicht P benutzen kann, um die metacentrische Höhe $r - a$ zu bestimmen. Diese würde sein:

$$r - a = \frac{N}{P \cdot \sin \theta}.$$

Kann θ als ein kleiner Winkel aufgefasst werden, so ist r gleich dem Quotienten aus dem Trägheitsmoment der oberen Wasserlinie und dem Auftrieb, folglich bei vorhandener Schiffszeichnung zu berechnen oder überhaupt als bekannt vorauszusetzen. In diesem Falle benutze ich obige Gleichung zur Bestimmung von a , d. h. der Entfernung des Schiffsschwerpunktes vom Deplacementsschwerpunkt, welcher während des Krängungsversuches vorhanden war, und in Folge dessen auch zur Bestimmung der Lage des Schiffsschwerpunktes überhaupt. Die Gleichung liefert für a :

$$a = r - \frac{N}{P \sin \theta}.$$

Was die Erlangung von N oder derjenigen Anzahl Metertonnen betrifft, welche das Schiff in der um den Winkel θ geneigten Lage zu erhalten vermag, so verfährt man am einfachsten, indem man ein Gewicht von p Tonnen in der Richtung parallel zur Wasserlinie der aufrechten Position querschiffs um die Strecke von e Meter verschiebt. Wie aus Fig. 85 hervorgeht, ist diese Gewichtsverschiebung gleichbedeutend mit der Einführung eines Drehungspaares $+p$ und $-p$ am Hebelsarm $e \cdot \cos \theta$, nachdem

der Schiffskörper in Folge der Verschiebung die Neigung θ angenommen hat; wir haben somit die weitere Gleichung

$$N = p e \cos \theta.$$

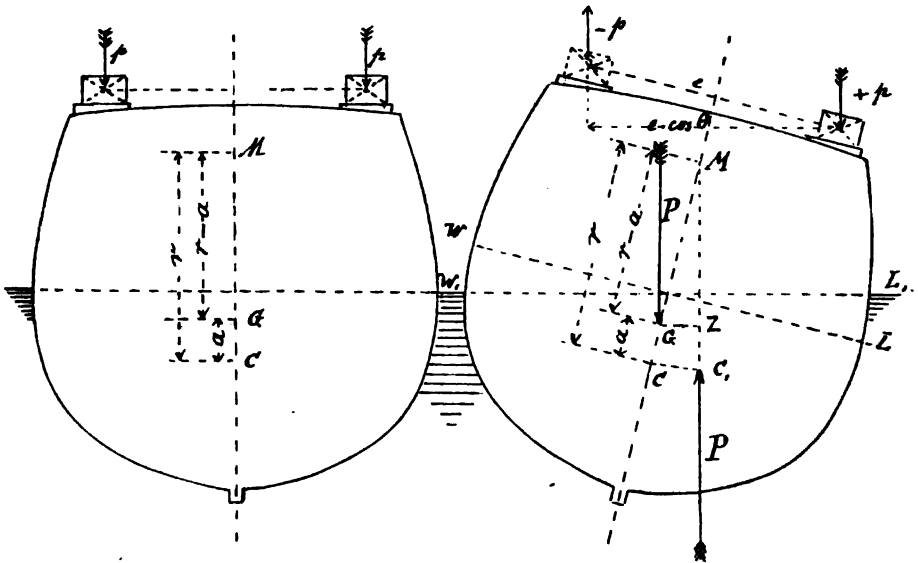
Diesen Werth in dem Ausdruck für a substituirt, ergibt:

$$a = r - \frac{P}{P} e \cotg \theta.$$

Bestimmung von
Cotg θ .

Der Winkel θ ist gewöhnlich so klein, dass dessen Bestimmung mit Hilfe eines Winkel messenden Instruments nur unsichere Angaben liefert; man bestimmt daher bei der practischen Ausführung des Versuchs direct die Cotg θ , indem man an Bord des Schiffes ein Pendel aufhängt, welches

Fig. 85.



vor der Gewichtsverschiebung auf dem Nullpunkt eines horizontal aufgestellten Maassstabes einspielt; der Quotient aus der Entfernung des Aufhängepunktes dieses Pendels vom Nullpunkte des Maassstabes und dem durch den Maassstab angegebenen Ausschlag nach der Gewichtsverschiebung ist die gesuchte Cotg.

Krängungs-
versuch mit dem
leeren Schiff.

Der erste Krängungsversuch, der mit dem Schiffe vorgenommen wird, findet unmittelbar, nachdem das Schiff zu Wasser gelassen ist, zu dem Zwecke statt, die Lage des Schwerpunktes des leeren Schiffskörpers zu erhalten. Zu dem Ende wird, nachdem der Boden des Schiffes vom Ablaufgerüst befreit ist, das für den Versuch erforderliche Quantum Ballasteisen an Bord gebracht und in zwei einfach geformten und symmetrisch gestauten gleichen Haufen auf Steuerbord und Backbord vertheilt. Besitzt das Schiff in diesem Zustande eine Schlagseite, so wird dieselbe durch ein entsprechen-

des Quantum von besonderem Ballasteisen beseitigt. Demnächst werden die Tiefgänge in den Ebenen der Perpendikel abgelesen, auf die Zeichnung übertragen und die entsprechende Wasserlinie behufs der Berechnung von P und r eingezeichnet. Nunmehr wird zum Herüberschaffen des Ballasthaufens z. B. von Backbord nach Steuerbord geschritten und derselbe dort so gestaut, dass sein Schwerpunkt symmetrisch zu seiner vorhergehenden Lage auf Backbord liegt. Nach Aufmessung der Entfernung der beiden Schwerpunktslagen wird alsdann der Ausschlag des gewöhnlich in drei Exemplaren zur Anwendung kommenden Pendels abgelesen, deren Länge bereits vorher ermittelt war. Damit ist eine Gruppe von Daten gegeben, welche zur Bestimmung von a ausreicht. Zur Controlle wird jedoch der Versuch noch weiter geführt und das ganze z. Z. auf Steuerbord lagernde Quantum Ballast nach Backbord hinübergeschafft und auf diese Weise durch Aufmessung der Schwerpunktsentfernungen resp. Ablesung des Ausschlags der Pendel eine zweite Gruppe von Daten gewonnen. Da ferner die Auftauchung resp. Eintauchung des Schiffes im Hauptspant, getheilt durch die dort vorhandene halbe Breite ebenfalls die Cotg des Neigungswinkels ist, so wird durch Aufmessung derselben während der geneigten Stadien des Versuchs weitere Gelegenheit zur Controlle der erlangten Resultate gegeben.

Das Quantum Ballasteisen, mit dessen Hülfe das Schiff nach Steuerbord resp. Backbord geneigt wird, beträgt circa 1% des beim Versuch vorhandenen Schiffsgewichtes.

Ein zweiter Stabilitäts- oder Krängungsversuch wird vorgenommen, wenn das Schiff seeklar ist und zwar in ähnlicher Weise, wie vorstehend beschrieben, um dadurch die Schwerpunktslage des vollständig ausgerüsteten Schiffes einer Controlle zu unterwerfen.

Damit die durch den Krängungsversuch erlangten Resultate für ihren Zweck verwendbar seien, kommt es nicht allein auf die penibelste Genauigkeit bei der Bestimmung des Ballastgewichtes, der Tiefgänge des Schiffes, des Ausschlags und der Länge der Pendel u. s. w. an, sondern ebenso sehr auf die Vermeidung irgend welcher anderer Drehmomente auf das Schiff, ausser dem durch die vorgenommene Gewichtsverschiebung bewirkten. Es ist daher nothwendig, sämtliche an Bord befindlichen losen Gewichte vor unbeabsichtigter Verschiebung zu schützen, indem man dieselben festzurrt. Die zur Ausführung des Versuchs erforderlichen Mannschaften müssen, während die Beobachtungen gemacht werden, einen bestimmten Platz an Bord einnehmen und stille stehen, noch besser von Bord geschickt werden. Die Bilge muss absolut trocken sein, damit die entstandene Neigung nicht durch Ueberschiessen des Bilgewassers unbeabsichtigt vergrössert werde. Es darf weder Seegang noch Wind von grösserer Stärke als 3 vorhanden sein, und muss das Schiff mit seiner Längsrichtung in der Richtung des Windes liegen, eventuell mit nur einer Trosse in derselben Richtung gehalten; u. a. m.

Krängungsversuch mit dem ausgerüsteten Schiffe.

Vorsichtsregeln beim Krängungsversuch.

Der Borda'sche
Versuch.

Von dem Franzosen Borda ist für Segelschiffe mit voller Takelage eine Art Krängungsversuch angegeben, bei welchem statt des Gewichtes von Eisenballast dasjenige eines Theils der Besatzung benutzt wird und statt der Anzahl Metertonnen, die, zur Erzielung des Neigungswinkels θ erforderlich, einen Schluss auf die Grösse der Stabilität gestattet, die Auftauchung resp. Eintauchung in der Gegend des Hauptspants substituirt wird. Die sogenannte Borda'sche Regel lautet: „Es werden soviel Leute, von normalem Gewicht, als die grösste Breite des Schiffes Decimeter beträgt, der Bordwand so nahe wie möglich aufgestellt und die Auftauchung des Schiffes im Hauptspant auf der entgegengesetzten Bordseite und die Eintauchung auf derselben Seite markirt. Alsdann lässt man die Leute nach der anderen Schiffsseite hinübertreten und sie dort die symmetrische Position einnehmen und markirt wieder die entsprechende Auf- und Eintauchung. Die Entfernung der Marken muss sich alsdann zwischen den Grenzen 15 und 25 Centimeter befinden, wenn das Stabilitätsmoment in einem geeigneten Verhältniss zur Besegelung des Schiffes stehen soll. Ist die Entfernung der Marken grösser als 25 Centimeter, so ist die Stabilität zu klein, ist sie kleiner als 15 Centimeter, so ist sie zu gross.

Auch bei einem Stabilitätsversuche dieser Art muss jedes andere Drehmoment auf den Schiffskörper als dasjenige, welches durch das Hinübertreten der Leute verursacht wird, vermieden werden.

Aenderung des Stabilitätsmoments durch Verschiebung von Gewichten in vertikaler Richtung.

Hat sich beim Krängungsversuch herausgestellt, dass der durch das aufgewendete Drehmoment erzielte Winkel zu gross, das Stabilitätsmoment des Schiffes mithin zu klein oder, was dasselbe ist, dass der Schiffsschwerpunkt dem Metacentrum zu nahe liegt, so muss durch Verschiebung von an Bord befindlichen Gewichten in der Richtung von oben nach unten deren Gesamtschwerpunkt in der Symmetrieebene gelegen ist, die Lage des Schiffsschwerpunktes erniedrigt werden. Bezeichnen wir die Strecke, um welche dies zu geschehen hat, mit Δa , derart dass der neue Schiffsschwerpunkt um Δa weiter vom Metacentrum und näher am Deplacementschwerpunkt liegen wird, so wird das Stabilitätsmoment unter diesen geänderten Umständen sein

$$P(r - (a - \Delta a)) \sin \theta_1 = P(r - a) \sin \theta_1 + P \cdot \Delta a \cdot \sin \theta_1,$$

unter θ_1 nunmehr einen Neigungswinkel verstanden, der nicht mehr zu gross ist. Während nun der Krängungsversuch mit p Tonnen, um e Meter verschoben, unter den ursprünglichen Verhältnissen die Gleichung

$$I \quad P(r - a) \sin \theta = p e \cdot \cos \theta$$

lieferte, wird die entsprechende Gleichung nunmehr sein:

$$\text{II } P(r - a) \sin \theta_1 + P \Delta a \sin \theta_1 = p e \cos \theta_1$$

oder für unsere Zwecke umgeformt:

$$P(r - a) \operatorname{tg} \theta_1 + P \Delta a \operatorname{tg} \theta_1 = p e.$$

Entnehmen wir aus Gleichung I für $p e$ den Werth $P(r - a) \operatorname{tg} \theta$ und substituiren wir denselben in die umgeformte Gleichung II, so erhalten wir:

$$P(r - a) \operatorname{tg} \theta_1 + P \Delta a \operatorname{tg} \theta_1 = P(r - a) \operatorname{tg} \theta$$

und hieraus für Δa :

$$\Delta a = (r - a) (\operatorname{tg} \theta - \operatorname{tg} \theta_1) \cdot \operatorname{cotg} \theta_1$$

resp.

$$\Delta a = (r - a) \frac{\sin(\theta - \theta_1)}{\sin \theta_1 \cos \theta}$$

d. h. um zu bewirken, dass ein Schiff unter dem Einfluss der Gewichtsverschiebung querschiffs, von p Tonnen um e Meter nicht den Neigungswinkel θ , sondern den kleineren Neigungswinkel θ_1 , annehme, muss die metacentrische Höhe um

$$\Delta a = (r - a) \frac{\sin(\theta - \theta_1)}{\sin \theta_1 \cos \theta}$$

vergrössert oder die Entfernung des Schiffsschwerpunktes vom Deplacementschwerpunkte um ebensoviel verringert werden. — Es seien zu dem Ende q Tonnen um h Meter in vertikaler Richtung von oben nach unten verschoben, so lautet die Bedingungsgleichung:

$$\frac{q}{P} = \frac{\Delta a}{h} \quad \text{oder} \quad q \cdot h = P \cdot \Delta a$$

oder statt Δa seinen vorstehend gefundenen Werth gesetzt

$$q \cdot h = P(r - a) \frac{\sin(\theta - \theta_1)}{\sin \theta_1 \cos \theta}$$

Ist q , d. h. die Anzahl Tonnen Gewicht, welche ich von oben nach unten überhaupt verschieben kann, von vornherein bestimmt, so liefert die Auflösung der vorstehenden Gleichung mit Bezug auf h die vertikale Entfernung, um welche jene q Tonnen nach unten zu verschieben sind, um den Schiffsschwerpunkt an die gewünschte Stelle zu bekommen. Es ist

$$h = \frac{P}{q} (r - a) \frac{\sin(\theta - \theta_1)}{\sin \theta_1 \cos \theta}.$$

Aufgabe: Mit einem Schiffe von 800 Tonnen Gewicht, dessen metacentrische Höhe $r - a = 0,6$ Meter beträgt, wird ein Krängungsversuch gemacht, welcher einen Neigungswinkel von 6° liefert. Es wurde erwartet, dass die Stabilität des Schiffes so gross sei, um einen Winkel von nur 5° durch den Krängungsversuch zu bekommen; um wieviel muss der Schwerpunkt des Schiffes gesenkt werden, um dies zu erreichen? Die eventuell zu einer Gewichtsverschiebung disponibelen Gewichte beziffern sich auf 15 Tonnen; wie weit müssen dieselben nach unten verschoben werden?

Aufgabe.

Die Erniedrigung des Schiffsschwerpunktes muss

$$\begin{aligned} \Delta a &= (r - a) \frac{\sin \theta - \theta_1}{\sin \theta_1 \cos \theta} \\ &= 0,6 \cdot \frac{\sin (6 - 5)^\circ}{\sin 6^\circ \cos 5^\circ} \text{ d. h.} \end{aligned}$$

10 cm betragen.

Da ferner die Gleichung

$$q \cdot h = P \cdot \Delta a$$

besteht, in welcher unserer Aufgabe entsprechend $q = 15$ und $P = 800$ zu setzen ist, so ergibt sich

$$h = \frac{800}{15} \cdot 0,10 = 5,33 \text{ Meter.}$$

Bei einem Handelsschiffe würde eine derartige Gewichtsverschiebung z. B. dadurch hervorgebracht zu denken sein, dass man in den Ballasttank 15 Tonnen Wasser einlässt und 15 Tonnen Ladung, deren Schwerpunkt 5,33 Meter höher liegt als der Tank, nicht an Bord nimmt.

Der Einfluss einer Gewichtsverschiebung von p Tonnen um h Meter in vertikaler Richtung ist übrigens gleichbedeutend mit der Einführung eines neuen Drehungspaares ($+p$ und $-p$) am Hebelsarm $h \sin \theta$, nachdem dem Schiffe durch ein anderweitiges Drehmoment der Winkel θ ertheilt worden ist. Ist das Stabilitätsmoment vor der Gewichtsverschiebung

$$P(r - a) \sin \theta,$$

so tritt in Folge der Gewichtsverschiebung von oben nach unten das aufrichtende Drehmoment, in Folge der Verschiebung von unten nach oben das kenternde Drehmoment von der Grösse

$$p h \sin \theta$$

hinzu. Ein Fortnehmen eines Gewichtes von p Tonnen an der einen Stelle ist nämlich gleichbedeutend mit der Anbringung einer ebenso grossen Kraft in der Richtung von unten nach oben, ein Wiederhinzufügen an einer anderen Stelle dagegen gleichbedeutend mit der Einführung einer Kraft von derselben Grösse in der Richtung von oben nach unten. Die Fig. 86 deutet die fortgenommenen Gewichte durch ein punkirtes Rechteck resp. punkirtirte Pfeile, die wieder hinzugefügten Gewichte durch ausgezogene Rechtecke und entsprechende Pfeile an. Ueber die Drehungsrichtung der entstandenen Kräftepaare lässt dieselbe keinerlei Zweifel. Da eine Gewichtsverschiebung von oben nach unten im Allgemeinen die Sicherheit gegen Kentern erhöht, so bedarf das nach der Gewichtsverschiebung vorhandene Stabilitätsmoment

$$P(r - a) \sin \theta + p h \sin \theta$$

keiner besonderen Untersuchung. Wohl aber ist dies der Fall, wenn bei überhaupt geringwerthigem Stabilitätsmoment Gewichte in der umgekehrten Richtung verschoben werden; das resultirende Stabilitätsmoment würde sein:

$$P(r - a) \sin \theta - p h \sin \theta,$$

welches um den Werth des negativen Gliedes kleiner ist, als das Stabilitätsmoment vor der Gewichtsverschiebung. Angenommen $p h \sin \theta$ wäre so gross als $P(r - a) \sin \theta$, so würde das Stabilitätsmoment beim Winkel θ den Werth Null haben, d. h. es wäre labiles Gleichgewicht vorhanden. Die Bedingung für dasselbe würde sein:

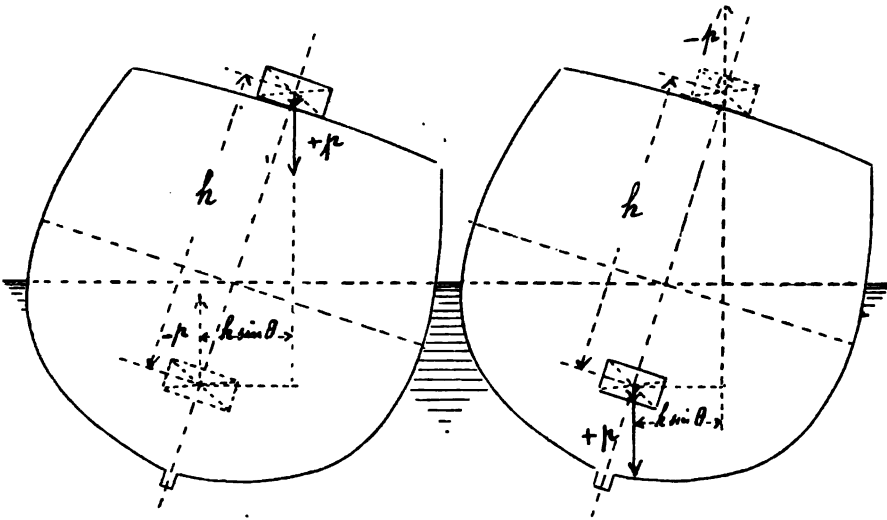
$$P(r - a) = p h \quad \text{oder}$$

$$\frac{r - a}{h} = \frac{p}{P}$$

Wäre letztere Gleichung erfüllt, so würde der Schiffsschwerpunkt mit dem Metacentrum zusammenfallen.

Mit Hilfe des Ausdrucks für das Stabilitätsmoment nach erfolgter Gewichtsverschiebung nach oben oder nach unten lässt sich durch eine ein-

Fig. 86.



fache Umformung auch die entsprechende Verschiebung des Schiffsschwerpunktes ermitteln. Es ist nämlich:

$$P(r - a) \sin \theta \mp p h \sin \theta = [P(r - a) \mp p h] \sin \theta$$

$$= P \left[r - a \mp \frac{p}{P} h \right] \sin \theta = P \left[r - \left(a \pm \frac{p}{P} h \right) \right] \sin \theta$$

d. h. der Schiffsschwerpunkt rückt bei einer Gewichtsverschiebung von p Tonnen um h Meter vertikal nach oben, um $\frac{p}{P} h$ Meter nach oben, oder näher an das Metacentrum und im umgekehrten Falle um ebensoviel nach unten, d. h. er entfernt sich vom Metacentrum und nähert sich dem Deplacmentsschwerpunkt.

Aenderung des Stabilitätsmoments in Folge von an Bord nehmen oder von Bord geben von Gewichten.

Werden neue Gewichte im Betrage von p Tonnen an Bord genommen, so wird dadurch gleichzeitig das Schiffsgewicht und der Auftrieb um gleichviel, nämlich p Tonnen, vergrößert und sowohl der Schiffsschwerpunkt als auch der Deplacementsschwerpunkt der Lage nach geändert. War das Stabilitätsmoment vor dem an Bord nehmen des Gewichtes p , gleich

$$P(r - a) \sin \theta,$$

so wird dasselbe nachher, für dasselbe θ

$$(P + p)(r_1 - a_1) \sin \theta$$

sein. In letzterem Ausdruck ist

$$r_1 = \frac{T_1}{P + p},$$

unter T_1 das Trägheitsmoment der neu entstandenen Wasserlinie verstanden, welches bei nicht geänderter Form derselben, gleich demjenigen der ursprünglichen Wasserlinie sein wird, so dass

$$r_1 = \frac{T}{P + p}$$

ist. a_1 ist die Distanz zwischen dem neuen Deplacementsschwerpunkt und dem neuen Schiffsschwerpunkt, welche wie folgt zu berechnen ist: Es sei H die Entfernung des ursprünglichen Schiffsschwerpunktes über Oberkante Kiel, h die Entfernung des Schwerpunktes des hinzugefügten Gewichtes p von demselben Punkte und H_1 die Entfernung des neuen Schiffsschwerpunktes über Oberkante Kiel, so gilt die Momentengleichung:

$$(P + p) H_1 = P \cdot H + p h,$$

mithin

$$H_1 = \frac{P \cdot H + p h}{P + p}.$$

Bezeichnen wir ferner die Höhe des ursprünglichen Deplacementsschwerpunktes über dem Kiel mit K , die Höhe des Volumenschwerpunktes des hinzutretenden Deplacements über dem Kiel mit k und endlich die Höhe des neuen Deplacementsschwerpunktes mit K_1 , so gilt die analoge Momentengleichung:

$$(P + p) K_1 = P \cdot K + p \cdot k,$$

woraus

$$K_1 = \frac{P K + p k}{P + p};$$

nun ist aber

$$H - K = a \text{ und } H_1 - K_1 = a_1, \quad \text{also}$$

$$a_1 = \frac{P H + p h}{P + p} - \frac{P K + p k}{P + p}, \quad \text{d. h.}$$

$$a_1 = \frac{P(H - K) + p(h - k)}{P + p} \quad \text{oder}$$

$$= \frac{P a + p \cdot (h - k)}{P + p}.$$

Diesen Werth in die Stabilitätsformel

$$(P + p) \left(\frac{T}{P + p} - a_1 \right) \sin \theta$$

substituirt, liefert:

$$\begin{aligned} (P + p) \left(\frac{T}{P + p} - \frac{P a + p (h - k)}{P + p} \right) \sin \theta \\ = \left[T - (P a + p (h - k)) \right] \sin \theta \\ = P \left(\frac{T}{P} - \left(a + \frac{p}{P} (h - k) \right) \right) \sin \theta \end{aligned}$$

hierin ist aber $\frac{T}{P}$ das ursprüngliche r , während die ursprüngliche Distanz zwischen der Entfernung des Schiffsschwerpunktes und Deplacementsschwerpunktes um die Strecke $\frac{p}{P} (h - k)$ vergrößert erscheint; $h - k$ ist aber die Entfernung des Schwerpunktes des an Bord gebrachten Gewichtes vom Schwerpunkte des hinzugetretenen Deplacements; bezeichnen wir dieselbe mit h_1 , wenn h grösser ist als k und mit h_2 , wenn das umgekehrte der Fall ist, so ergeben sich die Schlussresultate: Das neue Stabilitätsmoment ist in dem ersten Falle

$$P \left(r - a - \frac{p}{P} \cdot h_1 \right) \sin \theta$$

und in dem zweiten Falle

$$P \left(r - a + \frac{p}{P} h_2 \right) \sin \theta,$$

welche beiden Formeln sich auch wie folgt schreiben lassen:

$$\begin{aligned} P (r - a) \sin \theta - p h_1 \sin \theta \quad \text{und} \\ P (r - a) \sin \theta + p h_2 \sin \theta. \end{aligned}$$

Da h in dem Falle grösser ist als k , wenn der Schwerpunkt des Gewichtes p über dem Schwerpunkt des Deplacements p liegt, letzterer aber in der Mitte zwischen der ursprünglichen Wasserlinie und der neuen Wasserlinie gelegen ist und für geringe Gewichtszunahmen als in der ursprünglichen Wasserlinie liegend angenommen werden kann, so bedeutet h_1 die Entfernung des Schwerpunktes des an Bord gebrachten Gewichtes über Wasser und analog h_2 die Entfernung des an Bord gebrachten Gewichtes unter Wasser. Hiernach gilt für die Stauung von an Bord gebrachten Gewichten die Regel: Werden Gewichte mit ihrem Schwerpunkt h_1 Meter über Wasser liegend an Bord gestaut, so wird das Stabilitätsmoment um $p h_1 \sin \theta$ Meter-tonnen verringert; werden die Gewichte mit ihrem Schwerpunkt um h_2 Meter unter Wasser gestaut, so wird das Stabilitätsmoment um $p \cdot h_2 \sin \theta$ Meter-tonnen vergrößert.

Regel für die
Stauung von
Gewichten
der Höhe nach.

Für den Fall, dass die an Bord gelangenden Gewichte derart untergebracht werden, dass ihr Schwerpunkt mit dem Volumenschwerpunkt des

hinzutretenden Deplacements der Höhe nach zusammenfällt, so wird in dem obenstehenden Ausdruck der Werth $h - k$ resp. h_1 oder h_2 gleich Null und das Stabilitätsmoment bleibt in Folge dessen ungeändert.

Aenderung des Stabilitätsmoments, wenn Gewichte von Bord gegeben werden.

Werden p Tonnen Gewicht von Bord gegeben, so hat man nur nöthig, in den vorstehend abgeleiteten Formeln statt „ p “, „ $-p$ “ zu schreiben, wodurch das Vorzeichen der Anzahl Metertonnen, um welche das ursprüngliche Stabilitätsmoment geändert wird, sich in das entgegengesetzte verwandelt und es gilt die Regel: Werden p Tonnen Gewicht, deren Schwerpunkt h_1 Meter über resp. h_2 Meter unter Wasser gelegen ist, von Bord gegeben, so wird dadurch das Stabilitätsmoment um $p h_1 \sin \theta$ vergrößert resp. um $p h_2 \sin \theta$ verkleinert. Lag der Schwerpunkt von p in der oberen Wasserlinie, präciser, fiel derselbe mit dem Volumenschwerpunkt des in Abzug zu bringenden Deplacements zusammen, so bleibt das Stabilitätsmoment ungeändert.

Fig. 87.

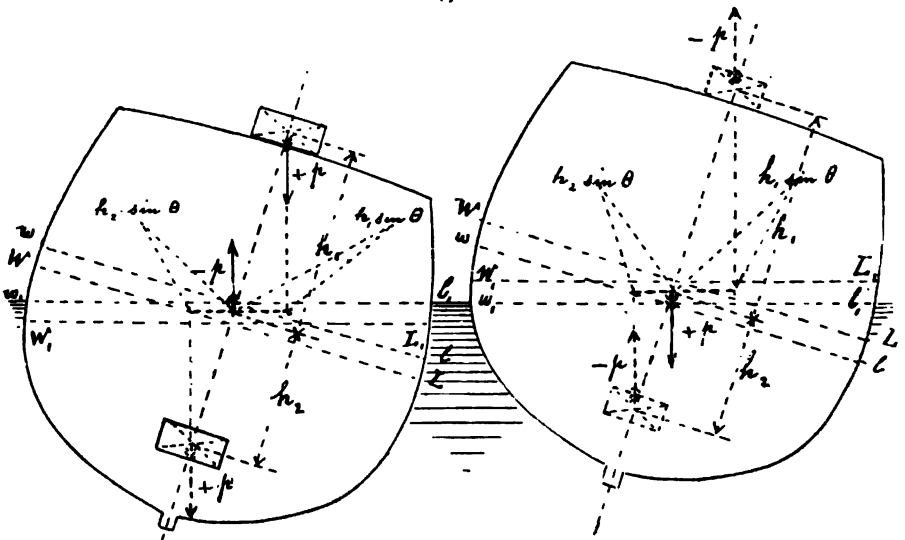


Fig. 87 bringt das im Vorstehenden entwickelte zur Anschauung: in derselben ist zur Linken der Fall dargestellt, wo p Tonnen über resp. unter Wasser an Bord genommen sind; das über Wasser befindliche Gewicht p ist durch ein ausgezogenes Rechteck mit entsprechendem Pfeil dargestellt, welches mit dem zwischen den Wasserlinien W_1, L_1 und w_1, l_1 vorhandenen Auftrieb das kenternde Paar mit dem Hebelsarm $h_1 \sin \theta$ bildet. Das unter Wasser an Bord gebrachte Gewicht ist durch einen punktiert dargestellten Pfeil gekennzeichnet, es bildet mit dem Auftrieb zwischen den Wasserlinien W_1, L_1 und w_1, l_1 ein aufrichtendes Paar mit dem Hebelsarm $h_2 \sin \theta$. Die Skizze zur Rechten der Figur 87 bezieht sich auf den

Fall des von Bordgebens von Gewichten und ist mit Rücksicht auf die gegebenen Erläuterungen vollkommen verständlich.

Aufgabe: In einem gewissen Baustadium beträgt das Gewicht eines Schiffes 1800 Tonnen und die Entfernung seines Schwerpunktes von seinem niedrigst gelegenen Metacentrum, d. h. also demjenigen für die Längsachse, 0,25 Meter; es soll ein Doppelkessel eingesetzt werden, dessen Gewicht 60 Tonnen beträgt. Mit Rücksicht auf die disponibelen Hebezeuge wird eventuell beabsichtigt, denselben zunächst auf dem Oberdeck des Schiffes abzusetzen, um ihn in anderer Weise anzuschlagen und ihn dann in den Kesselraum hinunter zu lassen; auf dem Oberdeck stehend würde der Schwerpunkt des Kessels sich 8 Meter über Wasser befinden. Ist ein solches Manoeuver mit Rücksicht auf die Stabilität des Schiffes gestattet?

Aufgabe.

Antwort: Nein, denn das Stabilitätsmoment des Schiffes

$$1800 \cdot 0,25 \sin \theta$$

würde in dem Moment, wo der Kessel auf Deck gestellt wird, um $60 \cdot 8 \sin \theta$ Metertonnen verringert, mithin

$$(1800 \cdot 0,25 - 60 \cdot 8) \sin \theta = (450 - 480) \sin \theta = -30 \sin \theta$$

werden, welcher negative Werth das Schiff bei der geringsten Neigung um die Längsachse zum Kentern bringen würde.

Gewichtsverschiebungen, welche eine Aenderung der Steuerlastigkeit zur Folge haben.

Wird ein Gewicht von p Tonnen von hinten nach vorn um e Meter in solcher Weise verschoben, dass sein Schwerpunkt in der Endlage ebenso weit von der ursprünglichen Wasserlinie entfernt ist, als in der Anfangslage, so ist dies gleichbedeutend mit der Einführung eines Kräftepaars ($-p$ und $+p$), dessen Hebelsarm, nachdem das Schiff sich um den Winkel θ gedreht hat und bei welchem es eine neue Ruhelage findet, $e \cdot \cos \theta$ ist. In der neuen Ruhelage hält sich das Moment $p e \cos \theta$ dieses Paares mit dem Stabilitätsmoment des Schiffes um die durch den Schwerpunkt der oberen Wasserlinie gehende Querachse das Gleichgewicht, was durch die Gleichung

$$P(R - a) \sin \theta = p e \cos \theta$$

ausgedrückt wird, welche der, gelegentlich des Krängungsversuchs betrachteten vollkommen analog ist.

Durch eine Neigung um die Querachse wird die Steuerlastigkeit des Schiffes geändert. Wenn die Tiefgänge des Schiffes, abgelesen in der Ebene des hinteren und vorderen Perpendikels, vor der Gewichtsverschiebung T und t , die Steuerlastigkeit daher $T - t$ waren, so mögen dieselben nach der Verschiebung des Gewichtes T_1 und t_1 und die Steuerlastigkeit $T_1 - t_1$ sein; letztere hat sich daher um $(T - t) - (T_1 - t_1)$ geändert.

In Folge der Gewichtsverschiebung von hinten nach vorn ist das Schiff in der Ebene des hinteren Perpendikels um das Stück $T - T_1$ aufgetaucht und in der Ebene des vorderen Perpendikels um das Stück $t_1 - t$ eingetaucht. Bezeichnet man nun die Entfernung der gemeinschaftlichen Kante der auf- und eintauchenden Keilstücke, oder, was dasselbe ist, die Entfernung des Schwerpunktes der oberen Wasserlinie von den Perpendikeln, wie in der Fig. 88 angedeutet, mit l_1 und l_{11} , so ist

$$\frac{T - T_1}{l_1} = \frac{t_1 - t}{l_{11}} = \operatorname{tg} \theta,$$

folglich der neue, durch die Gewichtsverschiebung entstandene hintere Tiefgang:

$$T_1 = T - l_1 \operatorname{tg} \theta$$

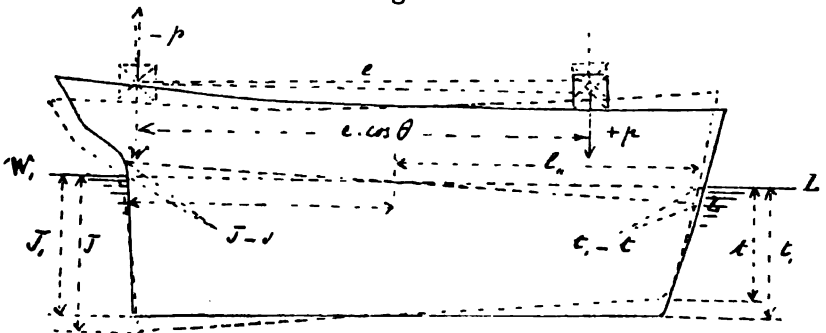
und der neue vordere Tiefgang

$$t_1 = t + l_{11} \operatorname{tg} \theta$$

mithin die neue Steuerlastigkeit

$$(T_1 - t_1) = (T - t) - (l_1 + l_{11}) \operatorname{tg} \theta$$

Fig. 88.



und die Aenderung der Steuerlastigkeit daher:

$$(T - t) - (T_1 - t_1) = L \cdot \operatorname{tg} \theta,$$

da $l_1 + l_{11} = L$, gleich der Länge des Schiffes zwischen den Perpendikeln ist. — Die $\operatorname{tg} \theta$ erhält man aus der eingangs aufgestellten Bedingungsgleichung:

$$P(R - a) \sin \theta = p e \cdot \cos \theta$$

und zwar ist:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{p \cdot e}{P(R - a)}.$$

Dieser Werth in den Ausdrücken für T_1 und t_1 substituirt, liefert:

$$T_1 = T - l_1 \cdot \frac{p e}{P(R - a)} \quad \text{und}$$

$$t_1 = t + l_{11} \frac{p e}{P(R - a)},$$

während die Aenderung der Steuerlastigkeit

$$(T - t) - (T_1 - t_1) = I \cdot \frac{p e}{P(R - a)} \quad \text{ist.}$$

Sind die Entfernungen des Schwerpunktes der oberen Wasserlinie von den Perpendikeln nicht bekannt, so nimmt man an, derselbe läge in der Mitte der Länge, d. h. die Grössen l_1 und l_{11} würden beide gleich $\frac{L}{2}$ zu setzen sein, und die Werthe für die Tiefgänge nach erfolgter Gewichtsverschiebung würden sein:

$$T_1 = T - \frac{L}{2} \cdot \frac{p e}{P(R - a)}$$

$$t_1 = t + \frac{L}{2} \cdot \frac{p e}{P(R - a)}.$$

Aufgabe: Ein Schiff von 1500 Tonnen Gewicht soll gedockt werden. In Folge anhaltenden niedrigen Wasserstandes ist der hintere Tiefgang desselben von 5 Meter um 5 cm grösser als die Entfernung der Dockschwelle von der Oberfläche des Wassers. Ein wie grosses Gewicht muss um wieviel Meter von hinten nach vorn verschoben werden, damit das Schiff mit einem Spielraum von 2 cm zwischen der Dockschwelle und der Unterkante-Kiel am Hinterstevan einfahren kann? Die metacentrische Höhe für die Querachse ($R - a$) betrage 63 Meter und der Schwerpunkt der oberen Wasserlinie liege 35 Meter vor dem hinteren Perpendikel.

Bestimmung der Gewichtsverschiebung, um eine gegebene Aenderung der Tiefgänge des Schiffes zu bewirken.

Lösung: Den Daten der Aufgabe entsprechend, ist der ursprüngliche Tiefgang $T = 5$ Meter; derselbe ist um $5 + 2 = 7$ cm zu verkleinern, also $T_1 = 4,93$ Meter; es ist ferner $P = 1500$ Tonnen, $l_1 = 35$ Meter, $R - a = 63$ Meter; gesucht wird $p \cdot e$, d. h. das Drehmoment für die Querachse resp. p und e einzeln.

Wir benutzen die Formel, in welcher die Daten der Aufgabe vertreten sind, d. h.

$$T_1 = T - l_1 \cdot \frac{p e}{P(R - a)};$$

deren Auflösung mit Bezug auf $p e$ liefert:

$$p e = (T - T_1) \frac{P(R - a)}{l_1}$$

oder die numerischen Werthe eingesetzt:

$$p e = (5 - 4,93) \cdot \frac{1500 \cdot 63}{35} \quad \text{oder}$$

$$p e = 18,9 \text{ Metertonnen.}$$

Nimmt man $p = 3$ Tonnen, so wird $e = 63$ Meter; steht eine solche Länge zur Verschiebung von 3 Tonnen nicht zur Verfügung, so würde man eine grössere Anzahl Tonnen zu wählen haben, um eine kleinere Distanz zu bekommen; z. B. $p = 6$ Tonnen bedingt ein $e = 3,15$ Meter, $p = 12$ Tonnen ein $e = 1,575$ Meter u. s. w.

Steuerlastigkeits-
änderung gleich
der Einheit.

Weiter oben ist gezeigt, dass die Steuerlastigkeitsänderung

$$(T - t) - (T_1 - t_1) = L \cdot \frac{p e}{P(R - a)} \quad \text{ist.}$$

Soll dieselbe gleich der Einheit, also 1 Meter werden, so geht diese Gleichung über

$$1 = L \cdot \frac{p e}{P(R - a)}.$$

Hieraus ergibt sich das Drehmoment, welches im Stande ist, eine Steuerlastigkeitsänderung von einem Meter zu Stande zu bringen, zu

$$p e = \frac{P \cdot (R - a)}{L}.$$

Liegt ferner der Schwerpunkt der oberen Wasserlinie in der Mitte zwischen den Perpendikeln, so dass $l_1 = l_{11} = \frac{L}{2}$ ist, so wird das Schiff bei einer Gewichtsverschiebung von hinten nach vorn um eine solche Entfernung, dass

$$p e = \frac{P(R - a)}{L}$$

ist, am Hinterstevan um $\frac{1}{2}$ Meter auftauchen, am Vorderstevan um $\frac{1}{2}$ Meter eintauchen. Liegt dagegen der Schwerpunkt der oberen Wasserlinie nicht in der Mitte, so verhalten sich die entsprechenden Auf- und Eintauchungen wie die Entfernungen desselben von den resp. Perpendikeln, d. h. wie $l_1 : l_{11}$.

Aufgabe: Ein Schiff von 6000 Tonnen Gewicht und 80 Meter Länge liegt 0,75 Meter steuerlastig; welches Moment ist erforderlich, um dasselbe gleichlastig zu legen, d. h. also die Steuerlastigkeiten um ihren vollen Betrag von 0,75 Metern zu ändern, wenn die metacentrische Höhe 85 Meter beträgt? Um wieviel wird das Schiff am Hinterstevan auftauchen und am Vorstevan eintauchen, wenn der Schwerpunkt der oberen Wasserlinie um 1 Meter hinter der Mitte des Schiffes gelegen ist?

Das erforderliche Drehmoment ergibt sich unter Zuhilfenahme der Gleichung

$$(T - t) - (T_1 - t_1) = L \cdot \frac{p e}{P(R - a)},$$

durch Auflösung derselben mit Bezug auf $p e$.

$$\text{Es ist: } p e = \frac{((T - t) - (T_1 - t_1)) \cdot P(R - a)}{L}, \quad \text{worin}$$

$(T - t) - (T_1 - t_1) = 0,75$, $P = 6000$, $R - a = 85$ und $L = 80$ zu setzen ist. Das Resultat lautet $p e = 4781$ Metertonnen. Es würden also

4780	Tonnen um	1	Meter
2390	"	"	2 "
1195	"	"	4 "
597,5	"	"	8 "
47,8	"	"	100 "

u. s. w. von hinten nach vorn zu verschieben sein.

Was die Auf- und Eintauchung des Schiffes an den Enden betrifft, so ist die Steuerlastigkeitsänderung von 0,75 Meter einfach im Verhältniss

$$\frac{L}{2} - 1 : \frac{L}{2} + 1$$

d. h. 39 : 41 zu theilen. Es taucht somit hinten um

$$\frac{0,75 \cdot 39}{80} = 0,366 \text{ Meter auf}$$

und vorn um

$$\frac{0,75 \cdot 41}{80} = 0,384 \text{ Meter ein.}$$

Die Anzahl Metertonnen, welche erforderlich ist, eine Steuerlastigkeitsänderung von 1 Meter zu Stande zu bringen, ist für jedes Schiff bekannt und gewöhnlich auf der Lenztafel angegeben. Folgende Aufgabe zeigt die Verwendung dieser Angabe:

Ein Schiff bedarf behufs Aenderung der Steuerlastigkeit um die Einheit eines Drehmoments von 2500 Metertonnen. Dieselbe soll um 0,25 Meter geändert werden, ein wie grosses Gewicht muss zu dem Ende um wieviel Meter verschoben werden?

Bezeichnet man die Anzahl der zu verschiebenden Tonnen Gewicht mit q und die Entfernung, um welche dies zu geschehen hat, mit i , so ist das erforderliche Moment $q \cdot i$ und es findet demnächst die Proportion statt:

$$\frac{q \cdot i}{2500} = \frac{0,25}{1}$$

folglich

$$q \cdot i = 2500 \cdot 0,25 \text{ oder } q \cdot i = 625 \text{ Metertonnen,}$$

ist daher

$$q = 62,5 \text{ Tonnen, so ist } i = 10 \text{ Meter,}$$

$$q = 6,25 \quad " \quad " \quad i = 100 \quad " \quad \text{u. s. w.}$$

Ist übrigens die Anzahl Metertonnen für eine Aenderung der Steuerlastigkeit von 1 Meter nicht gegeben, so ist es zur Anstellung überschläglicher Rechnungen angängig, dieselbe gleich der Anzahl Tonnen, welche das Schiff wiegt, zu setzen, ein Verfahren, welches für geringe Steuerlastigkeitsänderungen auch der wünschenswerthen Genauigkeit nicht entbehrt. Drücken wir dies durch die betreffende Gleichung aus, so lautet dieselbe:

$$1 = \frac{L \cdot P}{P \cdot (R - a)}$$

woraus folgt, dass unter dieser Voraussetzung

$$L = R - a$$

ist, d. h. dass die metacentrische Höhe für die Querachse gleich der Länge des Schiffes zwischen den Perpendikeln ist. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dies für manche Schiffe thatsächlich der Fall ist. Drückt man die Entfernung des Metacentrums vom Displacementsschwerpunkt für die Querachse durch die auf Seite 340 gegebene Formel

$$R = \frac{K}{\delta} \cdot \frac{L^2}{T}$$

aus und setzt man in derselben für $\frac{K}{\delta}$ den dort angegebenen Mittelwerth 0,075, so wird R gleich L , wenn $\frac{T}{L} = 0,075$ ist, d. h. wenn der Tiefgang des Schiffes circa $7\frac{1}{2}\%$ der Schiffslänge beträgt. Im Vorstehenden ist allerdings nicht $R = L$, sondern $R - a = L$ gesetzt; dies ist insofern gestattet, als a sehr klein im Verhältniss zu R ist.

Angenäherte
Berechnung von
Steuerlastigkeits-
änderungen.

Zu angenäherten Berechnungen der Steuerlastigkeitsänderungen bedarf es hiernach ausser der Angabe der Steuerlastigkeit und der gewünschten Aenderung nur noch des Schiffsgewichtes.

Aufgabe: Ein Schiff von 3500 Tonnen Gewicht besitzt eine Steuerlastigkeit von 0,66 Metern, dieselbe soll auf 0,5 Meter gebracht werden; welches Moment ist dazu erforderlich?

Da weiter keine anderen Daten gegeben sind, so wird angenommen, dass die Anzahl Metertonnen, welche die Steuerlastigkeit um 1 Meter ändern, gleich 3500 sei; da ferner die Steuerlastigkeit von 0,66 auf 0,5 gebracht werden soll, so würde dieselbe um 0,16 zu ändern sein, wir haben somit die Proportion:

$$\frac{q \cdot i}{3500} = \frac{0,16}{1},$$

worin q und i dieselbe Bedeutung haben wie weiter oben. Es ist also

$$q \cdot i = 3500 \cdot 0,16 \text{ Metertonnen.}$$

Die Gleichsetzung von $R - a$ und L und von $l_1 = l_{11} = \frac{L}{2}$ gestattet für die in Folge einer Gewichtsverschiebung von p Tonnen um e Meter geänderten Tiefgänge

$$T_1 = T - l_1 \cdot \frac{p e}{P(R - a)} \quad \text{und}$$

$$t_1 = t + l_{11} \cdot \frac{p e}{P(R - a)}$$

eine Vereinfachung, welche zu folgenden Werthen von T_1 und t_1 führt:

$$T_1 = T - \frac{p e}{2 \cdot \bar{P}} \quad \text{und}$$

$$t_1 = t + \frac{p e}{2 \bar{P}}.$$

Bildet man mit Hilfe dieser Formeln die Steuerlastigkeitsänderung, so wird dieselbe:

$$(T - t) - (T_1 - t_1) = \frac{p e}{\bar{P}}.$$

Aufgabe: An Bord eines Schiffes von 2500 Tonnen Gewicht werden 10 Tonnen um 25 Meter von hinten nach vorn verschoben; eine wie grosse Steuerlastigkeitsänderung wird dadurch hervorgerufen?

Antwort: $\frac{10 \cdot 25}{2500} = 0,1 \text{ Meter.}$

Werden Gewichte von vorne nach hinten verschoben, so modificiren sich sämmtliche vorstehenden Formeln in der Weise, dass diejenigen Glieder, welche die Distanz enthalten, um welche die Verschiebung erfolgt, ihr Vorzeichen umkehren. Die Formeln für die neu entstandenen Tiefgänge gehen dadurch in folgende über:

Gewichtsverschiebungen von vorn nach hinten.

$$T_1 = T + l_1 \frac{p e}{P(R - a)}$$

$$t_1 = t - l_{11} \frac{p e}{P(R - a)},$$

oder in der abgekürzten Schreibweise:

$$T_1 = T + \frac{p e}{2 P} \quad \text{und}$$

$$t_1 = t - \frac{p e}{2 P}.$$

Wird ein Gewicht von p Tonnen mit seinem Schwerpunkte in einem beliebigen Punkte der Symmetrieebene des Schiffes dem Gewichte des letzteren hinzugefügt oder von Bord gegeben, so wird dadurch sowohl der mittlere Tiefgang des Schiffes als auch dessen Steuerlastigkeit geändert. Um diesen Fall auf den vorigen, der einfachen Gewichtsverschiebung zurückzuführen, verfährt man wie folgt: Man denke sich die an Bord zu nehmenden p Tonnen zunächst in einem solchen Punkte der Symmetrieebene niedergelegt, dass dadurch keine Aenderung der Steuerlastigkeit eintritt. Die der Gewichtsvermehrung um p Tonnen entsprechende Deplacementsvermehrung wird sich alsdann zwischen der ursprünglichen Wasserlinie und der neuen etwas höher gelegenen und mit ersterer parallelen Wasserlinie befinden und im Volumenschwerpunkt dieses hinzugefügten Deplacements angreifen. Der Schwerpunkt des hinzugefügten Gewichts würde mithin in der durch den Angriffspunkt des hinzutretenden Deplacements gehenden Vertikalen liegen müssen, wenn das Schiff ohne Steuerlastigkeitsänderung tiefer einsinken soll. Für nicht zu grosse Gewichts- resp. Deplacementssteigerungen, die indessen ihrem numerischen Werthe nach für grössere Schiffe grösser sein können als für kleinere, wird jene Vertikale durch den Schwerpunkt der ursprünglichen Wasserlinie gehen. Die dadurch bewirkte Vergrößerung des mittleren Tiefganges möge mit d bezeichnet werden. Da keine Steuerlastigkeitsänderung stattgefunden hat, so wird sowohl der hintere als auch der vordere Tiefgang ebenfalls um d zugenommen haben und wenn wir die ursprünglichen Tiefgänge mit T und t bezeichnen, so werden sie nachher $T + d$ und $t + d$ sein. Da die dem Gewichte p entsprechende Deplacementsvergrößerung gleich dem Volumen zwischen der ursprünglichen Wasserlinie und der um d höher gelegenen Wasserlinie sein wird, so entnimmt man den Werth für d aus der Gleichung

Aenderung der Steuerlastigkeit, wenn Gewichte in einem beliebigen Punkte der Schiffslänge hinzugefügt oder fortgenommen werden.

$$p = d \cdot F, \quad \text{so dass}$$

$$d = \frac{p}{F},$$

worin F der Flächeninhalt der oberen Wasserlinie ist, welcher durch das Wasserliniendiagramm geliefert wird. Sollte ein solches nicht zur Disposition stehen, so kann man zur Ermittlung von d auch die gewöhnlich auf der Lenztafel vorhandene Angabe der Anzahl Tonnen benutzen, welche in der Vertikalen durch den Schwerpunkt der oberen Wasserlinie hinzugefügt den mittleren Tiefgang um 1 Centimeter vergrössert. Heisst es z. B. auf der Lenztafel: „die Anzahl Tonnen, welche den Tiefgang des Schiffes um einen Centimeter vergrössert, ist 12“ und beträgt das hinzuzufügende Gewicht 60 Tonnen, so würde

$$d = \frac{60}{12} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ Meter sein.}$$

Denkt man sich nunmehr das Gewicht p mit seinem Schwerpunkt von der Vertikalen durch den Schwerpunkt der oberen Wasserlinie aus bis zu der Stelle, die es einnehmen soll, verschoben, so tritt dadurch ein Drehmoment auf, welches die Steuerlastigkeit ändert. Bezeichnet man die Entfernung der Vertikalen durch den Schwerpunkt der oberen Wasserlinie von derjenigen durch den Schwerpunkt des an Ort und Stelle befindlichen Gewichtes mit $+e_1$, wenn letzteres vor dem Schwerpunkte der oberen Wasserlinie liegt und mit $-e_2$, wenn es hinter demselben liegt, so ergeben sich die neuen Tiefgänge für den ersten Fall zu

$$T_{,,} = T + d - l, \frac{p e_1}{P(R - a)} \quad \text{und}$$

$$t_{,,} = t + d + l_{,,} \cdot \frac{p e_1}{P(R - a)};$$

für den zweiten Fall:

$$T_{,,} = T + d + l, \frac{p e_2}{P(R - a)} \quad \text{und}$$

$$t_{,,} = t + d - l_{,,} \frac{p e_2}{P(R - a)}.$$

Die Steuerlastigkeitsänderung ergibt sich für den ersten Fall zu

$$(T - t) - (T_{,,} - t_{,,}) = + L \cdot \frac{p e_1}{P(R - a)}$$

und für den zweiten Fall zu

$$- L \cdot \frac{p e_2}{P(R - a)}$$

wo das Vorzeichen minus die Bedeutung hat, dass die Steuerlastigkeit vergrössert wird. Auch hier kann man zutreffenden Falls die Werthe

$$l, = l_{,,} = \frac{L}{2} \quad \text{und}$$

$$L = (R - a)$$

setzen, sodass die Werthe für die neuentstandenen Tiefgänge folgende einfache Form annehmen:

$$T_{,,} = T + d \mp \frac{p^e}{2P} \quad \text{und}$$

$$t_{,,} = t + d \pm \frac{p^e}{P},$$

während sich die Steuerlastigkeitsänderung durch

$$\pm \frac{p^e}{P} \quad \text{ausdrücken lässt.}$$

Aufgabe: Ein Schiff, dessen Gewicht 4000 Tonnen beträgt, besitzt bei einer Länge von 96 Meter den hinteren Tiefgang von 6 Meter, den vorderen Tiefgang von 5,5 Meter, der Schwerpunkt seiner oberen Wasserlinie liegt 1 Meter hinter der Mitte und seine metacentrische Höhe für die Querachse beträgt 94 Meter. Dasselbe soll behufs Anstellung der Probefahrten auf die Tiefgänge 6,1 Meter hinten und 5,9 Meter vorn gebracht werden. Wieviel Ballast ist dazu erforderlich und wo muss dessen Schwerpunkt liegen, wenn eine Belastung mit 12 Tonnen den mittleren Tiefgang um 1 cm vergrößert?

Bestimmung des Quantums und der Schwerpunktlage des Ballasts, wenn das Schiff auf bestimmte Tiefgänge gestaut werden soll.

Lösung: Der mittlere Tiefgang nach dem an Bord nehmen des Ballastes beträgt

$$\frac{6,1 + 5,9}{2} = 6 \text{ Meter;}$$

vor dem an Bord nehmen des Ballastes

$$\frac{6 + 5,5}{2} = 5,75 \text{ Meter;}$$

mithin ist die Zunahme des mittleren Tiefganges

$$d = 6 - 5,75 = 0,25 \text{ Meter oder } 25 \text{ cm.}$$

Da das Schiff pro cm Tiefertauchung 12 Tonnen beansprucht, so beträgt das Quantum Ballast

$$12 \cdot 25 = 300 \text{ Tonnen.}$$

Bezeichnet man die Distanz des Schwerpunktes dieser 300 Tonnen von der Vertikalen durch den Schwerpunkt der oberen Wasserlinie mit x , so liefert unter anderen die Formel

$$T_{,,} = T + d - l, \frac{p \cdot x}{P(R - a)}$$

unter Einsetzung der gegebenen Daten und der für d und p ermittelten Werthe, für x den Werth

$$x = + 4,$$

d. h. der Ballast wäre so zu stauen, dass er mit seinem Schwerpunkte 4 Meter vor dem Schwerpunkte der oberen Wasserlinie, mithin 3 Meter vor der Mitte des Schiffes liegt.

Auch die abgekürzte Formel

$$T_{,,} = T + d - \frac{p x}{2P}$$

liefert in diesem Falle $x = 4$.

Andere Lösung: Da die Steuerlastigkeit vor dem an Bord nehmen des Ballastes $6 - 5,5 = 0,5$ und nach dem an Bord nehmen $6,1 - 5,9 = 0,2$ Meter beträgt, so ist dieselbe um

$$0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ Meter}$$

geändert; andererseits lässt sich die Steuerlastigkeitsänderung ausdrücken durch

$$\frac{p \cdot x}{P},$$

so dass sich x aus der Gleichung

$$\frac{p \cdot x}{P} = 0,3$$

bestimmen lässt. Auch hieraus folgt nach Einsetzung von $p = 300$ und $P = 4000$ für x der Werth 4 Meter.

Benutzung der Zellen des Doppelbodens zur Aufnahme von Ballastwasser.

2te Aufgabe: Die vorstehende Aufgabe werde in der Weise erweitert, dass die 300 Tonnen Ballast zum Theil in Form von Wasser in den Zellen des doppelten Bodens an Bord genommen werden sollen. Die Zellen liegen symmetrisch angeordnet auf Steuerbord und Backbord und nehmen paarweise 40 Cubikmeter Wasser auf; ihre Volumenschwerpunkte liegen 2, 6, 10 und 14 Meter vor resp. hinter dem Schwerpunkte der oberen Wasserlinie. Welche Zellen werden am zweckmässigsten zu füllen sein und wo muss ein etwaiger Rest in Form von festem Ballast gestaut werden?

Lösung: Da der Schwerpunkt des Gesamtballastes nach der vorigen Aufgabe 4 Meter vor dem Schwerpunkt der oberen Wasserlinie liegen soll, so wird dadurch ein Drehmoment von $300 \cdot 4 = 1200$ Metertonnen geliefert; die gefüllten Zellen und der Rest an festem Ballast müssen daher ebenfalls ein Drehmoment von 1200 Metertonnen hervorbringen. Im Maximum können 7 Paar Zellen gefüllt werden, welche $7 \cdot 40 = 280$ Tonnen Gewicht repräsentiren: es bleiben somit 20 Tonnen an festem Ballast übrig. Wählt man 3 Paar Zellen hinter der Mitte und 4 Paar Zellen vor der Mitte und bezeichnet man die Entfernung des festen Ballastes vom Schwerpunkt der oberen Wasserlinie mit y , so lautet die Gleichung zur Bestimmung von y :

$$20 \cdot y + 14 \cdot 40 + 10 \cdot 40 + 6 \cdot 40 + 2 \cdot 40 - 2 \cdot 40 - 6 \cdot 40 - 10 \cdot 40 = 1200 \text{ oder } 20y = 1200 - 14 \cdot 40, y = 32 \text{ Meter,}$$

d. h. der feste Ballast von 20 Tonnen Gewicht muss 32 Meter vor dem Schwerpunkte der oberen Wasserlinie, also 31 Meter vor der Mitte des Schiffes gestaut werden.

Bei der Lösung der vorstehenden Aufgabe ist angenommen, dass die metacentrische Höhe für die Querachse durch die tiefe Lage des Schwerpunktes des Wasserballastes nicht erheblich geändert werde.

Aenderung der Steuerlastigkeit beim von Bord geben von Gewichten.

Den Vorgang des von Bordgebens von p Tonnen Gewicht denke man sich in der Weise ausgeführt, dass die p Tonnen zunächst bis zum Schwerpunkte der oberen Wasserlinie horizontal verschoben werden, durch welchen Act eine Steuerlastigkeitsänderung resp. neue Tiefgänge an den Enden des

Schiffes hervorgebracht werden, die leicht zu berechnen sind. Denkt man sich ferner jene p Tonnen vom Schwerpunkte der oberen Wasserlinie aus von Bord gegeben, so wird das Schiff nunmehr, ohne fernere Steuerlastigkeitsänderung, seinen mittleren Tiefgang und seine Endtiefgänge um $d = \frac{p}{F}$ vermindern. In den Formeln findet dies seinen Ausdruck darin, dass die in denselben vorkommenden Grössen d und e das entgegengesetzte Vorzeichen annehmen. Die geänderten Tiefgänge werden demnach, wenn ein Gewicht von p Tonnen, welches e Meter vor der Mitte gelegen ist, von Bord gegeben wird, sein:

$$T_{,,,} = T - d + l, \cdot \frac{p e}{P(R - a)} \quad \text{und}$$

$$t_{,,,} = t - d - l_{,,} \frac{p e}{P(R - a)}.$$

Die Aenderung der Steuerlastigkeit dagegen

$$- L \frac{p \cdot e}{P} \quad \text{betragen.}$$

Aufgabe: Ein Schiff von 2000 Tonnen hat die Tiefgänge 5 und 4,75 Meter und bedarf der Abgabe von 6 Tonnen zur Verminderung seines mittleren Tiefganges um 1 Centimeter, was einem Flächeninhalt der oberen Wasserfläche von 600 \square Metern entspricht. Welche Tiefgänge wird es annehmen, wenn es 150 Tonnen Kohlen, deren Schwerpunkt 10 Meter vor der Mitte gelegen ist, verbrannt hat?

Berechnung der durch das Verbrennen der Kohlen geänderten Tiefgänge.

Da weder die Schwerpunktslage der oberen Wasserlinie, noch die Schiffslänge, noch auch die metacentrische Höhe für die Querachse gegeben sind, so bedienen wir uns der abgekürzten Formeln, nämlich:

$$T_{,,,} = T - d + \frac{p e}{2 \cdot P} \quad \text{und}$$

$$t_{,,,} = t - d - \frac{p e}{2 P}.$$

d ist $\frac{150}{6} = 25$ cm, folglich

$$T_{,,,} = 5,125 \quad \text{und} \quad t_{,,,} = 4,125.$$

2te Aufgabe: Wo hätte der Schwerpunkt der verbrannten Kohlen liegen müssen, wenn der hintere Tiefgang von 5 Meter nicht geändert sondern 5 Meter geblieben wäre?

Zu dem Ende ist in dem Ausdruck für $T_{,,,}$, $T_{,,,} = T$ zu setzen und die Bedingungsgleichung würde lauten:

$$0 = -d + \frac{p e}{2 P} \quad \text{oder}$$

$$d = \frac{150 \cdot e}{2 \cdot 2000}; \quad \text{da}$$

$$d = 0,25, \quad \text{so wird}$$

$$e = \frac{0,25 \cdot 2 \cdot 2000}{150} = 6,66 \text{ Meter.}$$

Gewichts-
änderungen,
welche nur den
einen der Tief-
gänge an den
Enden des
Schiffes afficiren.

Drückt man d durch den Quotienten $\frac{P}{F}$ aus, so nimmt die vorstehende Bedingungsgleichung die Form

$$\frac{P}{F} = \frac{p e}{2 P}$$

an, woraus sich für e der Werth

$$e = \frac{2 P}{F}$$

ergiebt, d. h. giebt man von einem Punkte aus, der in der Entfernung $\frac{2 P}{F}$ vor dem Schwerpunkte der oberen Wasserlinie gelegen ist, Gewichte von Bord, die ihrem Quantum nach, unterhalb einer gewissen Grenze beliebig sein können, so bleibt der Tiefgang am hinteren Ende des Schiffes ungefähr ungeändert. Daraus folgt, dass dasselbe stattfindet, wenn Gewichte in der angegebenen Entfernung an Bord genommen werden. — Wird das von Bordgeben resp. an Bordnehmen in der Entfernung $\frac{2 P}{F}$ hinter der Mitte des Schiffes vorgenommen, so würde der vordere Tiefgang nahezu ungeändert bleiben. Setzt man die Entfernung $\frac{2 P}{F}$ oder in der nicht abgekürzten Form

$$\frac{P \cdot (R - a)}{F \cdot l_1} \text{ resp. } \frac{P(R - a)}{F \cdot l_2}$$

vom Schwerpunkte der oberen Wasserlinie aus nach vorn resp. hinten ab, so wird dadurch, wenn man den Schwerpunkt der oberen Wasserlinie ebenfalls als Theilpunkt betrachtet, die Schiffslänge in 4 Theile von ungleicher Länge getheilt, die wir von hinten nach vorne mit *I*, *II*, *III* und *IV* bezeichnen wollen. Alsdann lässt sich für die Stauung längsschiffs folgende Regel geben:

Stauungsregeln
für die Schiffslänge längsschiffs.

- 1) Eine Gewichtsvermehrung auf der Strecke *I* vergrößert den hinteren Tiefgang und verkleinert den vorderen Tiefgang.
 - 2) Eine Gewichtsvermehrung an der Stelle, wo *I* und *II* zusammenstossen, vergrößert den hinteren Tiefgang und lässt den vorderen Tiefgang ungeändert.
 - 3) Eine Gewichtsvermehrung auf der Strecke *II* vergrößert beide Tiefgänge, den hinteren jedoch in höherem Maasse.
 - 4) Eine Gewichtsvermehrung an der Grenze von *II* und *III*, d. h. im Schwerpunkte der oberen Wasserlinie vergrößert beide Tiefgänge um gleich viel.
 - 5) Eine Gewichtsvermehrung auf der Strecke *III* vergrößert beide Tiefgänge, den vorderen jedoch in höherem Maasse u. s. w.
- 1 a) Eine Gewichtsabgabe auf der Strecke *I* verkleinert den hinteren Tiefgang und vergrößert den vorderen Tiefgang.

- 2a) Eine Gewichtsverminderung an der Grenze *I* und *II* verringert den hinteren Tiefgang und lässt den vorderen Tiefgang un geändert.
- 3a) Eine Gewichtsabgabe auf der Strecke *II* vermindert beide Tiefgänge, den hinteren jedoch in höherem Maasse u. s. w.

Aufgabe: Ein Schiff geräth mit dem unteren Theile des Vorderstevens leicht auf Grund, jedoch so, dass das Rückwärtsschlagen der Maschine dasselbe nicht abbringt. Auf den im Vorstehenden mit *I*, *II*, *III* und *IV* bezeichneten Theilen der Länge befinden sich folgende Gewichte, die eventuell von Bord gegeben werden können. Auf der Strecke *I* und an der Grenze von *I* und *II* die Boote. Auf der Strecke *III* kann durch Ausblasen des Kesselwassers eine Gewichtsverminderung herbeigeführt werden; auf der Strecke *IV* kann durch Wegwerfen der Anker und Kette stecken das Schiff erleichtert werden.

Maassregeln bei Grundberührungen.

Welche Aussicht auf Erfolg gewährt das von Bordgeben der genannten, zu dem Zwecke disponibeln Gewichte?

Zum Abkommen des Schiffes im vorliegenden Falle würde das Wegwerfen der Anker das sicherste Mittel sein, da dadurch der Tiefgang vorn vermindert und der Tiefgang hinten vergrössert wird, wenn nicht durch Wiederaufnehmen derselben die Gefahr, von neuem festzukommen, vorhanden wäre.

Das nächst beste Mittel würde sein, das Kesselwasser auszublase; allein dadurch wird man sich der Disposition über die Maschine berauben. Sind allerdings mehrere Kessel vorhanden, so ist der Versuch mit dem vordersten, eventuell den beiden vordersten zu machen. Jedenfalls wird man sich die hintersten Kessel für den Betrieb der Maschine reserviren müssen.

Das Aussetzen der Boote ist dagegen ohne Erfolg, da deren von Bordgabe den vorderen Tiefgang nicht ändert, soweit sie auf der Strecke *I* stehen, denselben sogar vergrössern würde, so dass das Schiff noch fester zu sitzen kommt.

Verminderung der Stabilität bei Grundberührungen.

Es ist bekannt, dass ein frei aufgehängter Körper nur dann eine stabile Gleichgewichtslage besitzt, wenn sein Schwerpunkt sich vertikal unter dem Aufhängepunkte befindet. Da andererseits bei einem frei schwimmenden Schiffe von einer stabilen Gleichgewichtslage nur dann die Rede ist, wenn der Schiffsschwerpunkt unter dem Metacentrum liegt, so ist klar, dass bei einem frei schwimmenden Schiffe dem Metacentrum die Rolle des Aufhängepunktes zufällt, soweit eben zwischen stabilem, indifferentem und labilem Gleichgewicht durch die relative Lage des Schiffsschwerpunktes und des Metacentrums unterschieden wird. Da die Richtungslinie des Auf-

triebs, als Reaction gegen das Gewicht des Schiffes, in den von der Gleichgewichtslage abweichenden Positionen durch das Metacentrum geht, so ist das bezüglich des Aufhängepunktes gesagte auch ohne den Vergleich mit einem frei aufgehängten Körper verständlich.

Unstabile Lage
eines auf Grund
sitzenden
Schiffes.

Geräth nun ein Schiff mit seinem Kiel auf Grund, so wird sein Aufhänge- resp. sein Unterstützungspunkt dadurch an die Unterkante Kiel verlegt und da der Schiffsschwerpunkt nothwendiger Weise über der Unterkante Kiel liegen muss, so sind die Bedingungen für den labilen Gleichgewichtszustand gegeben. Das geringste Drehmoment, etwa ein nach der Seite hin bewegtes Gewicht, wird das Schiff veranlassen, seine aufrechte Position zu verlassen, ohne dass es nach Aufhören der Einwirkung des Drehmoments in die aufrechte Lage zurückkehrt. Letzteres wird erst dann eintreten, wenn der Druck an der Berührungsstelle zwischen dem Kiel und dem Grunde Null ist.

Die Stabilitätsverhältnisse bei Grundberührungen kommen vorzugsweise in Betracht bei beabsichtigten Grundberührungen, d. h. beim Docken von Schiffen. Angenommen es handle sich um ein gleichlastig gestautes Schiff, welches über horizontalen Stapelklötzen gedockt werden soll; der Tiefgang des freischwimmenden Schiffes sei T , sein Gewicht P und seine metacentrische Höhe für die Längsachse $(r - a)$. Nachdem durch Auspumpen des Docks die Wassertiefe desselben über der Oberfläche der Stapelklötze auf die Grösse t gebracht ist, welche kleiner ist als der Tiefgang T des Schiffes, so wird das Schiffsgewicht nur noch zum Theil vom Wasser getragen, der Rest wird von den Stapelklötzen aufgenommen. Das in Abzug zu bringende Displacement, welches gleich der Reaction der Stapelblöcke gegen den Kiel ist, wird sein:

$$F(T - t),$$

worin F das arithmetische Mittel zwischen dem Flächeninhalte der oberen Wasserlinie beim Tiefgang T und demjenigen beim Tiefgang t bedeutet. Geräth das Schiff durch irgend welche Ursache aus seiner aufrechten Lage, die wir wegen der Grundberührung als eine labile Gleichgewichtslage erkannt haben, so wird dasselbe sich um eine Längsachse soweit drehen, bis es eine stabile Gleichgewichtslage gefunden haben wird. Diese neue Gleichgewichtslage characterisirt sich dadurch, dass die Resultante aus dem Druck gegen den Kiel und dem noch verbliebenen Auftrieb des Wassers in die durch den Schiffsschwerpunkt gehende Vertikale fallen muss. Bezeichnen wir den Neigungswinkel, bei welchem dies geschieht, mit θ und die Entfernung des Volumenschwerpunktes des in dieser geneigten Lage noch vorhandenen Displacements von jener Vertikalen mit $(r - a) \sin \theta$ und endlich die Entfernung von Unterkante Kiel bis zum Schwerpunkte des in Abzug kommenden Displacements mit h , so lautet die Bedingungsgleichung für die geneigte Schiffslage

$$F \cdot (T - t) \cdot h \sin \theta = [P - F(T - t)] (r - a) \sin \theta$$

oder

$$F(T - t) \cdot h = [P - F(T - t)] (r - a).$$

Der Uebergang von der aufrechten Schiffslage in die geneigte erfolgt während der Grundberührung durch Drehung um die Unterkante-Kiel, dadurch geräth auf der Leeseite ein grösseres Keilstück in's Wasser, als auf der Luvseite zum Auftauchen kommt, d. h. während der Neigung wird sich das *Displacement* des Schiffes nach und nach vergrössern und der Druck des Grundes gegen den Kiel in demselben Maasse verringern. Denkt man sich die Neigung des Schiffes soweit sich ausdehnend, dass das *Displacement* wieder gleich dem Schiffsgewicht ist, so wird der Druck gegen den Kiel Null geworden sein. Der Winkel θ_1 , bei welchem dies der Fall ist, entspricht der Bedingung, dass

$$\cos \theta_1 = \frac{t}{T}$$

ist. Weiter als bis zu diesem Winkel kann die Neigung des Schiffes nicht erfolgen, vorausgesetzt, dass bei demselben noch ein aufrichtendes Stabilitätsmoment vorhanden ist. Trifft letzteres zu, so besteht dessen Wirkung darin, dass sich das Schiff bis zu einem gewissen Winkel wieder aufrichtet, welcher dann derjenige sein würde, für welchen die weiter oben stehende Bedingungsgleichung gilt.

Aus dem Vorstehenden erklärt sich die beim auf Grund sitzen ausgeübte Praxis, das Schiff dadurch, dass man die Mannschaft im Tact querschiffs hin- und herlaufen lässt, in stark schlingernde Bewegung zu versetzen, um unter gleichzeitiger Ausübung einer nach dem tiefen Wasser hin gerichteten Kraft das Schiff von der Untiefe wieder abzubekommen. Das Verfahren hat nämlich den Erfolg, dass der Druck gegen den Kiel im Momente des grössten Ausschlags ein Minimum wird; in dem Falle sogar Null wird, wenn der Winkel der Gleichung

$$\cos \theta = \frac{t}{T}$$

entspricht, wo t die gepeilte Wassertiefe und T der Tiefgang des Schiffes ist. In diesem Augenblick muss entweder die Maschine rückwärts gehen oder es muss auf ein seitlich achteraus, nach dem tiefen Wasser hin ausgebrachtes Anker mit aller Kraft gehievt werden. — Führt das Schlingern des Schiffes nicht zum Ziel, so kann man innerhalb zulässiger, sich in jedem speciellen Falle von selbst ergebender Grenzen dem Schiff eine Schlagseite durch Gewichtsverschiebung nach Lee ertheilen, um dadurch den Druck gegen den Kiel auf eine hinreichend kleine Quantität zu bringen. — Es möge an dieser Stelle hinzugefügt werden, dass bei tief gehenden Schiffen, unter anderen auch bei Segelkuttern von grossem Tiefgang, die Ursache der Grundberührung häufig dadurch gegeben wird, dass das Schiff oberhalb einer Untiefe über Stag zu gehen sucht.

Beim Docken von steuerlastigen Schiffen thut man am besten, der Oberfläche der Stapelklötze dieselbe Neigung zu geben wie der Unterkante-Kiel, damit in dem Moment, wo im Dock die entsprechende Wassertiefe

Maasregeln, um bei Grundberührungen wieder abzukommen.

Docken von steuerlastigen Schiffen.

eingetreten ist, das Schiff sofort durch sämtliche Stapelklötze unterstützt werde und ausserdem die sogenannten Kimmstapel und andere Seitenstützen, die das Schiff gegen Kentern schützen, sofort angebracht werden können. Unter Umständen ist es jedoch nicht möglich, die Neigung der Oberfläche der Stapelklötze jedem speciellen Schiff anzupassen, unter anderem dann nicht, wenn nach dem Ausdocken des einen Schiffes behufs Zeitersparniss sofort ein anderes Schiff einfahren muss. Angenommen, die gemeinschaftliche Oberfläche der Stapelklötze sei horizontal und das zu dockende Schiff habe die Steuerlastigkeit $T - t$, so wird, nachdem durch Auspumpen von Wasser die Entfernung der Wasseroberfläche von den Stapelklötzen gleich T geworden ist, das Schiff mit dem tiefsten Punkte seines Kiels einen der Stapelklötze berühren. Ein weiteres Auspumpen hat alsdann den Erfolg, dass der hintere Tiefgang in demselben Maasse abnimmt wie die Wassertiefe, während der vordere Tiefgang sich vergrössert; dabei dreht sich das Schiff um eine durch seinen Berührungspunkt mit den Stapelklötzen gehende Querachse. Die Steuerlastigkeit vermindert sich nach und nach, bis sie in dem Augenblicke zu Null wird, wo der Kiel sich in seiner ganzen Ausdehnung auf die horizontalen Stapelklötze legt. Während dieser Periode wird an dem Punkte, der zuerst mit den Stapelklötzen in Berührung kommt, ein Druck gegen den Kiel ausgeübt, welcher vom Werthe Null bis zum Werthe

Druck gegen die
Unterkante-Kiel.

$$F\left(\frac{T+t}{2} - T_1\right)$$

steigt, unter F das arithmetische Mittel zwischen dem Flächeninhalte der ursprünglichen oberen Wasserlinie und derjenigen verstanden, welche eintritt, wenn der ganze Kiel sich auflegt, während T_1 die Wassertiefe in diesem Augenblicke und $\frac{T+t}{2}$ der mittlere Tiefgang des Schiffes ist. In einem beliebigen Zwischenstadium würde dagegen der Druck gegen den tiefsten Punkt des Kiels sein:

$$F\left(\frac{T+t}{2} - \frac{T_1+t_1}{2}\right),$$

unter T_1 und t_1 den hinteren und vorderen Tiefgang in dem betreffenden Stadium verstanden. Da das Schiff von dem Augenblicke an, wo die erste Grundberührung eintritt, bis zu demjenigen, wo der Kiel sich in seiner ganzen Länge auflegt, sich um den tiefsten Punkt des Kiels um eine Querachse dreht, so können während dieser Periode Seitenstützen und Kimmstapel noch nicht angebracht werden. Das Schiff befindet sich daher wegen seines labilen Gleichgewichtszustandes in einer sehr unsicheren Lage, welche unmittelbar vor dem Augenblicke, wo der Kiel in seiner ganzen Längenausdehnung die Stapelklötze nimmt, am gefährlichsten wird. Es ist daher dringend geboten, jedwede Gewichtsverschiebung, auch das Hin- und Hergehen einzelner Leute an Bord des Schiffes absolut zu vermeiden.

Dieselben gefährlichen Stadien treten übrigens auch beim Ausdocken des Schiffes ein, jedoch in umgekehrter Reihenfolge. Ist zunächst soviel Wasser in's Dock gelassen, dass der Kiel im Begriffe steht, sich bis auf seinen tiefst gelegenen Punkt von den Stapelklötzen abzuheben, so werden zunächst die Seitenstützen lose und fangen an, aufzuschwimmen. In diesem Augenblicke tritt die Gefahr des Kenterns ein, welche sich bei weiterem Steigen des Wassers gradatim vermindert, bis auch der tiefste Punkt des Kiels die Stapelklötze verlassen hat.

Ausdocken von steuerlastigen Schiffen.

Es ist übrigens nothwendig, beim Docken von steuerlastigen Schiffen über Stapelklötzen, welche einen anderen Winkel mit der Horizontalen bilden als die Unterkante-Kiel, den Druck zu berechnen, den der tiefste Punkt des Kiels auszuhalten hat, um sich zu überzeugen, ob derselbe nicht zu gross wird. Zu dem Ende bedienen wir uns der auf Seite 361 für den Fall gegebenen Formeln, dass ein Gewicht von p Tonnen, welches e Meter vor dem Schwerpunkte der oberen Wasserlinie gelegen ist, von Bord gebracht wird, und welche lauten:

$$T_{,,,} = T - d + l_1 \frac{p e}{P(R - a)} \quad \text{und}$$

$$t_{,,,} = t - d - l_1 \frac{p e}{P(R - a)}$$

Die Verminderung der Wassertiefe durch Auspumpen des Docks hat nämlich denselben Effect bezüglich der Hervorbringung eines Drehungspaares, welches auf Aenderung der Steuerlastigkeit wirkt, während gleichzeitig eine Verminderung des mittleren Tiefgangs stattfindet, — als wenn p Tonnen Gewicht von Bord gegeben werden. Bezeichnet man also den Druck gegen den tiefsten Punkt des Kiels unmittelbar vor dem Augenblick, wo letzterer sich in seiner ganzen Länge auf die Stapelklötze auflegen will, mit p , so wird der entsprechende, in Abzug zu bringende Auftrieb ebenfalls gleich p sein und im Volumenschwerpunkte der Displacementsverminderung angreifen; letzterer wird nahezu in der Vertikalen durch den Schwerpunkt der oberen Wasserlinie liegen. Mithin wird der Hebelsarm des betreffenden Kräftepaars gleich der Entfernung jener Vertikalen von derjenigen durch den Berührungspunkt des Kiels mit den Stapelklötzen sein, — also gleich l_1 sein, wenn diese zweite Vertikale in der Ebene des hinteren Perpendikels gelegen ist, was wir demnächst annehmen wollen. Da ferner die Steuerlastigkeit des freischwimmenden Schiffes im Allgemeinen stets grösser sein wird als diejenige, wenn der Kiel die Stapelklötze berührt, so wird l_1 mit dem Vorzeichen minus behaftet einzuführen sein, insofern es in den Formeln an die Stelle von e tritt. Für unseren Fall nehmen letztere daher folgende Gestalt an:

$$T_{,,,} = T - d - l_1 \frac{p l_1}{P(R - a)} \quad \text{und}$$

$$t_{,,,} = t - d + l_1 \frac{p l_1}{P(R - a)}$$

Hierin sind $T_{,,,}$ und $t_{,,,}$ die Tiefgänge des Schiffes in dem Moment, wo der Kiel sich in seiner ganzen Länge auflegt. Die Bildung der Differenz der Steuerlastigkeiten liefert folgenden Werth:

$$(T - t) - (T_{,,,} - t_{,,,}) = L \cdot \frac{p l}{P(R - a)}$$

oder in der abgekürzten Form:

$$\frac{p \cdot \frac{L}{2}}{2P} = \frac{pL}{4P}$$

Aufgabe: Ein Schiff von 4000 Tonnen mit einer Länge von 96 Metern besitzt eine Steuerlastigkeit von 0,6 Meter. Dasselbe soll über horizontalen Stapelklötzen gedockt werden; wie gross wird der Maximaldruck gegen den tiefsten Punkt des Kiels?

Lösung: Mit Rücksicht auf die gegebenen Daten bedienen wir uns der abgekürzten Formel für die Steuerlastigkeitsänderung zur Berechnung von p ; dieselbe lautet, wenn diese Daten gleich eingesetzt werden:

$$0,6 = \frac{p \cdot 96}{4 \cdot 4000},$$

woraus $p = 100$ Tonnen, d. h. das Schiff erleidet in der Ebene des hinteren Perpendikels den auf die Flächenausdehnung des betreffenden Stapelklotzes concentrirten Druck von 100 Tonnen. Erscheint dies, mit Rücksicht auf die Widerstandsfähigkeit des Schiffes, an der betreffenden Stelle als eine zu grosse Beanspruchung, so ist man entweder genöthigt, die Stapelklötze mit einer geneigten gemeinsamen Oberfläche zu versehen, welche Neigung, wie gesagt, am zweckmässigsten gleich der des Kiels ist, weil dadurch ein concentrirter Druck überhaupt gänzlich vermieden wird, oder man lässt das Schiff mit einem weiter nach vorn gelegenen Punkte des Kiels zuerst aufkommen, indem man die weiter nach hinten befindlichen Stapelklötze solange fortlässt, bis das Schiff trocken steht. Als für den Verband des Schiffes in hohem Grade unvortheilhaft muss das Verfahren bezeichnet werden, wenn ein steuerlastiges Schiff über anders geneigten Stapelklötzen in der Weise gedockt wird, dass ein Punkt des Kiels unter dem Ruderstegen oder zwischen dem Ruderstegen und dem Schraubenstegen zuerst auf die Stapelklötze geräth.

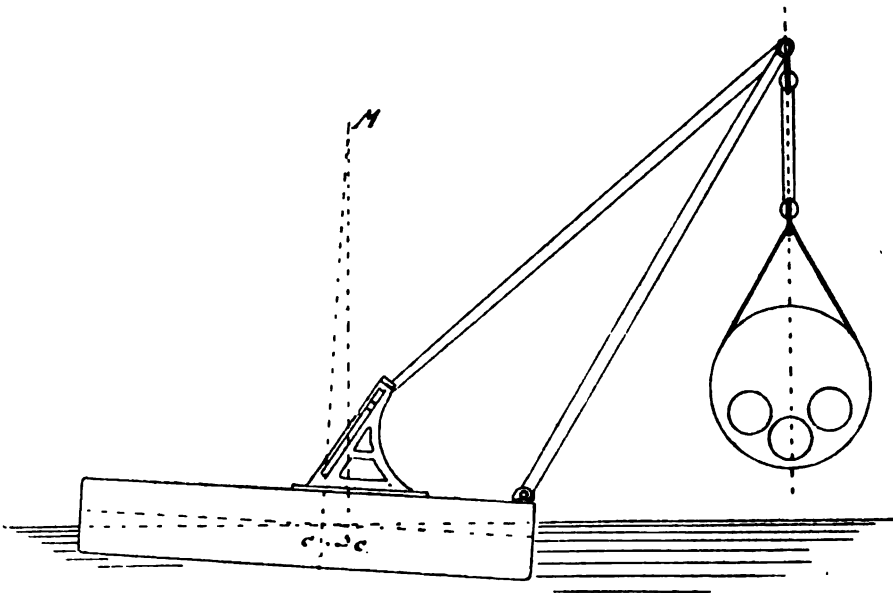
2te Aufgabe: Das in der vorigen Aufgabe vorausgesetzte Schiff möge pro cm Mindertauchung 12 Tonnen beanspruchen; um wieviel wird alsdann der Wasserspiegel im Dock, vom ersten Aufkommen des Schiffes an gerechnet, sich gesenkt haben, wenn mit dem Anbringen der Seitenstützen begonnen werden muss?

$$\text{Antwort: } \frac{100}{12} = 8,3 \text{ cm.}$$

Inanspruchnahme der Stabilität bei beweglicher Ladung.

Zur Erläuterung der Gesetze, welche bei überschüssenden Ladungen in Betracht kommen, dienen die Figuren 89 und 90. Erstere ist die Skizze eines schwimmenden Krahns mit ausgelegtem Dreibein und angeschlagenem Kessel in der Seitenansicht. Zunächst ist klar, dass die Neigung, welche das Ponton des Krahns in der belasteten, ausgelegten Position des Dreibeins annimmt, nicht geändert wird, wenn die Last hoch gewunden oder tiefer herabgelassen wird, obgleich der Schwerpunkt des durch den schwimmenden Krahn und seine Belastung gebildeten Systems dadurch höher resp. tiefer

Fig. 89.



zu liegen kommt. Die Neigung würde dieselbe bleiben, wenn die Belastung im Kopfe des Dreibeins, ihrem Aufhängepunkte, concentrirt wäre. Setzen wir daher letzteres voraus, so ergibt sich, dass das niedrigst gelegene Metacentrum eines schwimmenden Krahns höher liegen muss als der Schwerpunkt des aus Krahn und Belastung gebildeten Systems, die Belastung im Aufhängepunkte des Dreibeins concentrirt gedacht. — Was für einen schwimmenden Krahn gilt, ist auch für solche schwimmende Fahrzeuge massgebend, an deren Bord sich pendelnde Gewichte, das heisst solche befinden, welche bei eintretender Neigung mit ihrem Schwerpunkt nach Lee gerathen. Sollen dergleichen Fahrzeuge in Folge des genannten Umstandes nicht kentern, so muss ihr Metacentrum höher gelegen sein, als der Schiffsschwerpunkt unter

Lage des Metacentrums bei einem schwimmenden Krahn.

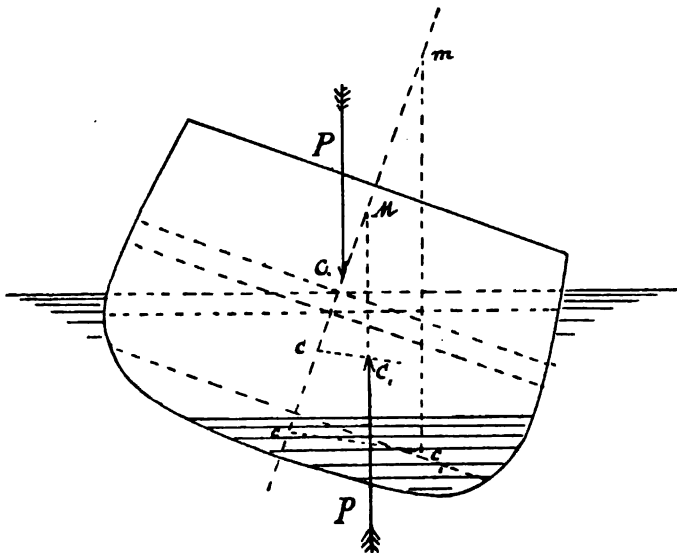
der Voraussetzung liegen würde, dass sämtliche pendelnden Gewichte als in ihrem Aufhängepunkt concentrirt gedacht, in Rechnung gezogen werden.

Bei beweglicher
Ladung wandert
der Schiffsschwerpunkt
mit nach der
Schlagseite.

Bewegliche Ladungen sind in diesem Zusammenhange ebenfalls als pendelnde Gewichte aufzufassen. Ihr Schwerpunkt wandert bei eintretender Schlagseite ebenfalls nach Lee, wodurch der Schiffsschwerpunkt veranlasst wird, seine Lage in der Symmetrieebene zu verlassen, um sich auch nach Lee zu begeben. Bewegt sich letzterer dabei schneller als der, in Folge der Neigung die Symmetrieebene verlassende Deplacementsschwerpunkt, so ist das Kentern des Schiffes unvermeidlich.

In Fig. 90 möge c der Schwerpunkt eines grösseren Quantums Wasser im Raum bei aufrechter Schiffslage sein; in Folge der Neigung wird der-

Fig. 90.



selbe nach c_1 gelangen, wo das Gewicht des übergeschossenen Wassers als vertikal abwärts wirkende Kraft anzusehen ist. Verlängert man die Vertikale durch c_1 bis zum Schnittpunkte mit der Vertikalen durch c in der aufrechten Position, so erhält man den Punkt m , und dieser würde als der Aufhängepunkt des durch das bewegliche Bilgewater repräsentirten Pendels aufzufassen sein. In ihm hat man sich das Gewicht des Wassers bei der Berechnung des Schiffsschwerpunktes inclusive Bilgewater concentrirt zu denken, um zu constatiren, ob der Schiffsschwerpunkt dem Metacentrum auch zu nahe kommt oder gar über dasselbe fällt.

Erhält ein Schiff eine grössere Leckage, so dass ein Theil des Schiffsraums von dem eindringenden Wasser überfluthet wird, so wird dadurch, weil das Wasser im Inneren des Schiffes eine möglichst tiefe Lage einzunehmen

bemüht ist, allerdings der Schein erweckt, als ob die Stabilität sich unter allen Umständen vergrössern müsse, da der Schiffsschwerpunkt inclusive des an Bord gelangten Wassers weiter nach unten wandert, so dass die metacentrische Höhe und damit das Stabilitätsmoment vergrössert erscheint. Durch Fig. 90 überzeugt man sich indessen, dass das in's Schiff gedrungene Wasser seinem Gewichte nach in dem Punkte m concentrirt anzunehmen ist, wodurch der Schiffsschwerpunkt dem Metacentrum genähert, die metacentrische Höhe, und dem entsprechend das Stabilitätsmoment verringert wird. Während eine Gewichtsvermehrung um das Quantum an eingedrungenem Wasser, in fester Form und mit seinem Schwerpunkte um h Meter unter Wasser das Stabilitätsmoment um $p h \sin \theta$ vergrössert, wird ein Mehrgewicht in flüssiger Form mit seinem Schwerpunkte h Meter über Wasser (in m) hinzugefügt aufzufassen sein, so dass eine Stabilitätsverminderung um $p h, \sin \theta$ Meter-tonnen eintritt. — An Bord befindliches, bewegliches Wasser ist allerdings der gegebene Repräsentant einer beweglichen Ladung. Von anderen, in dieser Beziehung gefährlichen Ladungen sind zu erwähnen die Getreideladungen, welche besonders an Bord von Schraubenschiffen in Folge der durch die Rotation der Schraube hervorgebrachten Vibrationen einen bedeutenden Grad von Beweglichkeit bekommen.

Scheinbare Vergrösserung der Stabilität durch Leckwasser.

Was die Bestimmung des Punktes m betrifft, das heisst desjenigen Punktes, um welchen das Gewicht der beweglichen Ladung pendelnd vorausgesetzt werden muss, so kann dieselbe in ähnlicher Weise erfolgen, wie die Bestimmung der Lage des Metacentrums. Setzt man kleine Neigungswinkel voraus, so hat man auch hier das Trägheitsmoment der freien Oberfläche der beweglichen Ladung durch deren Gewicht zu dividiren, um die Entfernung von m bis c , d. h. dem Schwerpunkte der Ladung in der aufrechten Schiffslage zu finden.

Bestimmung des Punktes, in welchem das Gewicht einer beweglichen Ladung concentrirt anzunehmen ist.

Aufgabe: Ein Schiff von 4000 Tonnen Gewicht mit einem Reserveauftrieb von 3000 Tonnen nimmt in Folge einer Leckage auf Steuerbord 700 Tonnen Wasser auf. Der Schiffsschwerpunkt liegt ein Meter unterhalb des Metacentrums, der Punkt m dagegen 7 Meter höher als der Schiffsschwerpunkt; besitzt das Schiff unter diesen Umständen noch hinreichende Sicherheit gegen Kentern?

Antwort: Das Schiff wird nach Steuerbord kentern, da die im Punkte m concentrirt gedachten 700 Tonnen Wasser den Schiffsschwerpunkt höher als das Metacentrum bringen, sodass also der mehr als ausreichende Reserveauftrieb überhaupt nicht zur Geltung kommt.

Aus dem Vorstehenden erscheint die Thatsache, dass Schiffe mit einer grösseren Leckstelle vor dem Sinken erst kentern, vollkommen erklärlich.

Die Mittel, ein Schiff mit beweglicher Ladung vor Stabilitätsverlusten zu schützen, bestehen einfach in Vorkehrungen, welche das Ueberschiessen der Ladung verhindern. Da es vorzugsweise darauf ankommt, dem Schiffe seine kleinste Stabilität, d. h. diejenige um die Längsachse zu erhalten, so

Mittel gegen Stabilitätsverluste bei beweglicher Ladung.

Schlinger-
schotten.

wird man das Ueberschiessen der Ladung querschiffs verhindern müssen und dies geschieht bei Handelsschiffen durch temporäre Längsschotten aus Holz, bei Kriegsschiffen, wo die bewegliche Ladung eventuell in durch Schusslöcher eingedrungenem Wasser besteht, durch permanente Schotten aus Eisen resp. Stahl. Dergleichen Vorkehrungen werden Schlingerschotten genannt, zu denen mithin auch die zahlreichen Längsschotten oberhalb eines Panzerdecks zu rechnen sind. Bei solchen schwimmenden Fahrzeugen, bei denen mit Ballast in Form von Wasser manoeuvrirt werden muss, spielen die Stabilitätsverluste im vorliegenden Zusammenhange eine hervorragende Rolle. Die zur Aufnahme des Ballastwassers bestimmten Räume müssen entweder allseitig geschlossen und von geringem Volumen sein, so dass sie schnell vollständig gefüllt werden können, oder, wenn dieselben nach oben hin offen sind, so ist es erforderlich, parallel zu der Achse, mit Bezug auf welche man die Stabilität zu erhalten wünscht, Schotten einzubauen. Von einem eisernen Schwimmdock mit rechteckiger oberer Wasserlinie würde z. B., wenn der ganze innere Bodenraum behufs Herbeiführung des Senkens ungetheilt mit Ballastwasser überfluthet würde, der ganze positive Theil des Stabilitätsmoments verloren gehen, sodass dasselbe bei der geringsten Veranlassung kentern würde. Ein einziges Längsschott in der Mitte des Ballastraumes würde dagegen von dem positiven Theil des Stabilitätsmoments volle $\frac{3}{4}$ erhalten.

Inanspruchnahme des Stabilitätsmoments durch das Segelmoment.

Soll die ein Schiff im Wasser vorwärts treibende Kraft bei demselben keine Drehung um eine horizontal gerichtete Achse hervorbringen, so muss deren horizontal gerichtete Componente in derselben horizontalen Ebene angreifen, in der die entsprechende Componente des Widerstandes des Wassers angreift. Letztere ist selbstverständlich unter Wasser gelegen; der Einfachheit halber und in Ermangelung genauerer Daten nehmen wir an, sie befinde sich mit ihrem Angriffspunkt in einer Entfernung gleich dem halben mittleren Tiefgang unter Wasser. Ein Schraubenschiff, dessen Schraubenwelle ebenso tief unter Wasser liegt, wird demnach während der Fahrt nahezu dieselbe Steuerlastigkeit besitzen, als im stillliegenden Zustande; ein solches, bei dem die Schraubenwelle tiefer liegt, z. B. nur wenig höher als die Unterkante Kiel, wie bei Torpedobooten, wird sich um eine Querachse unter Vergrößerung des hinteren Tiefgangs drehen; ein Räderschiff, bei dem die vorwärtstreibende Kraft im Flächenschwerpunkte der im Wasser befindlichen Schaufeln, d. h. oberhalb des Angriffspunktes des Wasserwiderstandes angreift, wird sich um eine Querachse unter Vergrößerung des vorderen Tiefganges drehen. — Wird der durch den Wind auf die Segel eines Schiffes ausgeübte Druck als vorwärtstreibende Kraft benutzt, so wird

dieser Druck in irgend einem Punkte der Flächenausdehnung der Segel, mithin in beträchtlicher Höhe über Wasser angreifen. Unter der Voraussetzung, dass die Intensität des Winddruckes pro Flächeneinheit an jeder Stelle dieselbe Grösse hat, ergiebt sich als Angriffspunkt des Winddruckes auf die Segel der geometrische Schwerpunkt der Gesamtsegelfläche, welche vom Winde getroffen wird. Was die Grösse des Winddruckes auf die Segelfläche betrifft, so unterscheiden wir den Fall, in welchem die Windrichtung senkrecht auf der Segelfläche steht, von demjenigen, wo dieselbe einen Winkel mit ihr bildet. Im ersten Fall ist der Druck auf die Gesamtsegelfläche proportional mit der Grösse der letzteren, mit dem Quadrate der Windgeschwindigkeit und einem gewissen, durch den Versuch zu bestimmenden Coefficienten k , den wir gleich dem Druck pro Flächeneinheit bei der Geschwindigkeit von 1 Meter pro Sekunde setzen können. Setzen wir k , entsprechend den, zu dessen Bestimmung angestellten, allerdings schon ältern Versuchen gleich 0,033 Kilogr., was für die Windgeschwindigkeit von 12 Knoten pro Stunde einem Drucke von 4,67 Kilo pro Quadratmeter oder für englisches Maass einem Drucke von 0,96 oder rund von 1 \varnothing engl. pro Quadratfuss englisch entspricht. Die Windgeschwindigkeit von 12 Knoten pro Stunde ist übrigens nach der Beaufort'schen Skala gleich der Windstärke 6 oder der „frischen Brise“ entsprechend, welche Windstärke bei der Bemessung der für ein Segelschiff geeigneten Segelfläche zu Grunde gelegt wird. Die bei Windstärke 6 geführten Segel werden die vollen Segel genannt; bei voll getakelten Schiffen versteht man darunter die Untersegel, die Marssegel und die Bramsegel, bei den Untersegeln den Besahn und den Klüver eingerechnet. Wenn daher in folgendem über die Grösse von k nichts anderes bestimmt wird, so soll darunter stets der Druck von 4,67 Kilo pro Quadratmeter verstanden werden.

Angriffspunkt
des Winddruckes.

Bildet die Windrichtung mit der Oberfläche der Segel den Winkel γ , so ist der pro Flächeneinheit entstehende Druck angenähert gleich $k \cdot \sin^2 \gamma$ für Winkel, welche vom rechten Winkel nicht zu weit abweichen und gleich $k \sin \gamma$ für solche Winkel, welche beim scharf am Winde segeln in Betracht kommen.

Mit Bezug auf die Richtung und die Geschwindigkeit des Windes unterscheidet man ebenfalls zwei Fälle, nämlich die absolute Geschwindigkeit und Richtung und die scheinbare Geschwindigkeit und Richtung des Windes. Erstere sind die betreffenden Grössen relativ zur Erde, letztere relativ zum in Bewegung befindlichen Schiff. Nur die scheinbare Geschwindigkeit und Richtung des Windes kommen beim Schiffe in Betracht; sie werden durch den an Bord befindlichen Windmesser und den Windstander gemessen. Da die scheinbare Bewegung des Windes die Resultante aus dessen wirklicher Bewegung und der negativ genommenen Bewegung des Schiffes ist, so führt folgende einfache Construction zur Ermittlung der wirklichen Bewegung des Windes: Man setze die Geschwindigkeit des

Absolute und
scheinbare
Windgeschwindigkeit und
Richtung.

Schiffes auf die Mittellinie desselben von vorn nach hinten ab und zwar in beliebigen Längeneinheiten; desgleichen die scheinbare Windgeschwindigkeit in ihrer Richtung nach Lee in denselben Einheiten, so ist die Verbindungslinie der Endpunkte der abgesetzten Längen nach Grösse und Richtung die wirkliche Windgeschwindigkeit. Diese Construction liefert bei einem mit der Geschwindigkeit v platt vor dem Winde segelnden Schiff, bei einer scheinbaren Windgeschwindigkeit v_1 die wirkliche Windgeschwindigkeit $v + v_1$.

Da nur in dem einen Falle des platt vor dem Winde Segelns die Bewegung des Schiffes in der Richtung seines Kiels mit der Richtung des Windes übereinstimmt, so wird der Winkel, den die Segelfläche mit der Ebene der Mittellinie der Masten bildet, vom rechten Winkel abweichen und im Allgemeinen die Richtung des Windes nicht senkrecht auf der Segelfläche stehen. — Denken wir uns der Einfachheit halber die Gesamtsegelfläche in Form eines einzigen Raasegels von solchen Längen- und Breitenabmessungen, dass dessen Schwerpunktslage mit derjenigen der wirklichen Segelfläche übereinstimmt und bezeichnen wir den Flächeninhalt dieses Segels mit S , den Winkel, den es mit der Ebene der Masten bildet, mit δ und den Winkel, den die scheinbare Windrichtung mit der Segelfläche bildet, mit γ , so wird der Querschnitt des die Segelfläche S treffenden Windstromes $S \sin \gamma$ sein und der Druck, der in dieser Richtung ausgeübt wird, $k S \sin \gamma$ Kilo betragen. Folglich wird der Druck normal zum Segel $k S \sin^2 \gamma$. Diesen Druck zerlege man in zwei Componenten, von denen die eine in die Richtung des Kiels, die andere querschiffs gerichtet ist, so wird erstere $k S \sin^2 \gamma \sin \delta$ und die andere $k S \sin^2 \gamma \cos \delta$. Jene längsschiffs gerichtete Componente bringt den auf Vorwärtsgang des Schiffes in der Richtung des Kiels wirkenden Druck hervor und muss selbstverständlich ein Maximum sein. Letzteres ist dann der Fall, wenn die Tangente des Winkels, den die Windrichtung mit der Segelfläche bildet, doppelt so gross ist als die Tangente desjenigen Winkels, den die Segelfläche mit der Ebene der Masten einschliesst. Um die durch diese Abhängigkeit bedingte Segelstellung zu ermitteln, dient folgende einfache Construction: Man beschreibe über einer, die Cursrichtung des Schiffes darstellenden Linie zwei Halbkreise, den einen mit dem Durchmesser gleich der Längeneinheit, den andern mit dem Durchmesser von drei Längeneinheiten, derart, dass sich beide Halbkreise an dem vorn gelegenen Endpunkte ihrer Durchmesser berühren. Zieht man nun von dem andern Endpunkte des kleineren Halbkreisdurchmessers eine Linie in der scheinbaren Windrichtung nach der Seite hin, von wo der Wind kommt, bis zum Schnittpunkte mit dem grösseren Halbkreis und verbindet man diesen Punkt mit den gemeinschaftlichen Endpunkten der Durchmesser, so liefert die Verbindungslinie des Schnittpunktes dieser letzten Linie und dem kleineren Kreise mit dem zweiten Endpunkte von dessen Durchmesser die Stellung des Segels. Diese Construction dürfte Anfängern eine für die Wahl der Segelstellung willkommene Handhabe bieten.

Componenten
des
Winddruckes.

Theoretische
Segelstellung.

Wird die in der Richtung des Kiels wirkende Componente des Druckes auf die Segel ein Maximum, so wird die querschiffs gerichtete Componente ein Minimum und damit die Abtrift des Schiffes nach Lee ebenfalls ein Minimum. Da ferner der Widerstand des Wassers in der Richtung des Kiels, wegen der scharfen Form des Schiffes in Verbindung mit der geringeren Flächenausdehnung des grössten der zum Kiel senkrechten Querschnitte bedeutend kleiner ist, als der Widerstand des Wassers gegen die querschiffs gerichtete Componente des Winddruckes auf die Segel, so wird die Geschwindigkeit des Schiffes in der Richtung des Kiels wesentlich grösser ausfallen als in der Richtung senkrecht zum Kiel, derart, dass die Resultante aus beiden Bewegungen nach Grösse und Richtung nicht weit von der Bewegung in der Richtung des Kiels abweichen wird.

Abtrift.

Nachdem die beiden Geschwindigkeiten in der Richtung des Kiels und senkrecht zu demselben gleichförmig geworden sind, werden die Horizontalcomponenten des Wasserwiderstandes den resp. Horizontalcomponenten des Winddruckes auf die Segel gleich sein, sodass zwei Kräftepaare vorhanden sind, von denen das eine den Schiffskörper um eine Querachse bis zu einem solchen Winkel drehen wird, dass Gleichgewicht mit dem Stabilitätsmomente um jene Achse vorhanden ist, während das zweite Paar das Schiff um eine längsschiffs gerichtete Achse bis zu einem solchen Winkel dreht, dass Gleichgewicht mit dem Stabilitätsmoment um die Längsachse vorhanden ist. Das Stabilitätsmoment um die Längsachse ist indessen bedeutend kleiner als dasjenige um die Querachse; folglich wird selbst in dem Falle, dass die Querschiffscomponente des Winddruckes kleiner ist als die Längsschiffscomponente, der Winkel, um welchen eine Drehung um die Längsachse stattfindet, grösser ausfallen als der Winkel, um den das Schiff sich um die Querachse dreht, derart, dass der resultirende Neigungswinkel nicht wesentlich von demjenigen um die Längsachse abweichen wird und die zugehörige Achse, um welche die resultirende Drehung erfolgt, nahezu die Querachse sein wird.

Kräftepaar aus
Winddruck und
Wasser-
widerstand.

Für die Querschiffscomponente des Winddruckes haben wir oben den Werth $k \cdot S \cdot \sin^2 \gamma \cos \delta$ gefunden, in welcher Formel k den der scheinbaren Windgeschwindigkeit von 12 Knoten entsprechenden Druck von 4,67 Kilo pro Quadratmeter, S den Inhalt der vollen Segel bedeutet, während γ der Winkel der scheinbaren Windrichtung mit der Segelfläche und δ der Winkel der letzteren mit der Kielrichtung ist. Für die Bemessung der Grösse S im Verhältniss zur Stabilität des Schiffes um die Längsachse nimmt man an, dass in

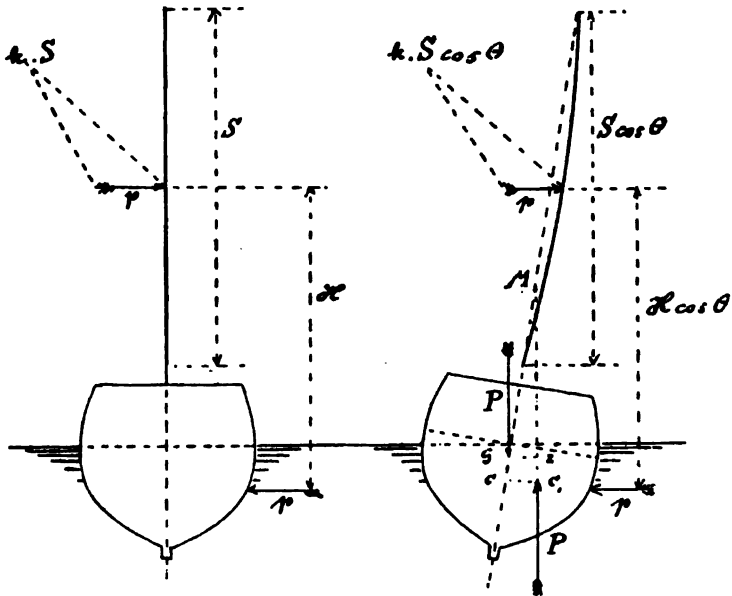
$$k \cdot S \sin^2 \gamma \cos \delta$$

$\sin^2 \gamma \cdot \cos \delta$ seinen grösstmöglichen, nämlich den Werth 1 besitze; dies findet statt, wenn gleichzeitig $\delta = 0$ und $\gamma = 90^\circ$ ist, oder dass die Gesamtsegelfläche S mit der Kielrichtung den Winkel Null bilde resp. in die Ebene der Masten gebrasst sei, während die Richtung des Windes zur

Das
Segelmoment.

Segelfläche senkrecht steht. Alsdann ist bei aufrechter Position des Schiffes der im Schwerpunkte der Segelfläche angreifende Druck $k \cdot S$. Bezeichnet man ferner die Entfernung des Schwerpunktes der Segelfläche vom Angriffspunkte des Wasserwiderstandes, entsprechend der Fig. 91, mit H , deren Berechnung weiter unten erläutert ist, — so ist H der Hebelsarm des aus Winddruck und Wasserwiderstand gebildeten Kräftepaars für die aufrechte Schiffslage oder das Segelmoment für diese Schiffslage.

Fig. 91.



Unter seiner Einwirkung nimmt der Schiffskörper die Neigung um die Längsachse um den Winkel θ an. Bei der um θ geneigten Lage wird indessen der Querschnitt des auf die Segel fallenden Windstroms auf

$$S \cos \theta$$

und die Entfernung des Schwerpunktes der Segel vom Angriffspunkte des Wasserwiderstandes auf die Grösse

$$H \cos \theta$$

reducirt. Mithin wird der Werth des Segelmoments in dem Augenblick, wo das Schiff den Neigungswinkel θ angenommen hat, nur noch sein:

$$k \cdot S \cdot H \cos^2 \theta,$$

welchem Werthe durch das Stabilitätsmoment beim Neigungswinkel θ , also durch $P(r - a) \sin \theta$ das Gleichgewicht gehalten wird. Da in dem Ausdruck für das Segelmoment, k Kilogrammes pro Quadratmeter be-

deutet, so ist derselbe noch mit 1000 zu dividiren, um dem in Metertonnen ausgedrückten Stabilitätsmoment gleich gesetzt werden zu können und die, die Beziehungen zwischen Segelmoment und Stabilitätsmoment enthaltende Gleichung wird:

$$\frac{k}{1000} \cdot S \cdot H \cdot \cos^2 \theta = P(r - a) \sin \theta$$

oder indem wir statt $\frac{k}{1000}$, k_1 setzen:

$$k_1 \cdot S \cdot H \cdot \cos^2 \theta = P(r - a) \sin \theta.$$

Aus dieser Gleichung folgt für das Verhältniss $\frac{P(r - a)}{S \cdot H}$

$$\frac{P(r - a)}{S \cdot H} = \frac{k_1 \cos^2 \theta}{\sin \theta} = k_1 \cotg \theta \cdot \cos \theta.$$

Setzt man demnächst fest, welche Grenze der Winkel θ beim am Winde segeln nicht überschreiten soll, dass derselbe, z. B. wie dies für Fregatten und Corvetten üblich ist, nicht grösser als 5° werden darf, so ist damit der Werth $k_1 \cdot \cotg \theta \cos \theta$ und damit das Verhältniss

$$\frac{P(r - a)}{S \cdot H}$$

gegeben; bezeichnen wir dieses mit C , so ergibt sich

$$S \cdot H = \frac{P(r - a)}{C},$$

d. h. die Grösse des Segelmoments ist gegeben, sobald von dem Schiffe das Gewicht und die metacentrische Höhe gegeben sind und behufs Bestimmung von C die Windstärke 6 vorausgesetzt und der Maximalneigungswinkel beim Segeln am Winde seiner Grösse nach als bekannt angenommen wird.

Das Segelmoment $S \cdot H$ kann seinerseits mit einem grossen Flächeninhalte der Segel, verbunden mit einer geringen Höhe von dessen Schwerpunkt oder auch mittelst eines geringeren Flächeninhalts der Segel in Verbindung mit einer grossen Höhe des Schwerpunktes über Wasser resp. oberhalb des Angriffspunktes des Wasserwiderstandes erreicht werden. Wählt man einen der beiden Factoren, so ist dadurch der andere gegeben. Selbstverständlich wählt man den Flächeninhalt der Segel, also S so gross, wie irgend mit den anderen Verhältnissen vereinbar ist, um eine möglichst grosse treibende Kraft und daher grosse Geschwindigkeit des Schiffes zu erlangen.

Da die Geschwindigkeit des Schiffes in der Richtung des Kiels um so grösser ausfällt, je kleiner der Flächeninhalt des Hauptspants ist, weil bei guten Schiffformen und den unter Segel in Betracht kommenden Geschwindigkeiten der Widerstand des Wassers in der Richtung des Kiels nahezu mit dem Flächeninhalte des Hauptspants proportional ist, so normirt man die Segelfläche nach diesem und nimmt pro Quadratmeter Flächeninhalt des Hauptspants für Clipper 40—45, für Segelkutter und Yachten 50—70, für Panzer-

schiffe, mit Rücksicht auf ihr Dampfvermögen, 18—25 Quadratmeter Segelfläche. Setzt man den erhaltenen Werth von S demnächst in die Gleichung

$$S \cdot H = \frac{P(r - a)}{C}$$

ein, so erhält man:

$$H = \frac{P(r - a)}{S \cdot C}.$$

Um nunmehr die für ein Schiff erforderliche Segelfläche S mit Hilfe der Masten, Rundhölzer, stehendem und laufendem Gut in solcher Weise auf dem Schiffe anzubringen, dass der Schwerpunkt die richtige Höhenlage oberhalb des Angriffspunktes des Wasserwiderstandes hat, pflegt man mit der Zahl der Masten selten über drei zu gehen, es müsste denn die Unmöglichkeit vorliegen, entweder den verlangten Flächeninhalt überhaupt auf drei Masten unterzubringen oder, wenn dies allerdings möglich, den Schwerpunkt tief genug zu bringen, da die Vertheilung der Segelfläche auf mehrere Masten gleichbedeutend mit einem tiefer Legen des Segelschwerpunktes ist. —

Lage des
Schwerpunktes
der Segel der
Länge nach.

Bei der Anordnung der Segel in der Längsschiffsrichtung ist es indessen nicht gleichgültig, wo der Segelschwerpunkt als Substitut für den Angriffspunkt des vom Winde hervorgebrachten Druckes liegt. Das aus Winddruck und Wasserwiderstand bestehende Paar kann den Schiffskörper eventuell auch um eine vertikal stehende Achse drehen, nämlich dann, wenn der Hebelsarm dieses Paares nicht den Werth Null hat, sondern auf irgend eine Weise einen gewissen Werth bekommt. Angenommen, ein Schiff bewege sich unter Segel am Winde so, dass der Schiffsschwerpunkt eine gradlinige Bahn beschreibt, so wirken die horizontalen Componenten von Winddruck und Wasserdruck in einer vertikalen Ebene und es ist keine Veranlassung zu einer Drehung des Schiffes um eine vertikale Achse vorhanden. Frischt alsdann der Wind auf, so ist die nächste Folge auf das Schiff, dass dasselbe eine grössere Neigung um die Längsachse annimmt, dadurch geräth der Angriffspunkt des Winddrucks in Lee vom Angriffspunkt des Wasserdrucks, das betreffende Paar erlangt einen Hebelsarm und die Drehung des Schiffes besteht darin, dass es in den Wind schiesst. Umgekehrt, flaut der Wind ab, so wird das Schiff sich entsprechend aufrichten, der Angriffspunkt des Winddrucks geräth auf die Luvseite der Ebene, in welcher er vorher lag und erhält einen Hebelsarm nach der Luvseite, so dass die Drehung des Schiffes im Abfallen desselben vom Winde besteht. Beide Bewegungen werden so lange andauern, bis durch entsprechende Drehung des Ruders der Angriffspunkt des Wasserdrucks wieder in dieselbe Ebene gebracht ist, in der nunmehr der Winddruck angreift. Vorstehendes findet ohne Rücksicht auf die Lage der Angriffspunkte von Wind und Wasserdruck längsschiffs statt. Denkt man sich indessen sowohl den Winddruck als auch den Wasserdruck in je eine Längsschiffs- und eine Querschiffscomponente zerlegt, so bilden die beiden Längsschiffscomponenten für sich allein ein Paar, dessen drehende Wirkung um eine vertikale Achse wenigstens in dem Falle

vernachlässigt werden kann, dass das Schiff scharf am Winde segelt, während die beiden Querschiffscomponenten ein Paar bilden, welches schon von vorn herein einen Hebelsarm auf Drehung um eine vertikale Achse besitzt, wenn der Segelschwerpunkt nicht in derselben vertikalen Ebene liegt, wie der Angriffspunkt des Wasserwiderstandes querschiffs. Als Angriffspunkt der Querschiffscomponente des Wasserwiderstandes kann man, in Ermangelung genauerer Daten, den Schwerpunkt des benetzten Theiles der Symmetrieebene inclusive Ruder nehmen, derart, dass derselbe um so weiter nach hinten fällt, je steuerlastiger das Schiff gestaut wird oder je mehr die Uebergangsstelle zwischen Kiel und Vorderstegen unter Fortnahme von Material abgerundet wird. Liegt nun der Segelschwerpunkt hinter dem Flächenschwerpunkt des benetzten Theiles der Symmetrieebene, so bilden die seitlichen Componenten aus Wind und Wasserdruck von vornherein ein anluvendes Paar; findet das umgekehrte statt, so bilden sie ein auf Abfallen wirkendes Paar. Da das erstere im Allgemeinen das wünschenswerthere, weil für Fahrzeuge mit geringer Stabilität das sicherere ist, so wäre es nothwendig, den Schwerpunkt der Segel stets etwas hinter den Schwerpunkt des benetzten Theiles der Symmetrieebene zu legen, ein Verfahren, welches jedoch nur bei kleineren Fahrzeugen z. B. Segelbooten ohne Deck innegehalten wird. Bei grössern Schiffen liegt der Segelschwerpunkt immer etwas vor dem Flächenschwerpunkt der Symmetrieebene und zwar um so weiter vor, je voller die Wasserlinien des betreffenden Schiffes im Bug sind, woraus folgt, dass der wirkliche Angriffspunkt des seitlich gerichteten Wasserdrucks um so weiter nach vorn liegt, je voller der Bug des Schiffes ist.

Was die Bestimmung des numerischen Werthes für die Entfernung des Schwerpunktes der Segel von der Ebene des hinteren Perpendikels oder einer anderen am Schiff als fest angenommenen Querebene betrifft, so bedarf es dazu nur der Bildung des Quotienten aus der Summe der Momente der einzelnen Segel mit Bezug auf jene als fest angenommene Querebene und der Summe der Flächeninhalte der einzelnen Segel. Bezeichnet man die Flächeninhalte der einzelnen Segel mit $s_1, s_2, s_3, s_4, \dots$ und die Entfernungen ihrer Schwerpunkte von der Ebene des hinteren Perpendikels mit $e_1, e_2, e_3, e_4, \dots$, so ergibt sich die Entfernung des Schwerpunktes der Gesamtsegelfläche von derselben Ebene zu:

$$\frac{s_1 \cdot e_1 + s_2 \cdot e_2 + s_3 \cdot e_3 + s_4 \cdot e_4 \dots}{s_0 + s_1 + s_2 + s_3 + s_4 \dots}$$

Sind ausserdem h_1, h_2, h_3, \dots die Entfernungen der Schwerpunkte der einzelnen Segel von der normalen oberen Wasserlinie, so ist

$$\frac{h_1 \cdot s_1 + h_2 \cdot s_2 + h_3 \cdot s_3 \dots}{s_1 + s_2 + s_3 \dots}$$

die Entfernung des Schwerpunktes der Segel über Wasser.

Nachdem man über den Gesamtflächeninhalt der Segel und die Lage des Schwerpunktes der Gesamtsegelfläche verfügt, wird der eigent-

Bestimmung der
Lage des
Schwerpunktes
der Segel.

liche Segelriss angefertigt. Zunächst werden einige Skizzen aus freier Hand gemacht, um auch ein ansprechendes Aussehen des Schiffes unter Segel zu erlangen. Nach einigen Versuchen, bei denen man demnächst auch rechnend vorgeht, gelangt man dann sehr bald zu einer Zeichnung, welche den gegebenen Bedingungen entspricht. Hierbei ist noch zu bemerken, dass die Begrenzungen der einzelnen Segel durchweg als geradlinig vorausgesetzt werden, dass also unter anderem die Bram- und Marssegel an der Unterkante nicht als hohl ausgeschnitten angenommen werden.

Probefahrten
unter Segel.

In den vorstehenden Erörterungen sind bezüglich der Wirkung des Windes auf die Segel als vorwärtstreibende Kraft des Schiffes verschiedene Annahmen gemacht, welche zwar allgemein üblich sind, die jedoch auch häufig dazu führen, dass das Schiff bei den Probefahrten unter Segel Mängel aufweist. So ist z. B. der Einfluss des Windes auf den Schiffskörper ausser Acht gelassen; ferner ist angenommen, dass der Druck des Windes für jedes Quadratmeter Segelfläche, einerlei wo dasselbe liegt, überall gleich gross sei. Besonders letztere Annahme weicht von dem wirklichen Vorgang wesentlich ab, wie man beim Segeln am Winde zu beobachten Gelegenheit hat, wo sich zeigt, dass der Druck auf der Luvseite des Segels, wo der Wind einfällt, bedeutend grösser ist, als an der am meisten in Lee befindlichen Kante des Segels, wo der Wind fast parallel zur Segelfläche das Segel wieder verlässt, derart, dass die Wirkung eher mit derjenigen eines Schraubenflügels als mit der einer Schaufel des Schaufelrades zu vergleichen ist.

Ergeben demnach die Probefahrten, dass ein Schiff zu luvgerig ist, so folgt daraus, dass die Lage des Angriffspunktes der seitlichen Componente des Wasserdrucks zu weit nach vorn angenommen ist. Dem Uebelstande ist dadurch abzuhelpen, dass man diesen Punkt durch eine grössere Steuerlastigkeit weiter nach hinten oder den Schwerpunkt der Segel weiter nach vorn bringt. Ist das Schiff unter Segel dagegen zu wenig luvgerig, so corrigirt man diesen Fehler durch das umgekehrte Verfahren.

Ergiebt sich ferner, dass der Neigungswinkel um die Längsachse beim Segeln am Winde grösser ausfällt als erwartet wurde, so hat dies seinen Grund darin, dass entweder das Segelmoment zu gross oder das Stabilitätsmoment zu klein ist. Um mit Bezug auf diesen Fall eine Uebersicht darüber zu erlangen, in welcher Weise man am besten Remedur schafft, gehen wir auf die Gleichung zwischen Stabilitätsmoment und Segelmoment zurück, welche lautet

$$P(r - a) \sin \theta = k S H \cdot \cos^2 \theta$$

und setzen in derselben statt $\cos^2 \theta$, $\cos \theta$, was insofern gestattet ist, als θ stets ein kleiner Winkel sein wird. Dann wird das Verhältniss

$$I. \quad \frac{P(r - a)}{k S \cdot H} = \cotg \theta.$$

Ist alsdann unserer Voraussetzung gemäss θ ein zu grosser Winkel und θ_1 derjenige Winkel, der für das Schiff zulässig ist, so würde man,

wenn das Deplacement des Schiffes und dessen metacentrische Höhe nicht geändert werden können, das Segelmoment auf eine solche Grösse $k \cdot S_1 \cdot H_1$ zu reduciren haben, dass die Gleichung

$$\text{II.} \quad \frac{P(r-a)}{k \cdot S_1 \cdot H_1} = \cotg \theta_1 \text{ entsteht.}$$

Durch Division von I durch II erhält man die neue Gleichung

$$\frac{S_1 H_1}{S H} = \frac{\cotg \theta}{\cotg \theta_1}, \quad \text{folglich}$$

$$S_1 \cdot H_1 = S \cdot H \cdot \frac{\cotg \theta}{\cotg \theta_1}.$$

Soll dabei mit Rücksicht auf die nicht zu vermindernde Geschwindigkeit des Schiffes unter Segel der ursprüngliche Flächeninhalt der letzteren beibehalten werden, so ergibt sich

$$H_1 = H \cdot \frac{\cotg \theta}{\cotg \theta_1},$$

d. h. der Segelschwerpunkt würde um die Distanz

$$H - H_1$$

oder um

$$H \left(1 - \frac{\cotg \theta}{\cotg \theta_1} \right)$$

d. h. um die Strecke:

$$H \cdot \frac{\sin(\theta - \theta_1)}{\sin \theta \cos \theta_1}$$

niedriger zu bringen sein.

Bezeichnen wir zu dem Ende den Flächeninhalt an Segelfläche, welche in einer höhern Region des Segelrisses fortgenommen und in einer tiefer gelegenen Region wieder hinzugefügt werden muss, mit s und die Entfernung der beiden Schwerpunktslagen von s der Höhe nach mit x , so haben wir

$$s \cdot x = S \cdot (H - H_1)$$

$$= S \cdot H \left(\frac{\sin(\theta - \theta_1)}{\sin \theta \cos \theta_1} \right).$$

Will ich dagegen einen kleineren Neigungswinkel unter Segel erzielen, ohne am Segelriss etwas zu ändern, so kann dies, wenn gleichzeitig das Deplacement des Schiffes ungeändert bleiben soll, nur dadurch geschehen, dass der Schwerpunkt des Schiffes tiefer gelegt wird oder die metacentrische Höhe des Schiffes vergrössert wird. Bezeichnen wir die neue metacentrische Höhe mit $r - a_1$, wo also $a_1 < a$ derart, dass

$$a - a_1 = \Delta a \quad \text{oder}$$

$$a_1 = a - \Delta a$$

ist, so erhalten wir durch Division der beiden Ausdrücke für $\cotg \theta$ und $\cotg \theta_1$ folgenden Quotienten

$$\frac{r-a}{r-(a-\Delta a)} = \frac{\cotg \theta}{\cotg \theta_1}$$

und hieraus

$$\Delta a = (r-a) \frac{\sin(\theta - \theta_1)}{\sin \theta \cos \theta_1}$$

d. h. um diese Distanz würde der Schwerpunkt des Schiffes niedriger gebracht werden müssen, wenn das Schiff statt des zu grossen Winkels θ den passend erscheinenden kleineren Winkel θ_1 unter Drehung um die Längsachse annehmen soll. Zu dem Ende möge ein Gewicht von p Tonnen um die Entfernung x von oben nach unten transportirt werden, so liefert die Gleichung

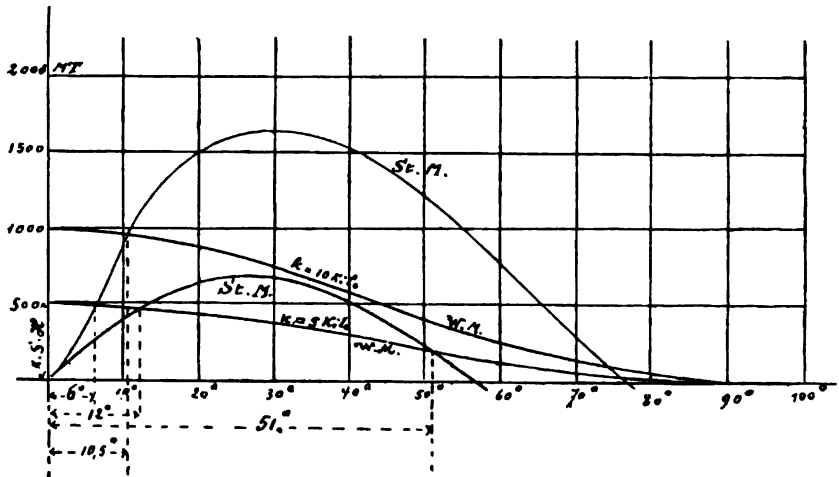
$$p \cdot x = P (r - a) \frac{\sin \theta - \theta_1}{\sin \theta \cos \theta_1}$$

bei gegebenem p die Grösse x .

Stabilitätsmoment und Segelmoment für andere Windstärken als die für die vollen Segel.

Ist eine grössere Windstärke als die bei einer Windgeschwindigkeit von 12 Knoten pro Stunde vorhanden, so erhält man das entsprechende Segelmoment, indem man in dem Ausdruck für dasselbe, statt $k = 4,67$ oder rund 5 Kilo, denjenigen Druck einsetzt, welcher der höheren

Fig. 92.



Windgeschwindigkeit entspricht. Die Form der Gleichung zwischen Stabilitätsmoment und Segelmoment wird dadurch nicht geändert. Da jedoch ein grösserer Neigungswinkel, der eventuell nicht mehr als sehr klein betrachtet werden kann, die Folge sein wird, so pflegt man diesen letzteren auf graphische Weise zu bestimmen. Zu dem Ende zeichnet man unter Benutzung desselben Coordinatensystems, welches für die Darstellung des Stabilitätsdiagramms gedient hat, auch das Segelmomentdiagramm. Fig. 92 stellt eine solche Combination von Stabilitätsdiagrammen und Segelmomentdiagrammen dar. Die Punkte für letztere werden erhalten, indem man die Werthe von $k S \cdot H \cos^2 \theta$ für eine in gleichen Intervallen wachsende Reihe von Winkeln berechnet und als Ordinaten für die verschiedenen Werthe von θ als Abscissen senkrecht zur Basislinie abträgt. Auf diese Weise ergibt sich, dass die Maximalordinate für das Windmomenten-

diagramm dem Werth $\theta = 0$, die Minimalordinate dem Werth $\theta = 90^\circ$ entspricht; ersteres ist daher $k.S.H$ und letzteres Null, während für $\theta = 45^\circ$ das Segelmoment halb so gross ist als das Maximum $k.S.H$ d. h. als derjenige Werth des Segelmoments, welches der aufrechten Stellung des Schiffes entspricht.

Hat man nun für eine Reihe von Windstärken die Windmomentendiagramme und das Stabilitätsmomentendiagramm gezeichnet, so liefern die Schnittpunkte der ersteren mit letzterem solche Punkte, wo Windmoment und Stabilitätsmoment einander gleich sind und die Abscissen dieser Punkte stellen die Neigungswinkel dar, bis zu denen das Schiff sich um die Längsachse drehen wird. In Fig. 92 würde z. B. für ein Schiff, dem die Stabilitätsmomentencurve mit den kleinern Ordinaten angehört, bei einem Windmoment für die aufrechte Stellung von $k.S.H = 500$ Meter-Tonnen ein Neigungswinkel von 12° entsprechen. Wäre in der aufrechten Lage des Schiffes das Windmoment dagegen 1000 Meter-Tonnen, so schneidet die Windmomentencurve die niedrigere Stabilitätscurve überhaupt nicht und ein Windmoment von solcher Grösse wäre für das Schiff demnach unmöglich. Die höhere Windmomentcurve würde dagegen für ein Schiff mit dem höhern Stabilitätsdiagramm geeignet sein, dem sie einen Neigungswinkel von $10\frac{1}{2}^\circ$ ertheilen würde. Aus der Fig. 92 ist ferner ersichtlich, dass die Windmomentcurve die Stabilitätscurve in 2 Punkten schneidet, das kleinere Winddiagramm die niedrigere Stabilitätscurve zum Beispiel auch bei 51° . Würde ein Schiff auf irgend eine Weise, unter anderem durch einen Windstoss über jenen zweiten Schnittpunkt hinaus geneigt werden, so gestattet das Segelmoment demselben ein Wiederaufrichten bis nur zu diesem Winkel. Das Gefährliche einer solchen Situation liegt auf der Hand.

Was eine erhöhte Windstärke zu Wege bringt, kann auch dadurch bewirkt werden, dass ein Schiff über die vollen Segel hinausgehend, mehr Segel setzt als der Windstärke entspricht. Die Aufzeichnung der entsprechenden Diagramme zeigt auch hier, in welchem Maasse alsdann die Stabilität in Anspruch genommen wird.



XIV. Capitel.

Die dynamische Stabilität.

Unter dynamischer Stabilität versteht man die Arbeitsleistung, welche erforderlich ist, um das Schiff von der um den Winkel θ geneigten Lage in die um den Winkel θ_1 geneigte Lage überzuführen. Handelt es sich z. B. darum, ein Schiff von seiner aufrechten Lage aus um die Längsachse um einen Winkel von 10° zu drehen, etwa um einen entsprechenden Theil des Schiffsbodens, behufs Vornehmen dieser oder jener Reparatur über Wasser zu bekommen, — so kann ich dies unter Aufwendung einer kleineren Kraft an einem grösseren Hebelsarm oder einer grösseren Kraft unter Anwendung eines kürzeren Hebelsarms bewirken; die aufgewendete Anzahl Metertonnen an Arbeitseinheiten wird jedoch in beiden Fällen dieselbe sein, und zwar gleich der dynamischen Stabilität von der aufrechten Schiffslage bis zu der um 10° geneigten Schiffslage. Es ist nothwendig, die dynamische Stabilität eines Schiffes berechnen zu können, da eine gewisse Gruppe von Erscheinungen, nämlich die der oscillirenden Bewegungen, nur mit Hilfe der dynamischen Stabilität erklärt werden können.

Als Arbeitseinheit wählen wir die Metertonne und verstehen darunter diejenige Arbeitsleistung, welche erforderlich ist, das Gewicht von einer Tonne um einen Meter in vertikaler Richtung zu heben. Man hat auf diese Weise das Produkt aus dem zu überwindenden Widerstande von einer Tonne und dem Wege, auf dem der Widerstand überwunden wurde, eine Hubhöhe von einem Meter, gebildet. Angenommen, das Schiff habe bereits die Neigung um die Längsachse von θ_n° unter der Einwirkung eines Drehungs-paars von entsprechender Grösse vollbracht, so besitzt dasselbe das Stabilitätsmoment

$$P(r - a) \sin \theta_n \text{ Metertonnen}$$

Momenteinheiten. Um das Schiff unter dem Winkel θ_n geneigt festzuhalten, wird mithin ein Drehmoment von derselben Grösse in Thätigkeit sein müssen. Ich kann dasselbe auffassen als hervorgehend aus der Wirkung von P Tonnen am Hebelsarm von $(r - a) \sin \theta_n$ Meter oder auch aus der Wirkung von $P(r - a) \sin \theta_n$ Tonnen am Hebelsarm von einem Meter. Wir wollen die letztere Vorstellung beibehalten und demnächst annehmen,

der Neigungswinkel θ_n werde um den sehr kleinen Winkel $\Delta \theta$ vergrößert, so wird das Stabilitätsmoment während der Weiterneigung nahezu constant, das heisst gleich der Wirkung von $P(r - a) \sin \theta_n$ Tonnen am Hebelsarm von einem Meter, bleiben. Die Weiterdrehung um $\Delta \theta$ kann ich mir alsdann in der Weise vergegenwärtigen, dass das eine Ende des Hebelsarms von einem Meter fest bleibt; alsdann wird der andere Endpunkt die Bogenlänge $\Delta \theta$ durchlaufen und da ich jene $P(r - a) \sin \theta_n$ Tonnen an demselben Endpunkte wirkend voraussetze, so liefert das Produkt

$$P(r - a) \sin \theta_n \cdot \Delta \theta$$

die beim Uebergange vom Neigungswinkel θ_n zum Neigungswinkel $\theta_n + \Delta \theta$ aufgewendete Arbeit. Denke ich mir ferner das Schiff von dem Winkel $\theta_n + \Delta \theta$ zu dem Winkel $\theta_n + 2 \Delta \theta$ übergehend, so ist dazu die weitere Arbeitsleistung

$$P(r - a) \sin (\theta_n + \Delta \theta) \cdot \Delta \theta$$

zu überwinden, derart, dass beim Uebergang vom Winkel θ_n zum Winkel $\theta_n + 2 \Delta \theta$ die Ausführung einer Arbeitsleistung von

$$P(r - a) \sin \theta_n \cdot \Delta \theta + P(r - a) \sin (\theta_n + 2 \Delta \theta) \cdot \Delta \theta$$

und in derselben Weise beim Uebergang zum Winkel $\theta_n + 3 \Delta \theta$ die Arbeitsleistung

$$P(r - a) \sin \theta_n \cdot \Delta \theta + P(r - a) \sin (\theta_n + 2 \Delta \theta) \Delta \theta + P(r - a) \sin (\theta_n + 3 \Delta \theta) \Delta \theta$$

aufzuwenden sein würde.

Befindet sich das Schiff in aufrechter Position, so ist $\theta_n = 0$; soll ferner der Endwinkel, bis zu dem ich die dynamische Stabilität ermitteln will, $m \cdot \Delta \theta$ betragen, so führt das vorstehende Verfahren zu folgendem Ausdruck für die dynamische Stabilität:

$$P(r - a) \sin 0 \cdot \Delta \theta + P(r - a) \sin \Delta \theta \cdot \Delta \theta + P(r - a) \sin 2 \Delta \theta \cdot \Delta \theta \dots + P(r - a) \sin m \Delta \theta \cdot \Delta \theta.$$

Nimmt man bei der Ableitung des Ausdrucks für die dynamische Stabilität das Stabilitätsdiagramm zu Hilfe, so erkennt man, dass der Werth

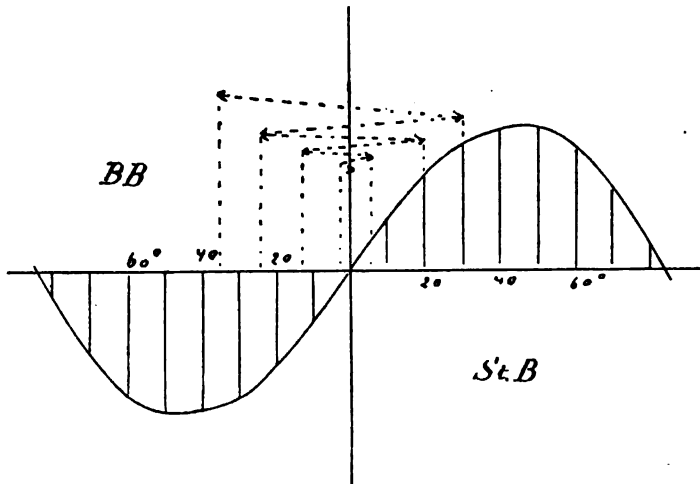
$$P(r - a) \sin \theta_n \cdot \Delta \theta$$

Bestimmung der dynamischen Stabilität mit Hilfe der Stab.-Mom.-Curve.

als Flächeninhalt eines Rechtecks, dessen eine Seite gleich $P(r - a) \sin \theta_n$ und dessen andere Seite gleich $\Delta \theta$ ist, ein Flächenelement der von der Stabilitätsmomentencurve umschlossenen Figur ist, und dass es mithin zur Berechnung der dynamischen Stabilität beim Uebergange des Schiffes von der Neigung θ bis zur Neigung θ_1 nur der Bestimmung des Theiles des Flächeninhalts der Stabilitätsmomentencurve bedarf, dessen Endordinaten durch die Abscissen θ und θ_1 bestimmt sind. Wird das Schiff von der aufrechten Stellung aus geneigt, so ist die Anfangsabszisse, also auch die Anfangsordinate Null und der Flächeninhalt der Stabilitätsmomentencurve würde vom Koordinatenanfang bis zu der dem Neigungswinkel entsprechenden Ordinate zu berechnen sein.

Fig. 93 stellt die Stabilitätsmomentencurve eines Schiffes für Neigungswinkel nach Steuerbord oberhalb der Abscissenachse und für Winkel nach Backbord unterhalb der Abscissenachse gezeichnet dar. Angenommen, das Schiff sei, wie in der Figur angedeutet, bis zu einem Winkel von 35° nach Backbord geneigt und werde von diesem Winkel aus losgelassen, so wird dasselbe wegen des beträchtlichen, bei diesem Winkel vorhandenen Stabilitätsmoments sich wieder aufrichten, d. h. nach der Gleichgewichtslage hin schwingen. Während dieser schwingenden Bewegung nach der aufrechten Position hin leistet das nach und nach abnehmende Stabilitätsmoment eine Arbeit, welche gleich ist dem Stück der Stabilitätsmomentencurve zwischen der Abscissenachse, der Ordinate bei 35° und der Curve selbst. Diese Arbeitsleistung wird zum Theil zur Ueberwindung der Widerstände, die

Fig. 93.



das Schiff beim Durchschwingen des Winkels von 35° auf Backbord bis zur aufrechten Position erleidet, verbraucht, zum Theil dazu verwendet, dem Schiff eine beschleunigte schwingende Bewegung zu ertheilen, d. h. eine gewisse lebendige Kraft in ihm anzusammeln. Letztere ist in dem Augenblicke, in dem es in der aufrechten Lage ankommt, am grössten; das Schiff wird daher dort nicht zur Ruhe kommen, sondern nach Steuerbord weiter schwingen und nunmehr gegen ein continuirlich wachsendes Stabilitätsmoment anzuarbeiten haben. Es ist klar, dass in dem Falle, in welchem das Schiff keine Widerstände zu überwinden hätte, die Bewegung nach Steuerbord ebenfalls bis zu einem Winkel von 35° erfolgen würde, da die dynamische Stabilität bis zu diesem Winkel die bei der Schwingung auf der anderen Seite der Gleichgewichtslage aufgesammelte lebendige Kraft gerade aufgebraucht haben wird. Es würde sich demnächst das Spiel von

dem Neigungswinkel 35° auf Steuerbord aus wiederholen und bei nicht vorhandenem Widerstande in's Unendliche fortsetzen. In Wirklichkeit wird ein Schiff von einem Winkel nach Backbord von 35° ausgehend nach Steuerbord keinen so grossen Winkel mehr erreichen, sondern womöglich nur bis 30° schwingen. Die Differenz der Flächeninhalte der entsprechenden Theile der Stabilitätsmomentencurve, auf Backbord also bis zur Abscisse 35° , auf Steuerbord bis zu 30° , ist alsdann zur Ueberwindung der Widerstände verbraucht, während das Schiff den Winkel von $35^\circ + 30^\circ$ durchschwungen hat. Vom Winkel 30° nach Steuerbord richtet sich das Schiff wieder auf und gelangt bis zu 25° nach Backbord. In der Differenz der entsprechenden Flächeninhalte der Stabilitätsmomentencurve erhalte ich demnächst wieder die nunmehr beim Durchschwingen des Winkels von $30^\circ + 25^\circ$ überwundenen Widerstände. Auf diese Weise werden also die Schwingungsbogen, welche das Schiff nach und nach durchschwingt, kleiner und kleiner, so dass dasselbe schliesslich zur Ruhe kommen wird.

Der im Vorstehenden geschilderte Vorgang wird durch den sogenannten Schlingerversuch practisch dargestellt. Derselbe hat den Zweck, mit Hilfe der Stabilitätsmomentencurve die Widerstände zu bestimmen, die das Schiff beim Schlingern erleidet, um zu constatiren, ob dieselben für die Sicherheit des Schiffes gross genug sind oder ob sie derart sind, dass dem Schiff dadurch solche Bewegungen eigenthümlich werden, bei denen es seine Artillerie mit Erfolg gebrauchen kann. Bei der Anstellung des Schlingerversuchs wird das Schiff dadurch in Oscillationen versetzt, dass man einen Theil der Mannschaft in einem gewissen Tempo von der einen Bordseite zur anderen übertreten lässt und dies so lange wiederholt, bis das Schiff nach Steuerbord und Backbord gleiche Winkel beschreibt. Von diesem Moment an wird ein Fortsetzen des Manoeuvres von keiner Vergrösserung des Neigungswinkels mehr begleitet sein, da die Arbeitsleistung des Drehungspaares, welches durch das hin und her laufen der Leute hervorgebracht wird, dann gleich der Arbeitsleistung der Widerstände ist. Man lässt die Leute daher stillstehen und beobachtet demnächst die Grösse des grössten Neigungswinkels und die Abnahme der Neigungswinkel unter gleichzeitiger Constatirung der Anzahl Oscillationen pro Minute.

Sind die Widerstände beim Schlingern eines Schiffes nicht gross genug, so werden die auf dasselbe einwirkenden, etwa im Seegange auftretenden Drehungspaare den Verlust an Schwingungsweite womöglich ersetzen oder gar übertreffen. Wiederholt sich die Einwirkung solcher Drehungspaare in regelmässigen Intervallen, so liegt die Möglichkeit vor, dass die Neigungswinkel statt abzunehmen, grösser werden und eventuell über die zulässige Grenze hinauswachsen und das Schiff zum Kentern bringen.

Auch in See wird häufig ein Schlingern nach Steuerbord und Backbord um gleiche Winkel beobachtet. Es ist dies gleichbedeutend damit, dass dem Schiff innerhalb einer ganzen Schwingung von Steuerbord nach

Der Schlingerversuch.

Constante Schwingungen in See.

Backbord gerade soviel lebendige Kraft ertheilt wird, als es beim Schlingern in ruhigem Wasser nach der einen Seite hin an lebendiger Kraft oder dynamischer Stabilität durch Ueberwindung der Widerstände einbüßen würde. Solche Vorkommnisse sind für den Constructeur besonders werthvoll und sollten die näheren Umstände, unter denen sie eintreten, jedesmal so sorgfältig wie möglich registriert werden. Dazu gehört in erster Linie die genaue Beobachtung der Schwingungsweite des Schiffes und die Zeitdauer der Schwingung; ferner die Beschreibung des Seeganges nach Höhe, Länge und Richtung der Wellen, ausserdem die Richtung und Stärke des herrschenden Windes.

Beim Schlingerversuch wird ausser der Grösse der Neigungswinkel nach Steuerbord und Backbord auch die Zeitdauer beobachtet, während welcher die aufeinander folgenden Schwingungen erfolgen; je geringer die Zeitdauer einer Schwingung oder je grösser die Anzahl Schwingungen in der Zeiteinheit ist, um so grösser wird die mittlere Winkelgeschwindigkeit des Schiffes um eine gewisse Drehachse sein und um so schwieriger wird ein sicheres Abkommen beim Schiessen mit den Geschützen, welche die schwingende Bewegung des Schiffes mitmachen. Da die Winkelgeschwindigkeit eines drehenden Körpers in der Entfernung der Einheit von der Drehachse gleich der linearen Geschwindigkeit normal zum Radius ist, so wird die lineare Geschwindigkeit normal zum Radius an einer Stelle, welche doppelt so weit von der Drehachse gelegen ist, doppelt so gross an einer Stelle, welche die Entfernung r von der Drehachse hat, r mal so gross sein, als in der Entfernung der Einheit. Hieraus folgt, dass die näher an der Drehachse des Schiffes befindlichen Geschütze das bessere Abkommen zeigen werden, dass mithin die Treffsicherheit von im Mars aufgestellten Kanonen eine relativ geringe sein wird.

Mittel zur Vergrösserung der Schwingungsdauer.

Handelt es sich darum, die Oscillationsdauer zu vergrössern oder die mittlere Geschwindigkeit der drehenden Bewegung des Schiffes um die Längsachse zu verringern, so verfügt man über drei wesentlich von einander verschiedene Methoden. Wie bei einer geradlinigen Bewegung die Geschwindigkeit bei gleicher vorwärtstreibender Kraft von dem grösseren oder geringeren Widerstande, den das Schiff im Wasser erfährt, abhängig ist, so wird auch die Geschwindigkeit der drehenden Bewegung bei gleichbleibendem Stabilitätsmoment für die verschiedenen Neigungswinkel oder besser, für dieselbe dynamische Stabilität, durch die Einführung grösserer Widerstände gegen die drehende Bewegung, verringert werden können. In der Praxis bedient man sich in einem solchen Falle der Seiten oder der Schlingerkiele. Dieselben werden möglichst weit von der Drehachse des Schiffes, d. h. also von der Keilkante der auf- und eintauchenden Keilstücke, angebracht, um dem durch sie geschaffenen Widerstand einen möglichst langen Hebelsarm zu geben. Die geeignetste Stelle für Kimmkiele wird daher bei flachbodigen Schiffen die Kimm sein. Selbstverständlich hat das Unterbringen eines

Schlingerkiele.

weiteren Loskiels unter dem eigentlichen Kiel denselben Erfolg und verdient letzteres in dem Falle den Vorzug, wenn es auf eine entsprechende Tiefgangsvergrößerung nicht ankommt und bei der Anbringung von Kimmkielen eine zu beträchtliche Vergrößerung des Widerstandes in der Längsrichtung zu erwarten ist. — Ferner wird die gradlinige Geschwindigkeit eines Schiffes kleiner, wenn die auf Vorwärtsgang wirkende Kraft kleiner wird. Die analoge Grösse bei der drehenden Bewegung wird die Ordinate der Stabilitätsmomentencurve oder die verschiedenen Werthe der Stabilitätsmomente in den entsprechenden Phasen der oscillirenden Bewegung sein, d. h. wenn man dem Schiffe eine geringere metacentrische Höhe und damit eine flacher vorlaufende Stabilitätsmomentencurve ertheilt, so wird dadurch ebenfalls die Schwingungsdauer des Schiffes vergrössert.

Flachere Stabilitätscurve.

Zur Erklärung der dritten Methode, die Schwingungsdauer eines Schiffes zu vergrössern, nehmen wir ebenfalls die Stabilitätsmomentencurve als gegeben an und setzen voraus, dass keine Widerstände bei der schwingenden Bewegung des Schiffes vorhanden seien. Ueberlässt man das Schiff alsdann, von einem Winkel θ auf Backbord aus, sich selbst, so wird die ganze dynamische Stabilität vom Winkel θ bis zur aufrechten Lage des Schiffes in letzterem als lebendige Kraft oder kinetische Energie angesammelt. Bei der geradlinigen Bewegung eines Körpers von der Masse M und der Geschwindigkeit v wird die lebendige Kraft ausgedrückt durch die Formel

$$\frac{M \cdot v^2}{2}.$$

Bei einem sich mit der Winkelgeschwindigkeit w drehenden Körper haben die verschiedenen Massenelemente desselben von der Drehachse verschiedene Entfernungen und folglich verschiedene lineare Geschwindigkeiten normal zu ihrer Verbindungslinie mit der Drehachse. Bezeichnen wir die Massenelemente mit m und ihre Entfernungen von der Drehachse mit r , so wird die lineare Geschwindigkeit von m normal zu r gleich $r \cdot w$ und die lebendige Kraft von m in Folge der drehenden Bewegung $m \cdot r^2 \frac{w^2}{2}$ sein. Die ganze lebendige Kraft ergibt sich daher zu

Grösseres Trägheitsmoment des Schiffes.

$$\Sigma m r^2 \frac{w^2}{2}$$

und wir haben daher die Gleichung

$$\text{Dyn. Stabilität} = \Sigma m r^2 \frac{w^2}{2}.$$

Hierin stellt die linke Seite für einen gegebenen Neigungswinkel eine constante Grösse oder Anzahl von Metertonnen dar; die rechte Seite kann dagegen als aus zwei Factoren bestehend aufgefasst werden, deren einer das halbe Quadrat der Winkelgeschwindigkeit ist. Soll daher die Winkelgeschwindigkeit wegen der zu vergrössernden Schwingungsdauer kleiner werden, so muss der andere Factor

oder $\Sigma m r^2$ grösser gemacht werden. Dies geschieht, indem man die Massenelemente des Schiffes möglichst weit von der Drehachse entfernt. Der Ausdruck $\Sigma m r^2$ wird das Trägheitsmoment des Schiffes für seine Längsachse genannt; man pflegt dasselbe auch durch das Symbol $M k^2$ zu bezeichnen, welcher Ausdruck so aufzufassen ist, dass man sich die Masse des Schiffes ringförmig um die Drehachse des Schiffes und zwar in der Entfernung k angebracht denkt. Alsdann würde diese Masse unter dem Einflusse desselben Quantum an dynamischer Stabilität dieselbe Winkelgeschwindigkeit annehmen, wie das Schiff und in derselben Weise hin und her oscilliren. Eine Vergrößerung des Trägheitsmomentes des Schiffes unter Beibehaltung von dessen Masse M würde dann auf eine Vergrößerung von k hinauslaufen. Die Grösse k wird übrigens der Trägheitsradius des Schiffes genannt. Man bestimmt dieselbe ebenfalls mit Hilfe des Schlinger- versuchs und zwar durch Beobachtung der Schwingungsdauer, mit welcher der Trägheitsradius auf die im folgenden erläuterte Weise im Zusammen- hang steht. Die Schwingungsdauer eines Pendels von der Masse M und der Länge l , die Masse am Endpunkte von l concentrirt gedacht, ist:

Der Trägheits-
radius des
Schiffes.

Die
Schwingungs-
dauer.

$$T = \pi \cdot \sqrt{\frac{M l^2}{P \cdot l}},$$

worin $M \cdot l^2$ das Trägheitsmoment des Pendels mit Bezug auf seinen Aufhängepunkt und P das Gewicht des Pendels ist. Da nun ein Schiff beim Oscilliren ohne Widerstand im Wasser als ein materielles Pendel vom Gewichte P , der Länge $r - a$ und der Masse M aufgefasst werden kann, so wird dessen Schwingungsdauer sein:

$$\text{I. } T = \pi \sqrt{\frac{M k^2}{P (r - a)}}$$

Zwischen der Masse M und dem Gewicht eines Körpers besteht aber die Beziehung, dass

$$M \cdot g = P \quad \text{ist.}$$

Dadurch wird der Ausdruck für die Schwingungsdauer:

$$T = \pi \sqrt{\frac{P}{g} \cdot \frac{k^2}{P \cdot (r - a)}} \quad \text{oder}$$

$$T = \pi \sqrt{\frac{k^2}{g(r - a)}} \quad \text{oder}$$

$$\text{II. } T = \sqrt{\frac{k^2}{r - a}} = \frac{k}{\sqrt{r - a}}$$

hieraus ergibt sich:

$$k = T \cdot \sqrt{r - a},$$

welcher Werth für k mit Rücksicht darauf, dass die Widerstände vernachlässigt sind, als hinreichend genau aufgefasst werden kann.

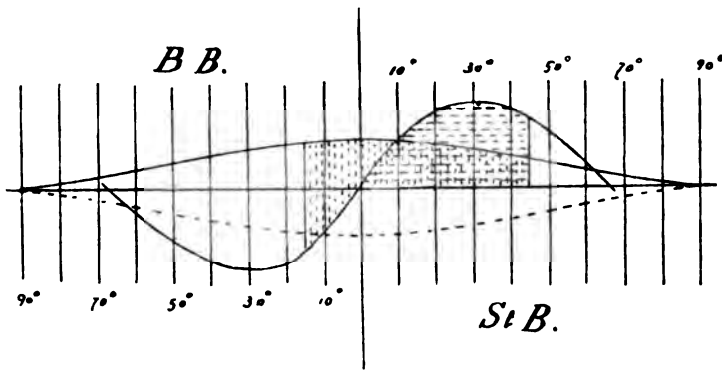
Aus Gleichung I. folgt übrigens ebenfalls, dass die Schwingungsdauer um so grösser ist, je grösser das Trägheitsmoment des Schiffes, d. h. je

weiter seine Gewichte sich von seiner Drehachse befinden, und um so kleiner ist, je grösser das Stabilitätsmoment ist. Gleichung II. besagt ausserdem, dass die Schwingungsdauer direct proportional mit dem Trägheitsradius des Schiffes und umgekehrt proportional mit der Quadratwurzel aus dessen metacentrischer Höhe ist. Es haben somit zwei Schiffe von verschiedenem Gewicht dann dieselbe Schwingungsdauer, wenn sie denselben Trägheitsradius und dieselbe metacentrische Höhe haben.

Eine weitere Anwendung der dynamischen Stabilität ergibt sich, wenn die den Schiffskörper um die Längsachse drehenden Kräftepaare stossartig wirken. In dieser Beziehung kommt vorzugsweise das Windmoment bei böigem Wetter in Betracht. Wirkt der Wind stossweise auf eine gewisse Segelfläche, so hat es nicht Zeit genug, die lebendige Kraft des Windes sofort durch eine erhöhte Geschwindigkeit und damit verbundenen erhöhten Widerstand des Wassers zu verbrauchen und der Haupttheil der

Stossartig auf das Schiff wirkende Drehungspaare.

Fig. 94.



Arbeitsleistung des Windes kommt auf Neigung des Schiffes und nimmt die dynamische Stabilität in Anspruch. Angenommen, die ganze Arbeitsleistung des Windes komme auf Neigung des Schiffes, so erläutert Fig. 94 die bezüglichen Gesetze. Dieselbe enthält eine Stabilitätscurve und eine Windmomentencurve. In derselben Weise nun, wie die dynamische Stabilität oder die Arbeitsleistung des Widerstandes des Schiffes gegen eine Neigung bis zu einem gewissen Winkel, durch den Flächeninhalt der Stabilitätsmomentencurve bis zu dem betreffenden Winkel dargestellt wird, wird auch die Arbeitsleistung des Windmoments durch den Flächeninhalt der Windmomentencurve gegeben. Segelt das Schiff bei stetiger Brise mit dem in der Figur für die aufrechte Position angenommenen Windmoment, so liegt dasselbe nach der Figur bis zu 10° über. Wird das Schiff dagegen in der aufrechten Position von demselben Windmoment stossartig getroffen, so wird dasselbe sich etwas mehr als 20° überneigen, nämlich bis zu einem solchen Winkel, bei dem der Flächeninhalt der Stabilitätsmomentencurve gleich dem Flächeninhalt der Windmomentencurve ist. Angenommen, das

Arbeitsleistung des Windmoments.

Schiff wird in dem Augenblick von einem Windstoss getroffen, in welchem es, nach Backbord schlingernd, seinen Maximalschlingerwinkel von 15° nach der Figur gerade zurückgelegt hat, so sammelt sich in ihm, während es zunächst bis zur aufrechten Position zurückkehrt, sowohl die Arbeitsleistung des Stabilitätsmoments als auch diejenige des Windmoments auf; schwingt es darauf von der aufrechten Lage nach Steuerbord weiter, so wird von Seiten des Windes jene Arbeitsleistung noch weiter vergrössert, vom Stabilitätsmoment dagegen verkleinert. In der Figur ist die Arbeitsleistung, welche das Schiff von Backbord nach Steuerbord dreht, durch vertikale Schraffur und diejenige, welche bemüht ist, das Schiff in der entgegengesetzten Richtung zu drehen, durch horizontale Schraffur bezeichnet. Beide Schraffuren decken sich mit entsprechenden Theilen der Stabilitätsmomenten- und Windmomentencurve, und der Neigungswinkel, bis zu welchem der Schiffskörper unter den angenommenen Verhältnissen sich nach Steuerbord drehen wird, wird so gross sein, dass die nur vertikal schraffierte Partie der Figur ebenso gross wird, als die nur horizontal schraffierte Partie. Ist dies der Fall, so ist die Arbeitsleistung der Stabilität auf Backbord, plus der Arbeit des Windes auf derselben Seite, plus der Arbeit des Windes auf Steuerbord gleich der Arbeit der Stabilität auf Steuerbord. Die Compensation für den Ueberschuss an Arbeitsleistung auf Drehung des Schiffes über denjenigen Winkel hinaus, bis zu welchem es sich unter stetiger Einwirkung des Windmomentes überlegen würde, findet, wie aus der Figur ersichtlich, von demjenigen Theil des Flächeninhalts der Stabilitätsmomentencurve statt, welcher oberhalb der Windmomentencurve gelegen ist. Derselbe wird Reserve dynamische Stabilität genannt. Die Reserve dynamische Stabilität liefert für das Schiff das eigentliche Sicherheitselement für stossweise wirkende Kräfte. Ist die Reserve dynamische Stabilität nur klein, so liegt die Möglichkeit vor, dass ein stossartig wirkendes Windmoment das Schiff bis zum zweiten Schnittpunkte der Windmomenten- und Stabilitätsmomentencurve neigen wird und von dieser Lage aus ausser Stande ist, sich gegen das Windmoment wieder aufzurichten.

Reserve dynamische Stabilität.

Selbstverständlich erleidet die vorstehende Erörterung eine entsprechende Modification, wenn gleichzeitig der Widerstand des Schiffes bei einer Drehung um die Längsachse von Seiten des Wassers berücksichtigt wird. Andererseits möge indessen auch hinzugefügt werden, dass bei den mannichfachen kritischen Lagen, in denen sich ein Schiff bei stürmischem Wetter befinden kann, die ungünstigen Umstände auch derartig zusammentreffen können, dass eine gewisse Summe von kinetischer Energie die verfügbare dynamische Stabilität des Schiffes erschöpft und es bildet keineswegs den unwesentlichsten Theil der Seemannschaft, mit dem Schiffe so zu manoeuvriren, dass nicht die Summe der kinetischen Energie der etwa auftretenden Drehungspaare zur Wirkung kommt, sondern deren Differenz.

XV. Capitel.

Der Widerstand des Wassers bei geradliniger Fortbewegung des Schiffes.

Hat ein in ruhigem Wasser schwimmendes Schiff die Geschwindigkeit Null, so erleidet jedes Flächenelement des benetzten Theiles des Schiffsbodens einen gewissen hydrostatischen Druck, welcher senkrecht zu dem Flächenelement gerichtet ist und seiner Grösse nach abhängig ist von dessen Entfernung unter Wasser. Die Zerlegung des hydrostatischen Drucks in drei aufeinander senkrechte Componenten, von denen die erste vertikal von unten nach oben, die zweite querschiffs, die dritte längschiffs gerichtet ist, und die demnächstige Summirung dieser drei Gruppen von Pressungen auf sämtliche Flächenelemente des benetzten Theiles des Schiffsbodens führt zu dem Resultat, dass die Pressungen in horizontaler Richtung sich gegenseitig aufheben, dass speciell der hydrostatische Druck in der Richtung der Längsachse des Schiffes von vorn nach hinten ebenso gross ist als von hinten nach vorn. Nimmt dagegen das Schiff eine Bewegung in der Richtung seiner Länge an, so wird dadurch ein Druck auf die Flächenelemente des Schiffes hervorgerufen, welcher unabhängig ist von deren Entfernung unter Wasser. Denken wir uns die Flächenelemente nur so gross, dass wir dieselben als eben betrachten können, bezeichnen wir ihren Flächeninhalt mit s , den Winkel, den sie mit der Bewegungsrichtung bilden, mit α und die Geschwindigkeit des Schiffes in Metern pro Sekunde mit v ; ausserdem das specifische Gewicht des Wassers, in dem das Schiff schwimmt, mit γ , so ist der Querschnitt des von dem Flächenelement aufgefangenen Wasserstromes $s \cdot \sin \alpha$ und, wie bei der Bestimmung des Wasserdrucks auf das Ruder erklärt wurde, der in Folge der Geschwindigkeit v auf dasselbe entstehende Druck:

$$r = s \cdot \sin \alpha \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma \cdot c$$

worin c noch einen Coefficient bedeutet, welcher die ausser Acht gelassenen Umstände des Vorgangs berücksichtigen soll. Bezeichnet man $\frac{\gamma \cdot c}{2g}$ mit K_1 , so erhalten wir

$$r = K_1 \cdot s \cdot \sin \alpha \cdot v^2.$$

Um den ganzen durch die Geschwindigkeit v zunächst auf das Vorschiff hervorgebrachten Druck zu erhalten, würde man für sämtliche Flächenelemente des Vorschiffs den entsprechenden Werth von r berechnen müssen und die erhaltenen Resultate zu addiren haben, d. h. es würde

$$\Sigma r = \Sigma K_1 \cdot s \cdot \sin \alpha \cdot v^2$$

zu bilden sein. In dem Ausdruck für r ist aber $s \cdot \sin \alpha$ die Projection von s auf eine vertikale Querschnittsebene des Schiffes; mithin werden die sämtlichen in Betracht kommenden $s \cdot \sin \alpha$ eine Gesamtprojection liefern, welche gleich dem grössten vertikalen Querschnitt, d. h. gleich dem Hauptspant ist, sodass der Ausdruck

$$\Sigma r = \Sigma K_1 \cdot s \cdot \sin \alpha \cdot v^2$$

die Form

$$K, S_{max} v^2$$

annimmt, worin S_{max} den Flächeninhalt des Hauptspants bedeutet.

Eine analoge Betrachtung für das Hinterschiff unter Berücksichtigung, dass der Winkel α dort für sämtliche Flächenelemente grösser als 90° , dessen sinus also negativ ist, führt zu dem Resultat, dass der in Folge der Geschwindigkeit v auf das Hinterschiff ausgeübte Druck ein negativer Druck in der Richtung von hinten nach vorn, mithin ein solcher von vorn nach hinten oder ein sogenannter Sog ist, dessen Grösse

$$K_{,,} \cdot S_{max} \cdot v^2$$

sein würde. Der Druck auf das ganze Schiff wird daher sein:

$$R = (K, + K_{,,}) S_{max} \cdot v^2$$

oder der Widerstand des Wassers, den ein Schiff mit der geradlinigen Geschwindigkeit v erleidet, ist

$$R = K \cdot S_{max} \cdot v^2.$$

Der Widerstands-
coefficient.

Dies ist eine der gebräuchlichen Formeln für die Bestimmung des Widerstandes eines Schiffes, wenn K , der Widerstandscoefficient, gegeben ist. Setzt man in der Formel $S_{max} = 1$ und $v = 1$, so ist $R = K$, so dass man unter dem Widerstandscoefficienten auch den Widerstand pro Quadratmeter des unter Wasser befindlichen Theiles des Hauptspants verstehen kann. Ist z. B. der Widerstand eines Schiffes zu bestimmen, dessen Hauptspant 50 Quadratmeter beträgt und dessen Geschwindigkeit 5 Meter pro Sekunde sein soll, so ergiebt sich bei einem $K = 3,5$ Kilo der Widerstand

$$R = 3,5 \cdot 50 \cdot 5^2 = 4375 \text{ Kilo.}$$

Würde der Flächeninhalt des Hauptspants durch eine Vergrösserung des mittleren Tiefgangs um 3 Quadratmeter vergrössert, so würde sich ergeben

$$R = 3,5 \cdot 53 \cdot 5^2 = 4637,5 \text{ Kilo.}$$

Für die Geschwindigkeit von 6 Meter pro Sekunde würde unter der Voraussetzung, dass der Werth von K derselbe bleibt,

$$R = 3,5 \cdot 50 \cdot 6^2 = 6300 \text{ Kilo.}$$

Ausgeführte dynamometrische Bestimmungen von Widerständen haben indessen dargethan, dass selbst für so nahe bei einander liegende Geschwin-

digkeiten wie die von 5 und 6 Meter pro Sekunde, K nicht als constant angesehen werden darf, wenn man das Gesetz der Proportionalität des Widerstandes mit den Quadraten der Geschwindigkeit festhalten will. Die vorstehende Formel ist daher nur für sehr geringe Aenderungen in der Geschwindigkeit des Schiffes brauchbar. Hat man ferner mittelst des Versuchs für ein bestimmtes Schiff den Widerstand pro Quadratmeter Hauptspantfläche bei einer bestimmten Geschwindigkeit bestimmt, und handelt es sich darum, das Resultat zur Ermittlung des Widerstandes für ein neues Schiff zu benutzen, so liefert die bezügliche Rechnung nur dann brauchbare Werthe, wenn das neue Schiff weder nach Form noch nach Dimensionen von dem Versuchsschiff nicht zu sehr verschieden ist und wenn angenähert dieselbe Geschwindigkeit erreicht werden soll. Es möge besonders hervorgehoben werden, dass in der Formel

$$R = K S_{max} \cdot v^2$$

keine Längendimension des Schiffes vorkommt, dass somit zwei Schiffe mit demselben Hauptspant und verschiedenen Längen für dieselbe Geschwindigkeit denselben Widerstand ergeben werden, wenn bei beiden Schiffen dasselbe K vorausgesetzt wird. Dieser Mangel kommt allerdings nicht immer zum Vorschein, denn eine Vergrößerung der Schiffslänge unter Beibehaltung desselben Hauptspants bedingt eine schärfere Schiffsform und daher, soweit der Widerstand von der Form des Schiffes abhängig ist, einen geringeren Widerstand. Andererseits liegt aber die Erfahrung vor, dass der Widerstand um so grösser ausfällt, je weniger glatt der Schiffsboden ist, d. h. dass ein Theil des Widerstandes als Reibungswiderstand zu bezeichnen ist. Da nun eine Vergrößerung der Länge des Schiffes gleichbedeutend ist mit einer Vergrößerung der reibenden Fläche, so liegt die Möglichkeit vor, dass die durch die schärfere Schiffsform bei grösserer Länge eintretende Verkleinerung des Widerstandes durch eine entsprechende Vergrößerung des Widerstandes in Folge der grösseren Reibungsfläche compensirt wird. In diesem Falle haben beide Schiffe trotz der verschiedenen Länge denselben Widerstand. Wäre die mit der schärferen Form verbundene Verringerung des Widerstandes grösser, als die Vermehrung des Reibungswiderstandes, so würde das Schiff trotz der grösseren Länge einen kleineren resultirenden Widerstand zeigen, und in der Formel

$$R = K \cdot S_{max} \cdot v^2$$

würde K einen kleineren Werth besitzen, als bei dem Schiff mit der geringeren Länge. Umgekehrt würde bei einer grösseren Zunahme des Reibungswiderstandes, als der Verkleinerung des Widerstandes in Folge der grösseren Schärfe entspricht, der Gesamtwiderstand grösser ausfallen und in der vorstehenden Formel K grösser geworden sein. Uebrigens hat die Erfahrung gezeigt, dass der Reibungswiderstand eines Schiffes sogar den grösseren Theil des Gesamtwiderstandes ausmacht. Es müssen daher solche Formeln für den Widerstand des Schiffes, in denen der Reibungs-

Reibungs-
widerstand.

widerstand mit zum Ausdruck gelangt, als die rationelleren bezeichnet werden. — Theoretische Betrachtungen haben ergeben, dass der Reibungswiderstand ausser von dem Grade der Rauhigkeit des Schiffsbodens und von dessen Flächeninhalt vom Quadrate der Geschwindigkeit, mit welcher die Wassertheilchen am Schiffsboden entlang gleiten, abhängig ist, und Versuche haben die angenäherte Richtigkeit dieses Gesetzes bestätigt. Diese Geschwindigkeit ist für jedes Flächenelement des Schiffsbodens eine andere als die Schiffsgeschwindigkeit in der Richtung des Kiels und zwar im Allgemeinen eine grössere. Man bedient sich daher, um diesen Umstand zu berücksichtigen, statt der wirklichen Reibungsfläche oder benetzten Oberfläche des Schiffsbodens einer in einem gewissen Verhältniss vergrösserten Reibungsfläche. Die genauere Ableitung dieser vergrösserten Reibungsfläche würde zu weit führen; es möge genügen, wenn nur das in der Praxis vielfach angewandte Verfahren zur angenäherten Bestimmung der Reibungsfläche eines Schiffes gegeben wird: Dieselbe wird als gleich angenommen mit derjenigen eines vertikalen Cylinders, dessen Höhe gleich dem Tiefgang des Schiffes ist und dessen Basis durch ein Rechteck mit vorn und hinten angesetzten gleichschenkligen Dreiecken gebildet wird. Dabei ist die Gesamtlänge der Basisfigur gleich der Schiffslänge und ausserdem das Volumen des Cylinders gleich dem Displacement des Schiffes. Bezeichnet man die Summe aus dem Flächeninhalte der Basis dieses Cylinders und von dessen Seitenflächen in englischem Maass mit U , den Reibungscoefficienten mit f , das Gewicht eines Cubikfusses Seewassers ebenfalls in englischem Maass mit γ und die Geschwindigkeit in Knoten mit V , so erhalten wir als Ausdruck für den Reibungswiderstand:

$$R = f \cdot \frac{\gamma V^2}{2g} \cdot U.$$

Setzt man hierin $f = 0,036$, $\gamma = 64$, $g = 32,2$. so kommt

$$R = 0,01 V^2 \cdot U,$$

folglich für $V = 10$ Knoten

$$R = 0,01 \cdot 10^2 \cdot U = U,$$

d. h. der Widerstand eines Schiffes, dessen benetzte Bodenfläche U Quadratfuss englisch beträgt, ist bei einer Geschwindigkeit von 10 Knoten gleich U Pfund englisch oder der Widerstand pro Quadratfuss Bodenfläche ist für $V = 10$ Knoten gleich einem Pfund englisch und für eine andere Geschwindigkeit, z. B. V_1 , gleich

$$1 \cdot \frac{V_1^2}{10^2} \text{ Pfund.}$$

Es ist klar, dass von einer Bestimmung des Widerstandes ohne vorangegangene Versuche nicht die Rede sein kann. So ist unter anderem bei der Berechnung des Widerstandes für einen bestimmten Grad von Rauhigkeit des Schiffsbodens ein Versuch zur Ermittlung des Reibungscoefficienten unerlässlich. Ein Versuch ist aber für den vorliegenden Zweck um so werthvoller, in je

Angenäherte Bestimmung der Reibungsfläche.

höherem Grade sich derselbe mit dem wirklichen Vorgange im Einklang befindet. Am besten würden die Versuche zur Ermittlung des Widerstandes mit wirklichen Schiffen ausgeführt; mit anderen Worten, es sind die Probefahrtsresultate mit den älteren Schiffen bei der Bestimmung des voraussichtlichen Widerstandes resp. der Kraft, welche zur Ueberwindung dieses Widerstandes erforderlich ist, bei der Construction von neuen Schiffen zu benutzen. Wie dies in zweckmässiger Weise geschehen kann, geht aus folgender Ueberlegung hervor: Gegeben ein Schiff, dessen Displacement gleich P , dessen Hauptdimensionen L , B und T , dessen Hauptspant S_{max} , dessen Reibungsfläche U , habe bei einer Geschwindigkeit von v Meter pro Sekunde einen Widerstand von R Kilogrammes, so wird der Widerstand, nach der älteren Formel, jedoch ohne Berücksichtigung des Reibungswiderstands, sein:

$$K \cdot S_{max} \cdot v^2,$$

wobei in dem Werthe von K unter anderem der Factor $\frac{1}{2g}$ steckt; nehmen wir diesen heraus, so ergibt sich der Widerstand zu:

$$K_1 \cdot S_{max} \cdot \frac{v^2}{2g}.$$

Der Reibungswiderstand ist dagegen:

$$f \cdot \gamma \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot U,$$

mithin der Gesamtwiderstand

$$R = (K_1 S_{max} + f \cdot \gamma U) \frac{v^2}{2g}$$

oder indem wir $f \cdot \gamma$ mit K_{II} bezeichnen

$$R = (K_1 \cdot S_{max} + K_{II} \cdot U) \frac{v^2}{2g}.$$

Ein Schluss von dem Widerstande des vorliegenden Schiffes auf den Widerstand eines anderen Schiffes wird demnächst um so ungezwungener erscheinen und der Wirklichkeit um so mehr entsprechen, einen um so höheren Grad von Aehnlichkeit das zweite Schiff mit dem ersten besitzt. Nehmen wir an, die Aehnlichkeit sei die grösstmögliche d. h. eine geometrische. Bezeichnen wir dann das Displacement des zweiten Schiffes mit P_1 , dessen Hauptdimensionen L_1 , B_1 und T_1 , sein Hauptspant mit S_{1max} und die Reibungsfläche mit U_1 , so wird das Aehnlichkeitsverhältniss ausgedrückt durch einen der folgenden Quotienten:

$$\frac{L_1}{L} = \frac{B_1}{B} = \frac{T_1}{T} = \sqrt[3]{\frac{P_1}{P}} = \sqrt{\frac{S_{1max}}{S_{max}}} = \sqrt{\frac{U_1}{U}} = \frac{d}{1}.$$

Soll aber der Vorgang bei dem zweiten Schiff, dessen Dimension L_1 , B_1 , T_1 etc. sind, das genaue geometrisch ähnliche Bild des Vorgangs beim ersten Schiff sein, so müssen sich die Schiffe auch mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen. Bezeichnen wir daher die Geschwindigkeit des zweiten Schiffes mit v_1 , so erhalten wir als Ausdruck für dessen Widerstand:

$$R_1 = (K, \cdot S_{1,max} + K,, \cdot U_1) \frac{v_1^2}{2g}.$$

In den beiden Werthen für R und R_1 sind aber die Factoren $\frac{v^2}{2g}$ und $\frac{v_1^2}{2g}$ die Druckhöhen, die den Geschwindigkeiten v und v_1 entsprechen; bezeichnen wir diese mit h und h_1 , so stellen dieselben homologe lineare Dimensionen dar, deren Verhältniss $\frac{h_1}{h}$ ebenfalls gleich dem Aehnlichkeitsverhältniss der beiden Schiffe sein muss, wenn der Vorgang bei dem einen Schiffe das geometrisch ähnliche Bild desjenigen des anderen Schiffes sein soll. Wenn aber $h_1 : h = d$, so ist $\frac{v_1^2}{v^2}$ ebenfalls gleich d . Demnach ist der Widerstand des Schiffes mit den Hauptdimensionen L_1, B_1 und T_1 bei der Geschwindigkeit v_1 :

$$\begin{aligned} R_1 &= (K, \cdot S_{1,max} + K,, U_1) \frac{v_1^2}{2g} \\ &= (K, \cdot S_{max} \cdot d^2 + K,, U \cdot d^2) \frac{v^2 \cdot d}{2g} \\ &= (K, S_{max} + K,, U) \frac{v^2}{2g} \cdot d^3 \end{aligned}$$

oder

$$R_1 = R \cdot d^3.$$

Correspondirende
Geschwindig-
keiten.

Solche Geschwindigkeiten, deren Quadrate sich verhalten wie die linearen Dimensionen ähnlicher Schiffe, werden correspondirende Geschwindigkeiten genannt und das vorstehend abgeleitete Gesetz über die Widerstände lautet daher: „Bei correspondirenden Geschwindigkeiten verhalten sich die Widerstände wie die dritten Potenzen homologer linearer Dimensionen“.

Da sich ferner die Displacements zweier ähnlicher Schiffe ebenso verhalten, so folgt der weitere Satz: „Die Widerstände geometrisch ähnlicher Schiffe verhalten sich für correspondirende Geschwindigkeiten wie die Displacements“; oder auch: „Bei geometrisch ähnlichen Schiffen sind bei correspondirenden Geschwindigkeiten die Widerstände pro Tonne Displacement einander gleich“.

Aufgabe: Für ein Schiff von 1000 Tonnen Displacement habe die dynamometrische Messung bei einer Geschwindigkeit von 12 Knoten einen Widerstand von 10,000 Kilo ergeben; wie gross wird der Widerstand eines Schiffes von geometrisch ähnlicher Form und einem Displacement von 1728 Tonnen bei der correspondirenden Geschwindigkeit sein und wie gross ist letztere?

Lösung: Das Aehnlichkeitsverhältniss der beiden Schiffe ist

$$\sqrt[3]{\frac{1728}{1000}} = \frac{12}{10} = 1,2;$$

mithin ist die der Geschwindigkeit von 12 Knoten des gegebenen Schiffes correspondirende Geschwindigkeit des Schiffes von 1728 Tonnen gleich

$$12 \cdot \sqrt{1,2} = 12 \cdot 1,09 = 13,08 K,,$$

und bei dieser Geschwindigkeit ist der Widerstand

$$10000 \cdot (1,2)^3 = 17280 \text{ Kilo.}$$

Will man den Widerstand für eine andere Geschwindigkeit als die correspondirende haben, so liefert das Gesetz der Proportionalität mit dem Quadrate der Geschwindigkeiten, im vorliegenden Falle z. B. für eine Geschwindigkeit von 12 Knoten, das Resultat

$$17280 \cdot \frac{12^2}{13,08^2} = 14400 \text{ Kilo.}$$

Mit Hülfe der älteren Widerstandsformel würde man übrigens ebenfalls 14400 Kilo erhalten, nämlich wie folgt: für das erste Schiff würde sein

$$\text{I.} \quad 10000 = K \cdot S_{max} \cdot v^2,$$

für das zweite, dessen Widerstand x sein möge, gilt dagegen:

$$\text{II.} \quad x = K \cdot S_{1,max} v^2.$$

Die Division von Gleichung I. durch II. liefert:

$$\frac{10000}{x} = \frac{S_{max}}{S_{1,max}} = \frac{1}{d^2} = \frac{1}{1,2^2}$$

folglich

$$x = 10000 \cdot 1,2^2 = 14400 \text{ Kilo.}$$

Hieraus geht hervor, dass die ältere Formel für den Widerstand für geometrisch ähnliche Schiffe verwendbar ist oder dass für geometrisch ähnliche Schiffe der Widerstand pro Quadratmeter des benetzten Theiles des Hauptspants für gleiche Geschwindigkeiten gleich gross ist.

Zur Bestimmung des Widerstandes eines neuen Schiffes behufs Festsetzung der zur Ueberwindung dieses Widerstandes erforderlichen Maschinenkraft nach der im Vorstehenden erläuterten Methode ist es demnach nothwendig, über den Widerstand eines ähnlich geformten Schiffes bei einer gewissen Geschwindigkeit, am zweckmässigsten der correspondirenden Geschwindigkeit zu verfügen. Der Entwurf neuer Schiffe als geometrisch ähnliche Körper zu bereits bestehenden Schiffen mit bekannten Widerständen würde den Constructeur indessen bezüglich der Erfüllung der etwa anderweitig gestellten Bedingungen zu sehr binden und volles Vertrauen würden die berechneten Widerstände ausserdem nur für die correspondirenden Geschwindigkeiten beanspruchen können.

Man verfährt daher in gewissem Sinne umgekehrt, d. h. man verfertigt von einem neu entworfenen Schiffe ein geometrisch ähnliches Modell, dessen Widerstände bei verschiedenen Geschwindigkeiten gemessen werden. Die erhaltenen Resultate macht man wie in Fig. 95 zu den Ordinaten einer Curve, deren Abscissen die betreffenden Geschwindigkeiten sind. Diese Curve bildet die Widerstandscurve für das Modell; sie ist in der Figur mit W bezeichnet. Bei der Geschwindigkeit von 2,5 Meter pro Sekunde des Modells (auf der oberen horizontalen Linie abzulesen) ergibt sich als Widerstand desselben etwas weniger als 1,5 Kilo (auf der vertikalen Linie zur Linken abzulesen). Die Figur bezieht sich auf das Modell eines Torpedoboats, dessen lineare Dimensionen $\frac{1}{11}$ von dem des wirklichen Schiffes be-

Bestimmung des
Widerstandes
mit Hülfe von
Modellen.

tragen. Das Aehnlichkeitsverhältniss des Schiffes zu seinem Modell ist demnach $11:1$ und die correspondirenden Geschwindigkeiten des Schiffes zu denen des Modells werden durch Multiplication der ersteren mit $\sqrt{11} = 3,3$ erhalten; die sich für die Geschwindigkeiten 1, 2, 3 und 4 Meter pro Sekunde des Modells ergebenden correspondirenden Geschwindigkeiten sind demnach

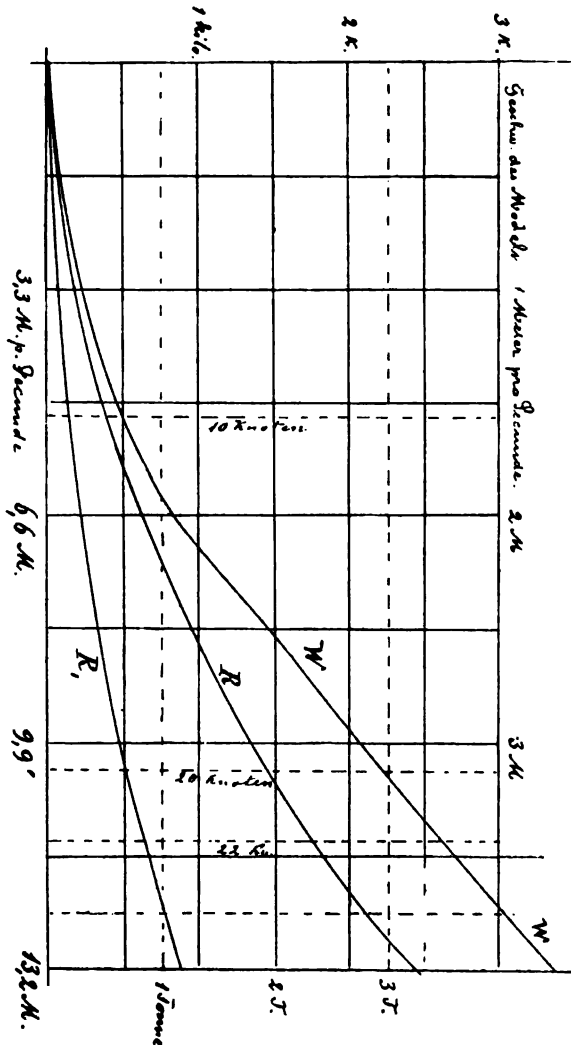


Fig. 95.

1. 3,3, 2. 3,3, 3. 3,3, 4. 3,3 oder resp. 3,3 6,6 9,9 und 13,2 Meter pro Sekunde, welche Zahlen auf der unteren horizontalen Linie, der eigentlichen Abscissenachse eingetragen erscheinen. Die Ermittlung der correspondirenden Geschwindigkeiten mit Hülfe der Figur kommt daher lediglich auf eine Aenderung des Maassstabs der Geschwindigkeiten des Modells in der Weise

hinaus, dass man die Einheit derselben im Verhältniss $\frac{1}{\sqrt{11}}$ verkleinert. Der Maassstab für die Geschwindigkeiten.
 Geschwindigkeit des Modells von 2,5 Meter correspondirt demnach die Geschwindigkeit des Schiffes von $2,5 \cdot 3,3 = 8,25$ Meter. Da nun das Modell bei jener Geschwindigkeit den Widerstand 1,5 Kilo hat, so ist der Widerstand des Schiffes bei der Geschwindigkeit von 8,25 Meter, abgesehen von einer weiter unten zur Sprache gebrachten Correctur,
 $1,5 \cdot 11^3 = 1996,5$ Kilo.

Auch die Berechnung der Widerstände kann man durch Modification des Maassstabes der Widerstände des Modells umgehen, indem man dessen Maassstab für die Widerstände. Einheit im Verhältniss von $1:11^3$ kleiner wählt, wie dies auf der Vertikalen zur Rechten der Figur geschehen ist, auf der die Widerstände des Schiffes in Tonnen eingetragen sind. Die erwähnte noch vorzunehmende Correctur der Widerstandcurve W des Modells, um sie zum Abgreifen der Widerstände des Schiffes benutzen zu können, bezieht sich auf den Reibungswiderstand. Dieser differirt zwischen Modell und Schiff zunächst, weil die Reibungscoefficienten an und für sich verschieden sein werden und weil Modell und Schiff verschiedene Längen haben. In welcher Weise dieser letztere Umstand den Widerstand des Schiffes beeinflusst, ergibt sich daraus, dass der Reibungswiderstand einer Fläche von gegebener Ausdehnung bei grosser Länge kleiner ausfallen muss, als bei kleiner Länge, weil bei der Bewegung der Fläche in der Richtung ihrer Länge nur die vorderen Theile derselben mit ruhendem Wasser in Berührung kommen, während die in der Nähe des hinteren Endes Wasser treffen, welches durch die Friction an den vorangehenden Theilen eine Bewegung in derselben Richtung angenommen haben, so dass die relative Geschwindigkeit der weiter rückwärts gelegenen Flächenelemente mit Bezug auf das Wasser, an dem sie sich reiben, kleiner ist. Auf diese Weise wird der mittlere Betrag der Reibung pro Flächeneinheit einer Fläche von grösserer Längenausdehnung kleiner als bei einer Fläche von kürzerer Länge. Versuche haben ferner ergeben, dass der Reibungswiderstand eines Schiffsmodells ebenso gross ist, als der Reibungswiderstand einer ebenen Fläche, von demselben Inhalt wie die benetzte Oberfläche des Modells und derselben Länge, welches Resultat auch auf Schiffe Anwendung findet. Reibungswiderstand von Modell und Schiff.

Hiernach besteht die Correctur, die ich an der Widerstandcurve W vorzunehmen habe, darin, dass ich deren Ordinaten zunächst um den Betrag des Reibungswiderstandes für sämmtliche in Betracht kommenden Geschwindigkeiten kürzer mache. Zu dem Ende trage ich die Reibungswiderstände des Modells von der Abscissenachse von unten nach oben ab und erhalte dadurch die Curve R , so dass die zwischen der Curve W und R verbleibenden Stücke der Ordinaten den Widerstand des Modells ohne den Reibungswiderstand repräsentiren. Alsdann trage ich von der Curve R aus abwärts die Reibungswiderstände des Schiffes in dem für das Schiff Correctur der Widerstandcurve des Modells.

geltenden Maassstab ab und erhalte dadurch die Curve R_1 . Die Stücke der Ordinaten zwischen der Curve W und R_1 sind alsdann, in dem Widerstandsmaassstabe zur Rechten der Figur gemessen, die Widerstände des Schiffes bei den auf der Abscissenachse abzulesenden Geschwindigkeiten des Schiffes.

Aufgabe: Wie gross ist der Widerstand eines Torpedoboots, dessen Widerstandscurven die in Fig. 95 durch W , R und R_1 dargestellten sind, für eine Geschwindigkeit von 20 Knoten?

Lösung: Die Geschwindigkeit von 20 Knoten pro Stunde entspricht der Geschwindigkeit von $20 \cdot 0,514 = 10,28$ Meter pro Sekunde; trägt man diese Geschwindigkeit im Geschwindigkeitsmaassstabe des Schiffes auf der Abscissenlinie ab, so erhält man die punktirt eingetragene 20 Knotenlinie. Das Stück derselben zwischen der Curve W und R_1 ist, wenn man sich so ausdrücken darf, 2,33 Tonnen lang, entsprechend dem Maassstabe für den Widerstand des Schiffes.

Bassin für
Schleppversuche.

Die Bestimmung des Widerstandes durch Schleppversuche mit Modellen setzt ein geeignetes Bassin von ausreichenden Längen-, Breiten- und Tiefenabmessungen voraus, oberhalb dessen ein auf Schienen beweglicher Wagen zur Aufnahme der dynamometrischen Messapparate, Geschwindigkeitsmesser und dergl. vorhanden ist. Der Wagen wird mittelst eines von einer kleinen Dampfmaschine aufgewundenen Drahttaues in Bewegung gesetzt und schleppt das Modell durch Vermittlung einer Schnur hinter sich her, deren Spannung durch das Dynamometer gemessen wird. Der Versuch wird für eine so grosse Anzahl von Geschwindigkeiten angestellt, als Punkte zur Construction der Widerstandscurve erforderlich sind. Dass man mit Hülfe einer solchen Einrichtung unter entsprechender Abänderung des geschleppten Modells ausserdem diejenige Schiffsform ermitteln kann, welche bei der beabsichtigten Geschwindigkeit den geringsten Widerstand leistet, bedarf kaum der Erwähnung. Die Methode gewährt ferner den Vortheil, dass sie auch denjenigen Theil des Widerstandes liefert, der von den das Schiff begleitenden Wellen abhängig ist und der im Vorstehenden wegen der Complication und der Ungenauigkeit der betreffenden Formeln gänzlich ausser Acht gelassen ist. In der Fig. 95 ist in der Gegend der Modellgeschwindigkeit von 2,25 Meter pro Sekunde eine gewisse Unregelmässigkeit der Curve W bemerkbar. Dieselbe rührt her von der bei dieser Geschwindigkeit den Widerstand ungünstig beeinflussenden Wellenbildung und findet sich Erfahrungsmässig bei der correspondirenden Geschwindigkeit des Schiffes wieder. Die bedeutenden Marinen und mehrere grössere Privatetablissemens für Schiffbau in England sind im Besitze entsprechender Anlagen der bereiteten Art und tragen durch die Benutzung derselben wesentlich zur Kenntniss der Gesetze des Schiffswiderstandes bei.

Ermittlung der
besten Schiffs-
form durch
Schleppversuche.

Ermittlung des
durch Wellen
verursachten
Widerstandes.

Die Widerstandsarbeit und die Arbeitsleistung der Maschine.

Bewegt sich ein Schiff mit der Geschwindigkeit von v Knoten pro Stunde, so legt es in der Sekunde den Weg

$$v \cdot 0,514 \text{ Meter} \quad \text{zurück.}$$

Ist der bei dieser Geschwindigkeit auftretende Widerstand gleich R Kilogrammes, so ist

$$R \cdot v \cdot 0,514 \text{ Kilogramm-meter}$$

die Arbeitsleistung des Widerstandes oder die Widerstandsarbeit. Dieselbe ist gleich der effectiven Leistung der Maschinen, das heisst gleich derjenigen Leistung derselben, welche wirklich zur Fortbewegung des Schiffes erforderlich ist. Bezeichnet man die durch das Indikatorgramm gelieferte Arbeitsleistung mit J , die effective Leistung mit E und das Verhältniss der letzteren zur ersteren mit q , so ist $E = q \cdot J$ und wir haben als Gleichung, welche die Beziehungen zwischen dem Widerstande bei einer gewissen Anzahl Knoten Geschwindigkeit des Schiffes und der zu indicirenden Leistung der Maschine enthält:

$$R \cdot v \cdot 0,514 = q \cdot J \cdot 75,$$

wo auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens der Factor 75 hinzugefügt ist, um die in Pferdestärken ausgedrückte Leistung der Maschine in Kilogramm-meter zu verwandeln. Die Auflösung der Gleichung mit Bezug auf J liefert die Anzahl Pferdestärken, welche erforderlich ist, um das Schiff mit der Geschwindigkeit von v Knoten pro Stunde zu bewegen, zu

$$J = \frac{R \cdot v \cdot 0,514}{q \cdot 75}.$$

Die Zahl q drückt den Nutzeffect der Maschine aus; ihr Werth werde zu 0,40 angenommen, d. h. von der durch das Indicatorgramm gelieferten Anzahl Pferdestärken kommen nur 40% auf die wirkliche Fortbewegung des Schiffes, während 60% in Folge von Wärmeverlusten, Reibung in den Stopfbüchsen, die Ueberwindung der passiven Widerstände und ungünstiges Arbeiten des Propellers verloren gehen.

Aufgabe: Wie gross ist die Anzahl Pferdestärken eines Torpedoboots, dessen Widerstandscurven durch Fig. 95 dargestellt sind, wenn seine Geschwindigkeit 20 Knoten betragen soll?

Es ist:

$$J = \frac{R \cdot v \cdot 0,514}{q \cdot 75}.$$

Bei 20 Knoten ist der Widerstand des Modells gleich 2,33 Tonnen oder gleich 2330 Kilogr., folglich ist

$$J = \frac{2330 \cdot 20 \cdot 0,514}{0,40 \cdot 75} = 800$$

indicirte Pferdestärken zu 75 Kilogramm-meter.

Verfügt man nicht über eine Widerstandscurve, so ist man genöthigt, sich einer der Formeln für den Widerstand bei einer gegebenen Geschwindigkeit zu bedienen. Behufs Erläuterung des Verfahrens nehmen wir R durch die ältere Widerstandsformel als gegeben an: Dieselbe lautet

$$R = K \cdot S_{max} \cdot v^2,$$

worin v in Meter pro Sekunde ausgedrückt ist. Ist daher v in Knoten gegeben, so ist statt v , $v \cdot 0,514$ zu setzen und demnach

$$R = K \cdot S_{max} \cdot v^2 \cdot 0,514^2$$

folglich die Widerstandsarbeit:

$$R \cdot v \cdot 0,514 = K \cdot S_{max} \cdot v^3 \cdot 0,514^3;$$

dies gleich der effectiven Leistung der Maschinen gesetzt, liefert:

$$K \cdot S_{max} \cdot v^3 \cdot 0,514^3 = q J \cdot 75,$$

woraus folgt:

$$J = \frac{K \cdot S_{max} \cdot v^3 \cdot 0,514^3}{q \cdot 75}$$

Vereinigt man hierin die Constanten zu einem einzigen Werth

$$u = \frac{K \cdot 0,514^3}{q \cdot 75},$$

so kommt:

$$J = u \cdot S_{max} \cdot v^3.$$

Um demnach bei einem Schiffe von gegebenem Hauptspant mit einer möglichst geringen Anzahl von Pferdestärken eine gewisse Geschwindigkeit zu bekommen, ist es nothwendig, einen möglichst kleinen Werth von u zu haben. Da aber

$$u = \frac{K}{q} \cdot \frac{0,514^3}{75}$$

ist, so wird u klein, wenn K klein und q möglichst gross wird, d. h. wenn der Widerstandscoefficient und damit der Widerstand des Schiffes möglichst gering und der Nutzeffect der Maschine möglichst gross ist.

Wir haben weiter oben gesehen, dass für geometrisch ähnliche Schiffformen, bei derselben Geschwindigkeit der Widerstandscoefficient K derselbe ist. Nehmen wir dies Gesetz auch mit Bezug auf den Nutzeffect der Maschine an, so folgt daraus, dass unter diesen Verhältnissen auch die entsprechenden Werthe von u einander gleich sind. Es ist also gestattet, behufs Bemessung der für ein Schiff erforderlichen Maschinenkraft den einem ähnlichen Schiffe für dieselbe Geschwindigkeit zukommenden Werth von u zu benutzen. Es ist gelegentlich der Probefahrten leicht, für gewisse Geschwindigkeiten den Werth von u zu erhalten, da

$$u = \frac{J}{S_{max} \cdot v^3} \quad \text{ist.}$$

Es bedarf dazu folglich nur der gleichzeitigen Beobachtung der Geschwindigkeit und der durch das Indicordiagramm gelieferten indicirten Pferdestärken, sowie der Kenntniss des Flächeninhalts des Hauptspants.

Dehnt man die Anschauungen, welche bezüglich des Widerstandes geometrisch ähnlicher Schiffe gewonnen sind, auch auf die Widerstandsarbeit oder die effective Leistung der Maschinen, sowie auf die indicirte Leistung derselben aus, so lässt sich folgende Tabelle zusammenstellen, aus welcher die betreffenden Gesetze hervorgehen:

Bezeichnung der Quantitäten.	Quantitäten des gegebenen Schiffes. Schiff I.	Correspondirende Quantitäten für ein geometrisch ähnliches Schiff. Schiff II.
1) Länge	L	$d \cdot L$
2) Breite	B	$d \cdot B$
3) Tiefgang	T	$d \cdot T$
4) Völligkeitsgrad des Schiffes	δ	δ
5) Völligkeitsgrad des Hauptspants	σ	σ
6) Völligkeitsgrad des Spantendiagramms	$\delta : \sigma = \gamma$	$\delta : \sigma = \gamma$
7) Inhalt des Hauptspants	S	$d^3 \cdot S$
8) Grösse der Reibungsfläche des Schiffsbodens	U	$d^2 \cdot U$
9) Displacement	\bar{P}	$d^3 \cdot P$
10) Geschwindigkeit in M. pro Sek.	v	$v \sqrt{d}$
11) Widerstand nach der Hauptspantsformel	$K \cdot S v^2$	$d^8 K \cdot S v^2$
12) Widerstand unter Berücksichtigung der Reibungsfläche	$(K_1 \cdot S + K_2 \cdot U) \frac{v^2}{2g}$	$d^8 (K_1 S + K_2 U) \frac{v^2}{2g}$
13) Widerstand nach Schleppversuchen	R	$d^3 \cdot R$
14) Widerstand pro Tonne Displacement	$R : P$	$R : P$
15) dito für dieselbe Geschwindigkeit von Schiff II	—	$\frac{1}{d} R$
16) Widerstandsarbeit resp. effective Leistung der Maschine in Kilogramm-meter	$R v$	$d^3 \cdot \sqrt{d} R \cdot v$

Bezeichnung der Quantitäten.	Quantitäten des gegebenen Schiffes. Schiff I.	Correspondirende Quantitäten für ein geometrisch ähn- liches Schiff. Schiff II.
17) Indicirte Leistung der Maschine in Kilogramm-meter	$\frac{R v}{q}$	$\frac{d^3 \sqrt{d}}{q} R \cdot v$
18) dito in Pferdestärken à 75 km	$J = \frac{R \cdot v}{75 q}$	$d^3 \sqrt{d} \cdot J$
19) Effective Leistung der Maschine pro Tonne Displacement	$R \cdot v : P$	$\sqrt{d} \cdot \frac{R v}{P}$
20) Indicirte Leistung pro Tonne Displacement	$J : P$	$\sqrt{d} \cdot \frac{J}{P}$
21) Effective Leistung der Maschine unter Benutzung der Hauptpantoffel-Formel	$K S v^3$	$d^3 \sqrt{d} K S v^3$
22) dito pro Tonne Displacement	$K \cdot S v^3 : P$	$\sqrt{d} K \cdot S v^3 : P$
23) dito bei Anwendung der Völligkeitsgrade	$\frac{K v^3}{\gamma \cdot L}$	$\sqrt{d} \frac{K v^3}{\gamma \cdot L}$

Anhang.

Auszug aus der Vorschrift für die Bauausführung und die Dimensionen von Hölzern etc. S. M. Schrauben-Corvette N. N.

Kiel: Eichen, dick in der Mitte 42 cm, vorne 36,5 cm, an der Hinterkante Hintersteven 40 cm, an der Hinterkante Ruderpfosten 34 cm; das hinterste Kielstück hoch 70 cm, die übrigen hoch 47 cm. Laschungen horizontal, circa 1,75 M. lang.

Jede Laschung erhält 2 Cylinderzapfen von 7,5 cm Länge und Durchmesser und 6 Stück 3 cm dicke kupferne Bolzen.

1 Loskiel: Eichen, dick 16 cm; breit wie der Kiel.

2 Loskiel: Kiefern, dick 7,5 cm, breit wie der Kiel, Länge nach Zeichnung.

Vorsteven: Eichen, dick oben 47 cm, am Batteriedeck 42 cm, unten 37 cm; breit 47 cm, Laschungen 1,5 M. lang, verbolzt wie die Kiellaschungen. Bei der Placirung der Bolzen ist auf die übrigen durch denselben gehenden Bolzen Rücksicht zu nehmen.

Binnenvorsteven: Eichen, dick wie der Steven, mit demselben durch 3 cm dicke kupferne Bolzen und Cylinderzapfen von 7,5 cm Länge und Durchmesser angemessen verbunden.

Hintersteven: Eichen, dick oben 47 cm, am Kiel 40 cm.

Heckbalken: Eichen, 55 cm hoch, 50 cm breit; Länge nach Maassgabe der Zeichnung.

Binnenhintersteven: Eichen, breit oben 45 cm, unten 47 cm; seine Zusammensetzung ist, falls er nicht aus einem Stück bestehen kann, ähnlich wie für den Hintersteven.

Aufklotzung: Eichen, die einzelnen Stücke sind durch Cylinderzapfen von 7,5 cm Länge und Durchmesser und provisorisch, bis zur Legung aller Hölzer durch Holznägel zu verbinden. Die Bolzen je nach ihrer Länge 3, 3,5 und 4 cm stark.

Rudersteven: Eichen, dick unten 34 cm, in der Wasserlinie und oben 47 cm; Breite nach Zeichnung.

Kielschwein: Eichen, dick in der Mitte 42 cm, vorne und hinten 39 cm, hoch, in der Mitte 42 cm. Es erhält durch jedes derjenigen Spanten, die nicht schon mit dem Kiel verbolzt sind (eins ums andere), einen

3,5 cm dicken kupfernen, stets durch die Bodenwrange auf Ring zu schlagenden Bolzen, der auf Ring unter dem Kiel geklunken wird. Mit den anderen Spanten wird dasselbe durch einen Cylinderzapfen von 7,5 cm Länge und Durchmesser verbunden. Laschungen 1,5 M. lang, mit Cylinderzapfen und 2 durch den Kiel gehenden, unter demselben zu klinkenden, 3,5 cm dicken, kupfernen Bolzen. Ausserdem erhält jede Lippe 2 Stück Hackbolzen und einen 1,5 cm dicken Querschiffsbolzen. Bei den Laschungen ist auf die Laschungen des Kiels, die Mastspuren und die Lage der Maschinen und Kessel Rücksicht zu nehmen.

Spantbölzer: Eichen, die Entfernung der Spanten von Mittellinie zu Mittellinie 83 cm; das Hauptspant 78 cm vor der Mitte zwischen den Perpendikeln. Die eine Hälfte der Spanten soll eine gleicharmige (kurze) Bodenwrange in der einen Holzlage und zwei halbe Bodenwrangen in der anderen Holzlage erhalten; die andere Hälfte dagegen in jeder Holzlage eine ungleicharmige Bodenwrange. Nur wenn das Holzlager es nicht gestattet, hat eine andere zweckentsprechende Eintheilung stattzufinden.

Gleicharmige Bodenwrangen:

Mallbreite über dem Kiel	45 cm
„ am oberen Ende	31 „
Dicke	34 „

an jeder Seite des Kiels mindestens 1,4 M. lang.

Halbe Bodenwrangen:

Mallbreite am oberen Ende	28 „
Dicke	34 „

Ungleicharmige Bodenwrangen:

Mallbreite über dem Kiel	45 „
„ am oberen Ende	30 „
Dicke	34 „

1. Auflanger:

Mallbreite am oberen Ende	26 „
Dicke	31 „

2. Auflanger:

Mallbreite am oberen Ende	26 „
Dicke	31 „

3. Auflanger:

Mallbreite am oberen Ende	26 „
Dicke	29 „

4. Auflanger:

Mallbreite am oberen Ende	26 „
Dicke	29 „

5. Auflanger:

Mallbreite am oberen Ende	13 „
Dicke	26 „

Die Hölzer sind an ihren Enden durch Cylinderzapfen von 7,5 cm Länge und Durchmesser mit einander zu verbinden.

Die Bolzen zur Verbindung der beiden Lagen in den Bodenwrangen und 1 ten Auflängern 2,5 cm, die übrigen 2 cm, sämtlich vierkantige, eiserne. Bei der Placirung der Bolzen ist die Lage der Balkwegger-Wassergang-, Pütting- und Pfortenringbolzen zu berücksichtigen.

Die Spanten reichen zwischen dem Fock- und Besahnmast nur bis zum Schandeckel; zur besseren Befestigung der Nagelbänke des Fock- und Grossmastes sollen jedoch einige Hölzer bis zur Höhe der Railing geführt werden.

Jedes Spant, durch welches ein Kielschweinbolzen nicht zu schlagen ist, erhält einen 3,5 cm dicken kupfernen, auf Ring zu schlagenden und unter dem Kiel zu klinkenden Bolzen. Bis zur Oberkante der Füllungen sind die Zwischenräume zwischen den Hölzern desselben Spants in der gleichen Breite mit den Füllungen durch Eichenholz auszufüllen. Füllungen: Eichen oder Lärchen, Länge und Breite nach Zeichnung. Das Einsetzen der Füllungen ist so lange als thunlich auszusetzen, damit die Spanten möglichst austrocknen können.

Kantspanten: Eichen, Lage nach Zeichnung; sie bestehen aus halben Bodenwrangen und Auflängern.

Heckhölzer: Eichen. Sämtliche von der Mitte an bis zu den beiden Seiten des Brunnens liegende Hölzer bleiben um die Plankendicke stärker; auf den neben dem Brunnen liegenden Hölzern werden die Plankenenden befestigt. Die vorgenannten Hölzer erhalten in der Umgebung des Brunnens eine Nuth von 10 cm Höhe und 6 cm Breite und werden durch 2 cm dicke Bolzen im Kettenverbande mit einander verbunden.

Pfortendrempel: Eichen; Pforten, längsschiffs 1 Meter, hoch 90 cm, die Unterkante über den Decksplanken an Bord 57 cm, Entfernung von Mitte zu Mitte 4,5 Meter.

Ohrhölzer: Eichen, gehen soweit nach unten, dass mindestens ein Bolzen unter den beiden obersten Gängen des Zwischendeckbalkwegers placirt werden kann. Sie werden mit dem Vorsteven durch Cylinderzapfen von 7,5 cm Länge und Durchmesser und 3 cm dicke Bolzen verbunden.

Klüshölzer: Bolzen 3 cm dick, eisern.

Diagonalschienen: Schmiedeeisen, 12 cm breit, 2,5 cm dick; sie gehen von der Unterkante der Oberdeckbalken so tief herunter, dass noch ein Bolzen in die Bodenwrangen geschlagen werden kann. Entfernung von Mitte zu Mitte 2,2 Meter, Lage nach Zeichnung. Wo die Schienen ihrer Länge etc. wegen nicht aus einem Stück bestehen können, müssen die Verschiessungen mindestens 1,5 Meter lang sein. Die Schienen erhalten an den Enden je einen Bolzen, der auf ihnen geklunken wird.

Diagonalplanken: Eichen, breit 26 cm, dick 13 cm; je drei und drei neben einander liegend und wo angängig kantweise mit 2 cm dicken Bolzen aus Eisen verbunden. Sie sind an den Spanten theils durch Stumpfbolzen, theils durch Klinkbolzen entsprechend zu befestigen; zu letzteren werden möglichst die Bolzen der Aussenhaut benutzt, die auf den Diagonalplanken auf Ring zu klinken sind.

Entfernung und Lage der Diagonalplanken nach Zeichnung. Die Räume zwischen den Lagen der Diagonalplanken sind durch eichene Planken auszufüllen, die so zu befestigen sind, dass ihre Raumkanten mit den Diagonalplanken in einer Ebene liegen und sie, wenn erforderlich, leicht entfernt werden können.

Raumwegerung: Eichen, zwei Gänge unter dem Zwischendecksbalkweger; jeder Gang 29 cm breit, der obere 13 cm, der untere 14 cm dick. Unter den Diagonalplanken 5 Gänge, jeder 26 cm breit und 13 cm dick.

Zwei Gänge über den Laschungen der gleicharmigen Bodenwrangen, jeder 26 cm breit und 13 cm dick. Zwei Gänge zu jeder Seite des Kielschweins, jeder 29 cm breit und 14 cm dick.

Bänder im Raum: Schmiedeeisen, lang circa 4 Meter, breit je nach ihrer Lage 12 bis 13 cm, dick in der Kehle 10 cm, an den Enden 2 bis 2,5 cm. Die Bolzen: 3 Stück von 3,5 cm, 2 Stück von 3 cm, die übrigen von 2,5 cm Dicke.

Plattformbalken: Je nach Erforderniss fichten oder eichen, nach Maassgabe der Zeichnung; ohne Balkweger auf Klampen an den Wegerungsplanken resp. Spanten befestigt.

Zwischendeckbalkweger: Eichen, zwei Gänge, der oberste Gang 26 cm breit, oben 29 cm, unten 22 cm dick; der untere Gang 27 cm breit, oben 22 cm, unten 14 cm dick; sie werden kantweise zusammengebolzt.

Zwischendecksbalken: Eichen, mit Ausnahme der über den Kesseln etc. 26 cm dick, Mallbreite 26 cm, Bucht 13 cm; der Balken unter dem Besahnmast 29 cm dick und 29 cm breit.

Zwischendecksbalkenknie: Schmiedeeisen, Breite in der Kehle 8 cm, an den Enden 7 cm; Gewicht circa 60 Kilogrammes. Sie erhalten drei Bolzen resp. 3, 2,5 und 2 cm dick, durch den Balkenarm, fünf durch den Seitenarm, nämlich 3 von 3 cm und 2 von 2,5 cm; die Bolzen durch den Balkenarm eisern, durch den Seitenarm kupfern.

Zwischendecksstützen: Eichen, 18 cm quadratisch, wo die Einrichtung es gestattet, auf das Kielschwein zu stellen. Die Stützen der eisernen Balken im Maschinen- und Kesselraum eisern.

Zwischendeckband: Eichen, dick 26 cm, geht bis zum ersten Balken und wird mit demselben verbunden; es erhält drei Bolzen von 3,5; vier von 3 cm Dicke. Die Bolzen werden contra geschlagen und mit Ausnahme der drei mittleren auf Entfernungen von 45 cm placirt.

- Zwischendecksplanken: Kiefern, dick 7,2 cm, breit mittschiffs circa 20 cm; Deckspieker eisern, verzinkt, mit Deckspfropfen bedeckt.
- Zwischendeckswassergang: Eichen, dick unten 28 cm, oben 14 cm über jeden Balken gekämmt. Er erhält durch jeden Balken einen eisernen Auf- und Niederbolzen von 2,5 cm; durch die Schiffswand kupferne, abwechselnd mehr oben oder unten geschlagene 2,5 cm dicke Bolzen.
- Zwischendeckswegerung: Eichen, dick oben 18, unten 14 cm, Breite jedes Ganges circa 24 cm.
- Batteriedecksbalkweger: Eichen oder Teak, hoch 29 cm, dick oben 30 cm, unten 18 cm.
- Batteriedecksbalken: Eichen oder Mahagoni resp. Teak, Dicke 34 cm, Mallbreite 31 cm, Bucht 18 cm. An den Masten-Betings und Luken womöglich aus einem Stück.
- Halbe Balken des Batteriedecks: Eichen, 21 cm quadratisch, werden an den Schlingen mittelst T-förmiger Schienen, deren längsschiffs und querschiffs Arme je 29 cm lang sind, befestigt. Die Breite der Schienen 6 cm; die Dicke 1,5 cm, die Bolzen darin 1,5 cm stark. Jeder halbe Bolzen erhält durch den Balkweger, einen 2,5 cm Auf- und Niederbolzen.
- Schlingen: Eichen, zwischen den Batteriedecksbalken bordwärts breit 27 cm, dick 10 cm, sie werden zwischen alle Balken von vorne bis hinten gelegt.
- Batteriedecksbalkenknie: Schmiedeeisen, Breite in der Kehle 13 cm, an den Enden 8 cm, Gewicht circa 90 Kilogr. Mit Lappen statt einer Gabel versehen.
- Batteriewassergang: Eichen oder Teak, hoch 29 cm, breit 26 cm, wird 4 cm über jeden Balken gekämmt. Erhält in jedem Balken einen 5 cm dicken Auf- und Niederbolzen und durch die Hölzer 3 cm dicken Bolzen.
- Gänge neben dem Wassergang: Eichen, breit 26 cm, dick 10 cm, sie werden mit dem Wassergang durch 2,5 cm dicke Horizontalbolzen, die durch die Innhölzer und die äussere Beplankung gehen, verbunden.
- Batteriedecksplanken: dick 10 cm, breit 21 cm; die Gänge innerhalb 3 Meter von der Schiffswand, sowie die bei der Klüsenbettung und unter den Ankerketten im Bug eichen, die übrigen kiefern. Deckspieker eisern, verzinkt.
- Setzbord: Eichen, zwei Gänge von gleicher Breite, dick 11 cm, geht bis zur Unterkante Pforten.
- Wegerung zwischen den Pforten: Eichen, breit jeder Gang 18 cm, dick oben 8 cm, unten 11 cm.
- Wegerung über den Pforten: Eichen, breit 18 cm, dick 8 cm, reicht bis zur Unterkante des Oberdeckbalkwegers.

Ankerbetungen: Eichen, nach Maassgabe der Zeichnung; das vorderste Paar: Querschnitt vom Kopf bis 5 cm unter den Batteriedecksbalken 45 cm quadratisch, an der Unterseite der Zwischendecksbalken 31 cm quadratisch, Höhe über den Batteriedecksplanken 1,5 Meter, das Betingsknie hoch 50 cm, breit 29 cm; mit 2,5 cm eisernen Bolzen und eichenen Cylinderzapfen befestigt.

Das zweite Paar: Vom Kopf bis 25 cm unter den Batteriedecksbalken 45 cm quadratisch, Höhe über den Batteriedecksplanken 1,5 Meter.

Querbeting: auf und nieder 36 cm, längsschiffs 50 cm, 6 cm übergekämmt und mit zwei Cylinderzapfen und zwei Stück Bolzen an den Knechten befestigt. Abstand der Unterkante vom Deck circa 50 cm.

Bugsprietbetung: Eichen, dick 36 cm, breit 1 Meter, an den betreffenden Oberdecks- und Batteriedecksbalken übergekämmt, die Bolzen längsschiffs 3 cm, querschiffs 4 cm dick, aus Eisen.

Band zwischen Batterie und Oberdeck: Schmiedeeisen.

Speigaten, Blei.

Bugklüsen: aus Gusseisen, zwei auf jeder Seite. Durchmesser inwendig 40 cm, Rohrstärke 3 cm.

Oberdecksbalkweger: Eichen, hoch 24 cm, dick querschiffs oben 30 cm, unten 24 cm, Verbolzung etc., wie beim Batteriedecksbalkweger. Bolzen auf und nieder 2,5 cm, querschiffs 2 cm dick, eisern.

Oberdecksbalken: Eichen oder Kiefern. Die Balken an den Masten, unter den Geschützen und an den grösseren Luken eichen, die übrigen Kiefern. Die eichenen Balken möglichst aus einem Stück. Die kiefernen Balken sämtlich 26 cm dick. Mallbreite 24 cm, Bucht 18 cm.

Oberdeckszwischenbalken: nach Zeichnung, Kiefern.

Oberdeckssehlingen: nach Zeichnung, Eichen.

Oberdecksbalkenknie: Kehle 10 cm, an den Enden 7 cm, Gewicht circa 80 Kilogr. Drei Bolzen durch den Balkenarm, sechs Stück durch den Seitenarm.

Oberdeckswassergang: Eichen oder Teak; breit 20 cm, hoch 26 cm; 4 cm über die Balken gekämmt; die Auf- und Niederbolzen 2,5 cm, die durch die Schiffsseite geschlagenen 2 cm dick, aus Eisen.

Gänge neben dem Wassergang: Eichen, zwei Stück an jeder Seite, breit in der Mitte 20 cm, dick 11 cm und 9 cm. Sie werden kantweise mit der Schiffswand verbolzt.

Decksplanken: Kiefern, breit 20 cm, dick 12 cm. Die Spieker in der Nähe des Compasses aus Bronze, sonst aus verzinnem Eisen.

Schandeckel: Eichen oder Teak, Dicke 10 cm. Die Zapfen der Innhölzer hoch 4 cm, querschiffs 5 cm, längsschiffs 15 cm. Vorn und hinten über den Pforten zum Aufklappen.

Innere Schanzkleidung: wo die Krümmung es erfordert, Eichen, sonst Kiefern.

Aeussere Bepankung: Eichen; vom Schandeckel mittschiffs bis zur Oberkante Pforten 5 Gänge; dick am Schandeckel 8 cm, unten 11 cm. Zwischen den Pforten 4 Gänge; der oberste Gang an der Oberkante 9 cm, der unterste an seiner Unterkante 11 cm dick. Von Unterkante Pforten bis zum Bergholz drei Gänge; der oberste an der Oberkante 11 cm, der unterste 14 cm dick. Berghölzer acht Gänge: grösste Dicke 18 cm, Dicke oben 14 cm, unten 15 cm; Breite der Gänge 26 cm. Gänge unter dem Bergholz: die Dicke derselben nimmt mit jedem Gang um $\frac{1}{2}$ cm ab, bis sie das Maass von 10 cm erreicht; Breite 24 cm, Bodenplanken 10 cm dick, breit 24 cm. Kielgänge: drei an jeder Seite, Breite und Dicke nach Zeichnung; der Querschnitt bordwärts mit Haken versehen.

Rüsten: Eichen, dick an Bord 13 cm, aussen 8 cm.

Krahnbalken: Eichen, hoch 40 cm, breit 42 cm, mit Knien und eisernen Stützen versehen.

Schegg: die Hauptstücke eichen, die übrigen kiefern; Vorkante soviel wie möglich abgerundet.

Ruder: das Herz und das vorderste Stück eichen, die Füllungsstücke kiefern.

Fallreepsöffnung; auf jeder Seite von 1 Meter Breite.

Gallionspforte: wenn der Raum dazu vorhanden ist, an jeder Seite eine Gallionspforte anzubringen.

Fussblockbolzen: Belegklampen, Bleirohre etc. für das laufende Gut, eiserne Gabeln zu den Jacobsleitern, Nagelbänke etc. den Bedürfnissen der Ausrüstung entsprechend anzufertigen und anzubringen.

Kupferhaut geht in der Mitte 78 cm über die Wasserlinie, desgl. 95 cm vorne und 1 Meter hinten.

Spieker und Bolzen: alle Spieker und Bolzen bis 30 cm über der Bekupferung aus Bronze resp. Kupfer, darüber von Eisen mit eingejagten und mit Pfropfen verdeckten Köpfen.

Berichtigung:

Auf Seite 155 muss Zeile 11 von unten lauten:

„aus drei Aequivalenten Blei und vier Aequivalenten Sauerstoff“. —

Alphabetisch geordnetes
Sachregister.

Die beigefügten Zahlen geben die Seiten an.

A.

Abdichten der Aussenhaut 82
 " von Compositeschiffen 144
 " der Nähte über Wasser 83
 " der Wegerung 46
 Ablauf 86
 Ab- und Anliegende Plattengänge 118
 Abstützung des Panzerdecks 209
 Abtrift 375
 Aenderung des Stabilitätsmoments 344
 " der Steuerlastigkeit 352
 " der Tiefgänge 352
 Anbringen der Plattengänge 120, 121
 Anhang 407
 Ankerfallvorrichtung 91
 Anordnung der Panzerplatten 200
 Anpassen des Ruders 84
 Anstrich, abblätternder 152
 " auf Holz 159
 " Bleimennige — 155
 " gegen Rostbildung 154
 " giftiger — 152
 " gegen Bewachsen 152
 " Lack — 157
 " schlüpfriger — 152
 Arbeitsleistung der Maschinen 403
 " der Stabilität 384
 " des Windmoments 391
 Artilleristische Einrichtungen 186
 Atwood's Formel 327
 Aufgaben mittelst der Lenztafel zu lösen 179
 Aufklotzung 407
 Auflanger 33
 Aufräumen der Nietlöcher 126
 Aufstellung der Spanten 36
 Auftrieb 278
 Ausdocken von steuerl. Schiffen 367
 Aussenhautbeplankung 63 — beplattung 117
 " Vernietung der — 125
 " Dicke der — 118
 Ausgaberaum der Pulverkammer; 188
 " öffnung in den Thüren der Pulver-
 kammer; 188
 Aussenkante Hölzer, 3.
 Aus- und Einsetzen der Boote 260, 268, 270.

B.

Ballastwasser in den Verschlusspontons 286
 — in schwimmenden Docks 173 — in
 den Zellen des Doppelbodens 173
 Balken 55, 409 eiserne — bei Holzschiffen 59
 Balkenknie 76, 409 Raum — 59 Batterie
 — 58 Zwischendecks — 59
 Balkweger 46, 409, 410.
 Balanceruder 231
 Bassin für Schleppversuche 402
 Baustelle des Schiffes 17
 Bau des Ruders 233
 Baxterspill 256
 Beanspruchung der Befestigungsmittel 80
 " der Rundhölzer 243
 " des Schiffskörpers 14
 " auf Zug 13 — auf Druck
 13 — auf Abscheeren 14
 Bedeutung des Panzergürtels 194
 Beeting 91, eiserne — 254, Beetingknie 92
 Befestigung der Compoundpanzerplatten
 215
 Befestigung der Diagonalschienen 52
 " der Maschinenfundamente 48
 " der Panzerplatten 200, 204
 " der Teakholzunterlage 203
 " der Wegerung 45
 " der Deckpanzerplatten 209
 " der Planken von Composite-
 schiffen 143
 Befestigungsmittel 79
 Beleuchtung der Munitionsräume 189
 Bemerkungen zur Lenztafel 182
 Beplankung 63, — der Decks 74
 " der Compositeschiffe 143
 Beplattung der Schotten 115
 doppelte — hinter dem Panzer 202
 Berghölzer 71
 Besahnsbaum 243
 Beschlag der Boote 266
 Beseitigung der Lose im Ruderreep 236
 Beschlag des Hinterstevens 32, — des
 Kiels 24
 Bewachsen eiserner Schiffsböden 144, 149,
 151

Bewachsen, Anstriche gegen das — 152
 Bewegliche Ladung 369
 Bewegungsmechanismen des Ruders 217
 Bilgewater, rostfördernd 153
 „ Stabilität verringern 369
 Binnensteven 25, 407
 Bleimennige 155
 Bodenbeschlag, von Holzschiffen 94,
 „ von Compositeschiffen 144
 „ eiserner Schiffe 144, 149
 „ Isolirung desselben 146
 „ aus Kupfer 144 — aus
 Yellowmetall 144 — aus Zink 149
 Bodenwrangen 33, 408 — eiserner Schiffe
 106 — durchbrochene 107
 Bolzen, Klink- 79 Stumpf- 79 Panzer-
 bolzen 204
 B. O. M. Tonnage 305
 Boote 258 Beanspruchung der — 259
 Bootsclassen 259
 Bootsdavits 268
 Bootsbeschläge 266
 Bootsklappen 269
 Bootstakelage 267
 Borda's Regel 344
 Bracketsystem 139
 Bramstengen 249
 Breite des Schiffes 9
 Broncesteven 148
 Brunnenconstruction eiserner Schiffe 130
 Bruttotonnengehalt 303
 Bucht der Balken und Decks 56
 Bugbänder 78
 Bugruder 232
 Bugspriet 250 Bugsprietstuhl 94
 Bestimmung des Widerstands mit Hilfe
 von Modellen 400.

C.

Casematte 193
 Cisterne, Sammel — 169
 Combination von Holz und Eisen 142
 Commandoelemente 199
 Commandothurm 199
 Compositeschiffe 142 Beplankung der — ;
 Kiel der — Steven der — 143
 Compositeschiffe, Befestigung der Beplan-
 kung von — 143

Compositeschiffe, Material der — 144
 Compoundpanzerplatten 214
 Conservirung der Schiffe 153
 „ des Holzes 159
 Constructionstiefgang 8
 Construction des Schiffskörpers hinter dem
 Panzer 201
 Correspondirende Geschwindigkeiten 398
 Correspondirende Daten von Modell und
 Schiff 405
 Cylinderzapfen 22.

D.

Dampfbeiboote 266
 Dampfpumpen 175
 Dampfsteuerapparat 238
 Dead wright Tonnage 305
 Decksbalken 55, 409 — eiserner Schiffe 108
 Decksbucht 56
 Decksbänder 74, 409
 Decksplanken 74, 410 Befestigung der —
 82 Material der — 76
 Deckspfpfen 82
 Deckstützen 61, 409
 Decke der gepanzerten Thürme 208
 Displacement 278, Berechnung des — 292
 Displacementsdiagramm 301 — Tafel 294
 — factor 294
 Displacementsschwerpunkt 306 Entfernung
 des — vom hintern Perpendikel 309 —
 — von der ob. Wasserlinie 308
 Diagonalboote 265
 Diagonalschienen 51, 409 Befestigung der
 — 51, 409
 Diagonalverband 49 — der Freya 55 —
 der Decks 75 — bei eisernen Schiffen 113
 Diagonalverband der Compositeschiffe 142,
 144
 Diagramm des Displacements 301
 „ der Displacementsschwerpunkte
 335
 Diagramm der Metacentren 335
 „ der Stabilität 327
 „ der Segelmomente 382
 „ der Wasserlinien und Spanten
 298
 Dimensionen der Theile eines Holzschiffes
 407
 Dimensionen der Panzerplatten 200

Docken steuerl. Schiffe 365
 Dollbord 261
 Donauregel für die Vermessung von Schiffen 304
 Doppelboden 139, 163
 Doppelte Befestigung 81
 Downton's Pumpen 172
 Drainagerohr, doppelte -- 168 Drainagerohrstutzen 168
 Drainagesystem 160, 168
 Drahttaugang 257
 Drehmomente des Ruders 217
 Drehungspaare, stossartig wirkende -- 391
 Drehvorrichtung des Ruders 234
 Druckbeanspruchung der stehenden Rundhölzer 243
 Druckrohrleitung 174
 Druckspannungen 13
 Druck des Wassers gegen wasserd. Schotten 281
 Druck des Wassers auf einen schwimmenden Körper 276
 Druck des Wassers gegen eine wasserdichte Thür 281
 Duchten 262, Segel -- 262
 Duchtweger 262
 Dynamische Stabilität 384
 Reserve -- -- 392.

E.

Einfache Befestigung 81
 Eingeschobene Gänge 65
 Einsetzen der Unterwassertheile 85
 Eisenschiffbau 97
 Eiserne Balken bei Holzschiffen 59
 Eiserne Schiffe nach dem Längspantensystem 134
 Eiserne Schiffe nach dem Querspantensystem 105
 Eiserne Schiffe mit Bodenbeschlag aus Kupfer 144
 Eiserne Schiffe mit Bodenbeschlag aus Zink 149
 Eisenrost, chemische Zusammensetzung von -- 153
 Ellis' Compoundpanzerplatten 214
 Entfernung des Displacementsschwerpunkts von der oberen Wasserlinie 314
 Eselshaupt 249.

F.

Fäulnisprocesse beim Holz 159
 Feststellvorrichtung des Ruders 239
 Feuerlöschrohrleitung 177
 Festigkeitsnietungen 124
 Fischdavit 90
 Flächeninhalt einer Wasserlinie, eines Spants etc. 295
 Freightonnage 305
 Frischwasserpumpen 177
 Füllplatten auf den Spanten bei Schotten 118
 Füllstreifen auf den Spanten unter den abliegenden Gängen 118
 Füllung einer Abtheilung des doppelten Bodens 173, 197
 Füllhölzer 70, 409
 Fundament für Maschinen und Kessel von Holzschiffen 48
 Fundament für Maschinen und Kessel von Eisenschiffen 130
 Funktion der Beplankung 63.

G.

Gaffel 251
 Gallion 26
 Gährungsprocesse bei Holz 159
 Gänge, Planken -- 63, Plattengänge 116, Verlorene -- 65 Ab- und Anliegende -- 118
 Gangspill, Harfield's -- 254 Baxter's -- 256
 Gemischte Befestigung 81
 Gepanzerte Commandothürme 199
 " Decks 196
 " Luksülle 199
 " Thürme 206, 208
 Geschützpforten 187
 Gewehrmunitionskammern 187
 Gewicht der Artillerie 291
 " des leeren Schiffskörpers 290
 " der Maschinen, Kessel und Kohlen 290
 Gewicht des Panzers 190, 201, 290
 Gewichtsänderungen, welche nur den einen der Tiefgänge an den Enden des Schiffes afficiren 361
 Gewichtsverminderung, durch Verbrennen der Kohlen verursacht 361

Gewichtsverschiebungen in vertikaler Richtung 344
 Gewichtsverschiebungen in horizontaler Richtung 351
 Gleichgewichtslage 318
 " stabile, indifferente und labile — 320
 Granatkammern 187
 Grundanstrich 156
 Grundberührungen, Maassregeln bei — 363, 365
 Grundberührungen, labile Gleichgewichtslage bei — 363
 Gürtelpanzer 193
 Gürtelwinkel 202.

H.

Halbe Bodenwrangen 85
 " Balken 57
 Hängemattkasten 73
 Handrad zum Drehen des Ruders 235
 Hauptspant 2
 Heckbalken 89, 407
 Heckbänder 78
 Heissbolzen der Boote 266
 Helling 17 gemauerter — 18; überdachter — 18
 Hintersteven 28, 407 -- knie 28 — aus Eisen 104
 Hintersteven von Schraubenschiffen 29
 " Material des — 32
 " Beschläge des — 32
 Holz, Schiffbau — 159 Conservirung des — 159
 Holznägel 79
 Holzschiffbau 19
 Horizontaldruck des Wassers auf einen schwimmenden Körper 278
 Hülfsätze aus der Hydrostatik 273
 Hydraulischer Steuerapparat 241.

I.

Innere Längsverbandstücke 110
 Intercostalplatten 112
 Irene S. M. S. — 198
 Isolirung des kupfernen Bodenbeschlags eiserner Schiffe 146

Isolirung, Folgen einer mangelhaften — 146

Isolirung, Nicht — eines Bodenbeschlags aus Zink 150.

J.

Joch, Ruderjoch 229
 Jungferblöcke 243.

K.

Kantspanten 6, 37, 38, 409
 Karweelbau 260
 Keilkante, Lage der — 339
 Keilstücke, auf- und eintauchende 337
 Kettengang bei Spillen 254
 Kiel 20, 407 — von eisernen Schiffen 100
 Material des Kiels 28
 Kiel, provisorischer — 23
 Kiellaschen 21, 407
 Kiel von langen Schiffen 143
 Kielschwein 43, 407 — eiserner Schiffe 110
 Kielplanken 69
 Kielstapel 18
 Kielstreckung 23
 Kimmstücke 33
 Klamaien 83
 Klappstützen 62
 Klinkerbau 263
 Klingring 21
 Klüshölzer 38, 409
 Klüverbaum 251
 Kofferdamm 197, 198, 199
 Krängungsversuch 341 — mit leerem Schiff 342 — mit ausgerüstetem Schiff 243 Vorsichtsmaassregeln beim — 243
 Kraft an der Pinne zum Drehen des Ruders 229
 Krahnbalken 89, 413
 Krahn, schwimmender — 369
 Kupferfeste Schiffe 81.

L.

Lackanstriche 158
 Ladung, bewegliche — 369
 Stabilitätsverlust bei bewegl. -- 370

Länge des Schiffes zwischen den Perpendikeln 8
 Längsschiffsbiegemoment 119
 Längsspantensystem 134
 Längsspannten, Construction der — 136
 „ wasserdichte — 137
 „ mit Erleichterungslöchern 138
 Längsspannten bei Handelsschiffen 140
 Längsverbandstücke 110 12
 Leckagen, schwere und leichte — 166
 Leckstelle unter Wasser 167
 Leinöl, wirksamer Bestandteil der Oelfarbe 155
 Leitrollen für das Ruderreep 235
 Lenzen einer Abtheilung des doppelten Bodens 173
 Lenztafel 178, 180, 181
 Lenzvorrichtungen 168, 182
 Liniensystem 9, Entwurf des — 312
 Lösch- und Ladeluken 114
 Lose im Ruderreep 236
 Loskiel 23, 407
 Luken 113
 Luksülle 73 — bei eisernen Schiffen 113
 „ gepanzerte — 199
 Lukenverschlüsse gegen Sprengstücke von Granaten 197

M.

Maassstab der Constructionszeichnung 2
 — des Widerstandsdiagramms 400
 Mallkante 33, 408
 Mast, Unter — 245; gebauter — 246
 „ aus Eisen resp. Stahl 247
 Mastspuren 93
 Mars 249, — stenge 249, — Raa 252
 Material der Beplankung von Compositeschiffen 148
 Material des Kiels 23 — des Hinterstevens 32
 Material der Decksplanken 76
 „ der Panzerplatten 211
 „ der Schiffspumpen 174
 Metacentrum 321
 Metacentrische Höhe 322
 Metacentrum für Neigungen um die Querachse 340
 Minimalhöhe der wasserd. Schotten 162

Munitionsräume 187
 Munitionstransportrohr 197.

N.

Näthe, Planken — 66
 Nettotonnagehalt 303
 Nietdistanzen 125
 Nietköpfe, versenkte — 123
 Nietlöcher, Aufräumen der — 126
 Nietungen 122 Festigkeitsnietungen 124
 „ mangelhafte — 126
 Normaldruck auf das Ruder 218
 Normand's Formel 314.

O.

Öffnungen in den Schotten 163
 Oelfarbeanstrich 155
 Ohrhölzer 38, 409.

P.

Palldaumen, Pallring bei Gangspillen 255
 Panzerung 189
 „ Gewicht der 190
 Panzerbolzen 204 Anzahl der — 206
 Panzerdeck 195, 208, 209
 Panzerplatten, aus Schmiedeeisen 211
 „ aus Stahl 212
 Panzerträger 137
 zu panzernde Theile des Schiffes 190
 Pascal's Gesetz 274
 Peilrohre 177
 Perpendikel 8
 Pforten, Geschütz — 187, 409
 Piene, Ruder — 229
 Pivotbolzen 186
 Pivot, Schwenk — 187
 Plankengänge 67, 413 Plankennäthe 67
 gesteamte Planken 67
 Planken, Querschnitt der — 69, astfreie — 72
 Planken aus vollem Holze gearbeitet 67
 Plattengänge 116, 118
 Ponton, Verschluss — 282
 „ selbstthätige 283
 Practischer Schiffbau 11

Projectionsebenen 1
 Pumpen, Anzahl derselben 171
 „ Bewegungsmechanismen der —
 171
 Pumpen, Dampf — 175
 Pumpensystem 160, 168, 170
 Pulverkammern 187
 Püttingbolzen 89
 Püttingeisen 89

Q.

Querspanten 105, 136, 138, 141
 „ wasserdichte 139
 „ oberhalb eines Gürtelpanzers
 oder Panzerdecks 142
 Querspanten, doppelte hinter dem Panzer
 202
 Querschnitt der Decksbalken 56
 „ der Planken 69
 „ Doppeltförmiger 110
 „ └ förmiger — 111
 Querverbandstücke 12, 15.

R.

Raaen 244, 251
 Rammsteven 28 — aus Eisen 103
 Railing 72
 Raumbalken 59, -- bei tiefen eisernen
 Schiffen 112
 Reep, Ruder -- 234, 235
 Reibungsfläche 396, — Widerstand 395
 Reibungswiderstand von Modell und Schiff
 401
 Reserveauftrieb 161
 „ Dyn. Stabilität 392
 Reservepinne 239
 Riemen, Bootsriemen 259
 Rohrleitung, Druck — 174 Sauge 172
 Rost, chem. Zusammensetzung von — 153
 Rostbildung durch galvanische Action 154
 Ruder 217, 413, Drehmoment des — 217
 Ruder, Anpassen des — 84
 Ruderdollen 262
 Rudermall 85
 Ruderpforten 262
 Ruderschlossholz 85

Rudersteven 28, 407 — von Schrauben-
 schiffen 31
 Rücklaufventil 172
 Rüsten 88, 413
 Rundhölzer, stehende — 243; liegende
 — 244.

S.

Sahling 248
 Sammelcisterne 169
 Sandwichsystem 212
 Schandeckel 72
 Scheergänge 71
 Schegg 26, 413
 Schiessversuche zu Spezzia 212
 Schiff in Spanten 42
 Schienensystem für Geschütze 186
 Schleppversuche 401
 Schleusenschieber 169
 Schlichten der Spanten 42
 Schlingen 57
 Schlingerkiele 388 Schlingerversuch 387
 Schlingerschotten 372
 Schwingungen, constante — im See 387
 Schwingungsdauer 388, 490
 Schlosshölzer in der Wegerung 45
 Schmiege der Spanten 33
 Schnaumast 253
 Schotten, Minimalhöhe der — 162
 „ Wallgangs — 163
 „ 114, wasserd. — auf Handels-
 schiffen 184
 Schraubenbrunnen 40, Bepflankung des —
 41, Querschnitt des — 41
 Schraubenbrunnen aus Eisen 42
 Schraubenstützen 62
 Schwannenhals bei Pumpen 172
 Schwenk pivots 187
 Schnürboden 10
 Schubspannungen 14
 Schutzbeplattung gegen abfliegende Panzer-
 bolzenmuttern 206
 Schutz gegen Rosten durch metallische
 Ueberzüge 158
 Segelfläche, Zerlegung der — 242
 Segelmoment 372, 376
 Segelmomentendiagramm 382
 Segelschwerpunkt, Lage des — der Höhe
 nach 378

Segelschwerpunkt, Lage des — der Länge nach 379
 Segelstellung, theoretische — 374
 Seitenkielschwein 111
 Senten 32
 Signirung der Pumpen und Ventile 176
 Simpson's Regel 295
 Spantenriss 2
 Spantbolzen 34
 Spanten, Aufstellung der — 36, Zusammensetzung 33, 407
 Spanten eiserner Schiffe 104 Spantwinkel 107
 Spanten von Compositeschiffen 142
 Speichenrad 235
 Spiegel von Booten 261
 Spillkopf 255
 Sponungen 8, 20
 Sprung des Schiffes 56
 Stabilität 318, Dynamische — 384, — bei böigem Winde 391
 Stabilitätsdiagramm 327
 Stabilitätsmoment 322, — für die Längsachse 322
 Stabilitätsmoment der Form 323
 „ der Gewichte 323
 „ für kleine Neigungswinkel 330
 Stabilitätsmoment für beliebige Neigungswinkel 337
 Stabilitätsmoment für die Querachse 337
 „ Aenderung des — in Folge von Gewichtsverschiebungen 344
 Stabilitätsmoment Aenderung des — in Folge von Gewichtsänderungen 348
 Stabilitätsmoment Aenderung des — in Folge von Grundberührungen 363
 Stabilitätsmoment Aenderung des — in Folge von bewegl. Ladung 370
 Stampfstock 251
 Stapelklötze 18
 Stauung von Gewichten der Höhe nach 349
 „ „ „ der Länge nach 362
 Stegplatten 111
 Stengen 249
 Steuerfähigkeit von Schraubenschiffen 223
 Steven aus Bronze 148
 Stevenrohr 30
 Steuerlastigkeit 9
 Steuerlastigkeitsänderung in Folge von Gewichtsverschiebungen 352

Steuerlastigkeitsänderung in Folge von Gewichtsänderungen 358, 360
 Steuerlastigkeitsänderung um die Einheit 354
 Stone's Pumpen 172
 Stopperschiene 89
 Stossplatten 121
 Stossvertheilung 66
 Stringerplatten 112
 Suezregel 304
 Surrogate für Mennigeanstriche 156.

T.

Taljereep 243
 Tanningehalt des Eichenholzes 159
 Teakholz 159
 Teakholzlage hinter dem Panzer 203
 Theoretischer Schiffbau 273
 Theoretische Segelstellung 374
 Tiefgang, Constructions — 7, mittlerer — 9, wirklicher — 9
 Tiefgangsskalen 9
 Tiefgangsänderungen in Folge von Gewichtsänderungen 299
 Tiefgangsänderungen in Folge von Gewichtsverschiebungen 352
 Thürme, gepanzerte — 193
 Türen, wasserdichte — 164, 165
 Todholz 37
 Tonnage, Dead weight — 305
 „ freight — 305
 Tonnengehalt 302
 „ Brutto — Netto — 302
 Tonneau d'affrètement 306
 „ d'encombrement 306
 Trossentrommel von Gangspillen 255
 Trägheitsmoment der Schwimmfläche 332, 333
 Tunnel 130, 131
 Trägheitsmoment des Schiffes 389
 Trägheitsradius 390.

U.

Unstabile Lage eines auf Grund sitzenden Schiffes 364
 Unstabile Lage eines Schiffes während des Ein- und Ausdeckens 364

Winkeleisen, Winkelstahl 105

Winkeleisenstöße 105

Winkeleisenschmiege 106

Wirkung des Ruders bei Doppelschrauben
227

Wirkung der Schraube auf das Ruder
222, 223

Widerstand der Schraube auf das Ruder
beim Rückwärtsgang 225

Wirkungsweise eines Bodenbeschlags 96

Wurmlöcher im Teakholz 159.

Z.

Zeichnungen des Schiffes 1

Zellen, wasserdichte — 170

„ Füllung der 196

Zielkappe bei gepanzerten Thürmen 208

Zink als Bodenbeschlag 150

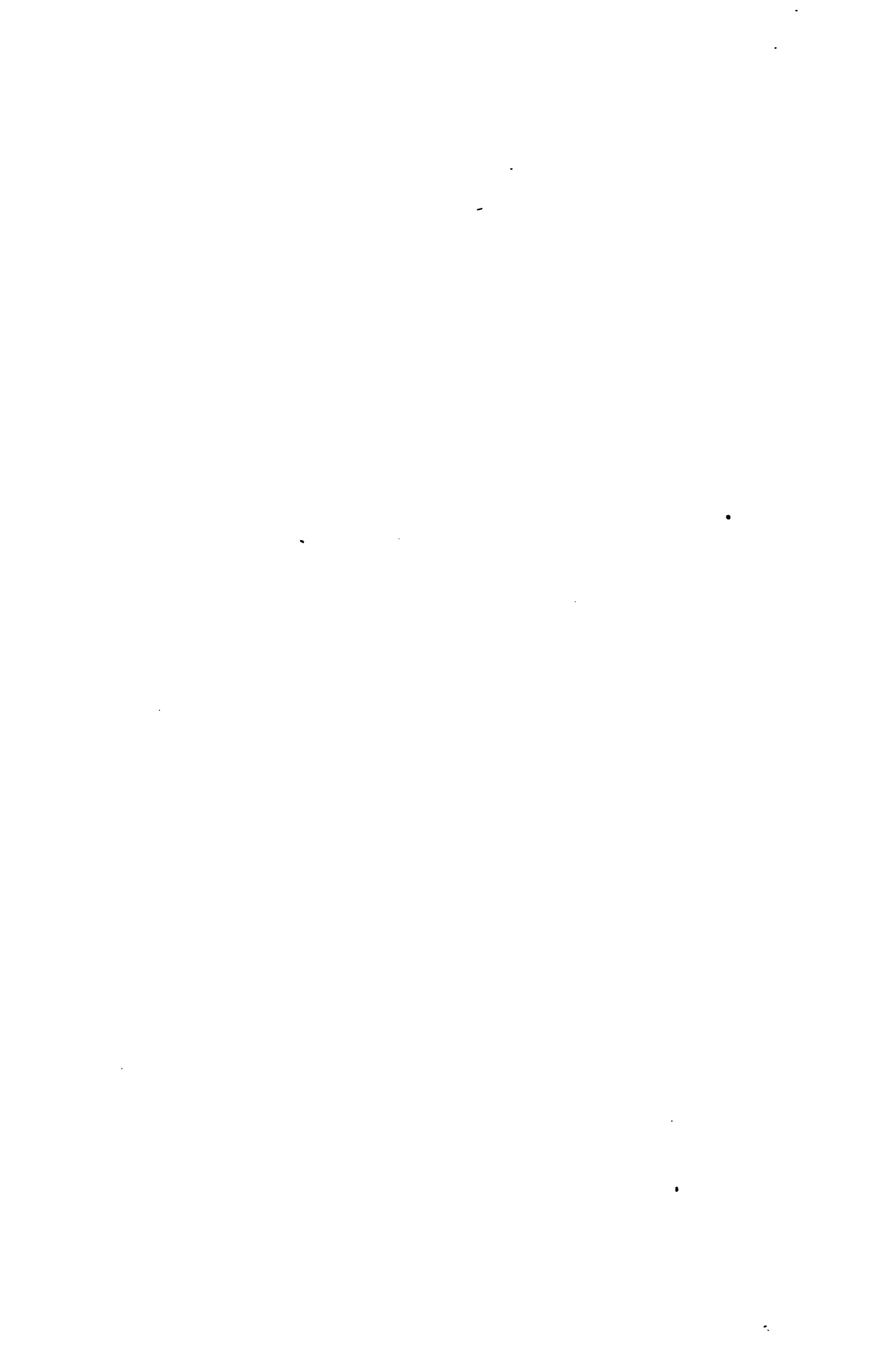
Zone von Zellen oberhalb eines Panzer-
decks 195

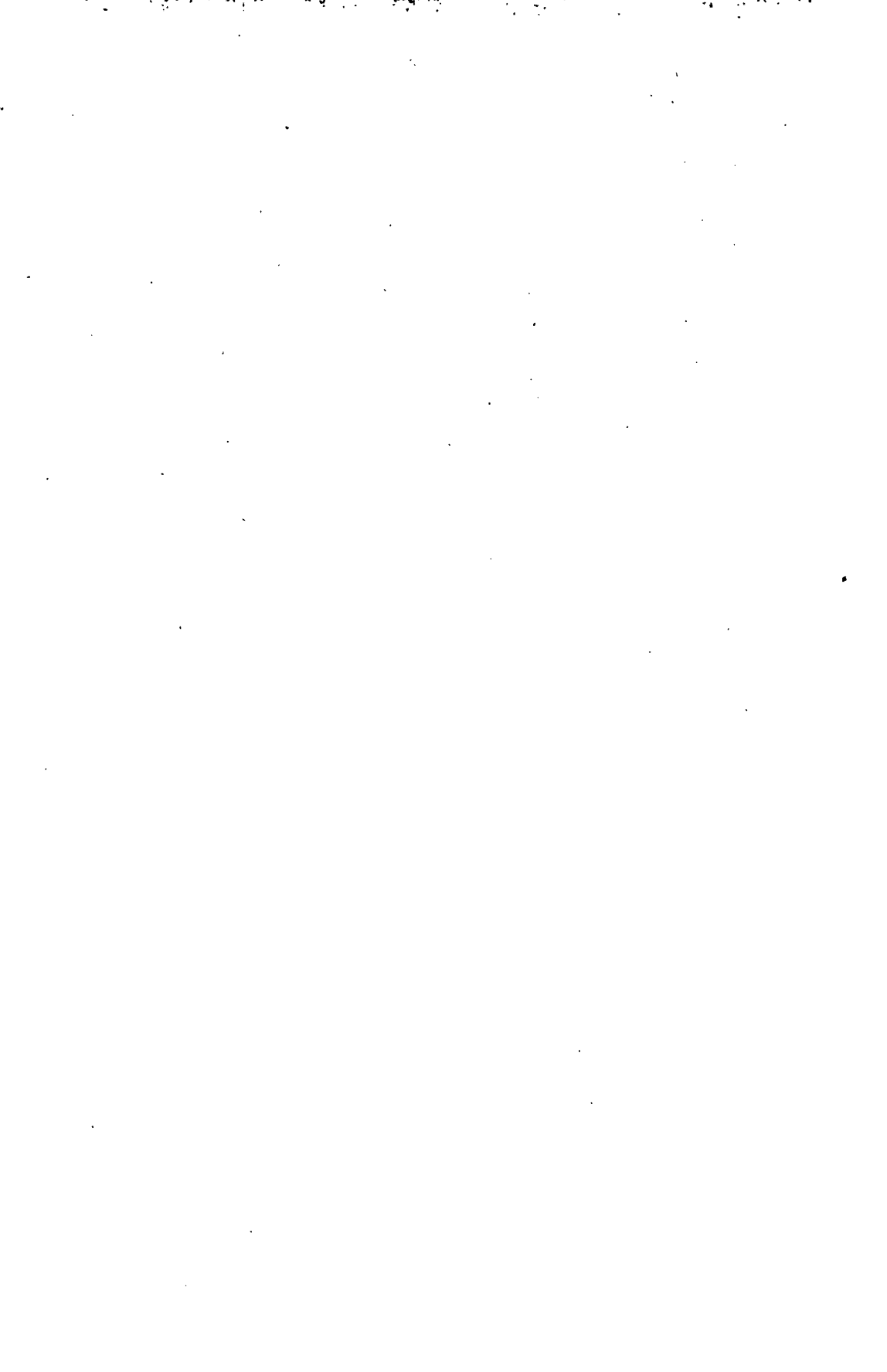
Zugspannungen 13

Zusammensetzung eines Spants 33

Zweigdrainagerohr 169

Zwischendecksbalken 59, 410.









TR
A 145
R

HARVARD ENGINEERING SCHOOL