

DER
MODERNE SCHIFFBAU
I



VERLAG VON E. C. TEUBNER IN LEIPZIG UND BERLIN 1912

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299055

DER MODERNE SCHIFFBAU

VON

G. NEUDECK

KAIS. MARINE-SCHIFFBAUMEISTER A. D.
DIREKTOR DER GEBL. KÖRTING A.-G.
IN KIEL

B. SCHULZ

KAIS. MARINE-OBERBAURAT
IM REICHS-MARINE-AMT
IN BERLIN

DR. R. BLOCHMANN

ZIVIL-INGENIEUR IN KIEL

ERSTER TEIL

GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG DES SCHIFFES
THEORETISCHER UND PRAKTISCHER SCHIFFBAU

VON

G. NEUDECK

MIT 186 ABBILDUNGEN IM TEXT, 11 TAFELN
SOWIE ZAHLREICHEN TABELLEN UND
VERMESSUNGSVORSCHRIFTEN

F. Nr. 28830



LEIPZIG UND BERLIN

DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER

1912

xx
417



II-351668

~~II 5380~~



COPYRIGHT 1912 BY B. G. TEUBNER IN LEIPZIG.

ALLE RECHTE, EINSCHLIESSLICH DES ÜBERSETZUNGSRECHTS, VORBEHALTEN.

Akc. Nr.

~~5093/50~~

1000-10-31/1912

VORWORT.

„Der moderne Schiffbau“ ist dem Wunsche entsprungen, ein deutsches Werk herauszugeben, das ähnlich wie das englische bereits in zahlreichen Auflagen erschienene Buch „A Manual of Marine Engineering“ von Seaton, den gesamten Bau eines modernen Schiffes — Schiffskörper, Haupt- und Hilfsmaschinen — für einen möglichst weiten Leserkreis in einfacher klarer Weise beschreibt und veranschaulicht. Das Werk soll also ein allgemein verständliches Compendium über Schiffbau und Schiffsmaschinenbau sein. Es enthält in gemeinfaßlicher Darstellung geschichtliche Abhandlungen sowie theoretische und praktische Anweisungen und ist sowohl als Lehrbuch wie auch als Nachschlagewerk in der Praxis zu verwenden.

Der vorliegende erste Teil ist dem Bau des Schiffskörpers gewidmet.

Er enthält zunächst in einer geschichtlichen Abhandlung eine genaue Darstellung der Entwicklung des Schiffes von den ersten Anfängen bis zum Beginn der modernsten Epoche, der des Eisenschiffbaues, und bringt zur Erläuterung zahlreiche Abbildungen, welche auf Grund alter zeitgenössischer Bilder unter Berücksichtigung des Technisch-Möglichen die wichtigsten und interessantesten historischen Typen wiedergeben.

Es schließt sich an, ebenfalls durch beigegebene Figuren reich illustriert, eine eingehende Geschichte des Eisenschiffbaues, von seinem ersten Auftauchen bis zur Jetztzeit, wobei dann näher auf die vielen modernen Typen im Handels- und Kriegsschiffbau eingegangen wird.

Der dritte Abschnitt behandelt die Theorie des Schiffes. Er beschreibt alle Maßnahmen, die rechnerisch, statistisch und zeichnerisch notwendig sind, um ein Schiff seinem Zweck und seinen Aufgaben entsprechend zu entwerfen und alle Bauunterlagen für die praktische Ausführung zu schaffen. Zahlreiche Tabellen, Skizzen, Rechnungsbeispiele u. dgl. vervollständigen diesen Abschnitt, der auch noch das Wichtigste über die Schiffsvermessung und Klassifikation enthält.

Im letzten, dem praktischen Schiffbau gewidmeten Abschnitt werden dann von den zahlreichen einzelnen Bauteilen, aus denen ein modernes Schiff besteht, die wichtigsten in möglichst knapper anschaulicher Weise beschrieben. Auch hier ist für ein klares Verständnis durch Beifügung zahlreicher Skizzen von Einzelteilen gesorgt. Schließlich wird geschildert, wie der Zusammenbau all der vielen Einzelteile zum Ganzen vorbereitet und ausgeführt wird, zunächst in den Werkstätten und auf der Helling, dann nach dem Stapellauf auf dem Wasser, bis endlich das gesamte schwimmende Schiffsgebäude in seiner gewünschten Form fertiggestellt ist und nach Erledigung der nötigen Erprobungen seinem Zweck übergeben werden kann.

KIEL, im Januar 1912.

G. NEUDECK.

INHALTSVERZEICHNIS.

	Seite
I. Die Geschichte des Schiffes bis zum Beginn des Eisenschiffbaues.	
Seite	
A. Früheste Entwicklung	1
B. Ägyptische, babylonische und phönizische Schiffe	5
C. Griechische und römische Schiffe	10
D. Germanische Schiffe	18
E. Die ersten Schiffe mit Geschützen	22
F. Die Schiffe zur Zeit der großen Entdeckungen	25
G. Die Schiffe zur Zeit der Hansa	28
H. Linienschiffe, Fregatten und Korvetten	33
I. Handelsschiffe, Segelschiffstypen	34
K. Der Schiffbau bis zur Einführung des Eisens als Baumaterial und des Dampfes als Antriebskraft	35
Holzschiffbau	36
II. Die geschichtliche Entwicklung des Eisenschiffbaues.	
A. Vorzüge des Eisens als Schiffbaumaterial	38
B. Eisenschiffbau	40
C. Stahlschiffbau	67
D. Statistische Angaben	74
E. Wichtigste Handels- und Kriegsschiffstypen	75
a. Handelsschiffstypen	76
b. Kriegsschiffstypen	95
III. Theorie des Schiffes.	
A. Deplacement und Schiffskörpergewicht	116
Schiffbautechnische Begriffe und Bezeichnungen	117
I. Schiffbautechnische Begriffe	117
II. Leitsätze für die Auswahl der Bezeichnungen	120
III. Bezeichnungen	120
IV. Wasserverdrängung und Tonnengehalt	125
V. Totes Gewicht und nützliche Zuladung	127
VI. Deplacement und Einzelgewichte	127
VII. Formgebung	132
VIII. Konstruktion des Schiffskörpers	139
B. Stabilitätsberechnung	169
C. Trimberechnung	201
D. Widerstandsberechnung	205
E. Festigkeitsberechnung	207
F. Schiffszeichnungen	220
G. Schiffsvermessung	225
H. Schiffsklassifikation	233
IV. Der praktische Schiffbau.	
A. Vorbereitende Arbeiten zum Bau eines Schiffes	235
B. Die Bauteile	243
Arten der Verbandteile	243
Verbindung der Einzelteile	244
Beschreibung der Bauteile	247
Kiel	247
Kielschwein	247
Steven	248
Spanten	253
Doppelboden	253
Decksbalken	255
Deckstützen	257
Wasserdichte Schotte	257
Außenhautbeplattung	258
Decks	261
Fundamente	262
Wellentunnel	263
Wasserdichte Verschlüsse	263
Panzerschutz und Korkdamm	266
C. Der Bau der Schiffe	268
Gang der Arbeiten auf der Helling	268
Der Stapellauf	269
Der Bau nach dem Ablauf	272
Probefahrten	273

I. Die Geschichte des Schiffes bis zum Beginn des Eisenschiffbaues.

A. Früheste Entwicklung.

Die gewaltige Entwicklung, die im Laufe der Jahrtausende das schwimmende Gebäude, das wir Schiff nennen, genommen hat, spiegelt einen großen Teil der Kulturgeschichte und der Geschichte der Menschheit wider. Die Geschichte des Schiffes ist zugleich Schiffahrtsgeschichte.

Die Mechanik rechnet das Schiff zu den ortsverändernden Maschinen, deren Bewegungsfolge durch die Steuerung bewirkt wird. Schiffbauer und Seeleute betrachten das Schiff als ein schwimmendes Gebäude, das dazu bestimmt ist, Menschen und Güter eine Strecke weit fortzuschaffen. Bei Kriegsschiffen kommen zu den Menschen und Gütern die Offensivwaffen, das sind Geschütze mit Zubehör, und die Defensivwaffen, das sind die Panzerungen, hinzu. Konstruktion und Bau des Schiffes gehören sicher zu den schwersten Problemen der Technik, auch in der so verschiedenartigen Form vom kleinsten eigenartigen Boot bis zum wirklichen Seeschiff, das der nationalen Verteidigung als Kriegsschiff dient oder zu Handelszwecken vom einfachen Frachtschiff bis zum prachtvollen Schnelldampfer gebaut wird. Ehe die Technik aber zu diesen heutigen bewunderungswürdigen Riesenwerken emporgestiegen ist, sind gewaltige Entwicklungszeiten verstrichen und haben viele Menschengenerationen ihre Arbeit und ihr Können einsetzen müssen.

Wer der Erfinder des Schiffes in seiner Urform gewesen ist, wird sich niemals mehr ermitteln lassen. Jedenfalls sind Schiffahrt und Schiffbau die ältesten Gewerbe, die die Menschheit besitzt.



Fig. 1. Floß amerikanischer Wilder.

Solche Flöße sind auf verschiedenen Strömen Amerikas bei den Wilden in Benutzung, die gefällte Bäume mit der Rinde, die im Laufe der Zeit abspringt, mit biegsamen Zweigen zusammenbinden oft in doppelter Lage. Eine Hütte dient als Schutz gegen die Witterung und als Wohnung. Zur Fortbewegung dienen roh gezimmerte Ruder, von denen eins am Joch als Steuerruder befestigt wird. Auf flachem Wasser wird mit Stößen gegen den Boden durch Stangen (Balken) das Floß vorwärts bewegt. Das Floß erinnert an die russischen Flöße und solche, auf denen die geschlagenen, behauenen Baumstämme an ihre Bestimmungsorte geführt werden.

Schwimmende Baumstämme, die noch heute die Wilden Australiens als Verkehrsmittel auf dem Wasser benutzen, haben den Menschen wohl das Bild des einfachsten Schiffes gegeben. Zum Übersetzen über

Flüsse werden mutmaßlich mehrere Baumstämme, die zusammengehalten, sich nicht drehen konnten, zum Floß (Fig. 1) vereinigt worden sein.

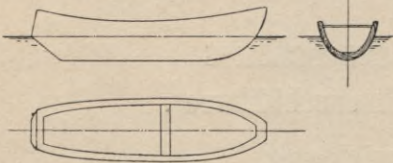


Fig. 2. Einbaum.

Ebenso kann die abgesprungene Rinde eines Riesenstammes das erste benutzte Wasserfahrzeug (Fig. 3) gewesen sein, wie jetzt noch Rindenboote von den verschiedensten wilden Völkern angefertigt werden. Als Übergang vom Floß zum Boot kann das Kata-



Fig. 3. Einbaum aus einem Stück. Verhältnismäßig gut erhalten. Die Wandungen sind stark und hoch. Gefunden in der Ems bei Lingen. Länge 4,75 m. Breite (größte Ausladung) 0,91 m.

marang (Fig. 4) angesehen werden, das jetzt noch Wilde Neuseelands benutzen. Zur weiteren Entwick-

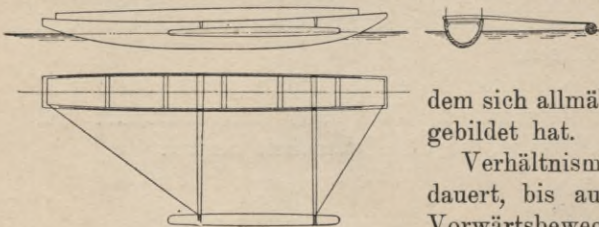


Fig. 4. Katamarang der Südseeinsulaner; gleichsam ein ausbalancierter Einbaum, der den Übergang vom Floß zum Boot bildet. Es gibt auch Katamarangs, die nach beiden Seiten Balancierbäume (Ausleger) haben.

lung haben als Vorbilder die Tiere des Wassers, Fische, Amphibien und Vögel gedient, die ihre Gliedmaßen als Fortbewegungsmittel und Steuerapparat benutzen, so daß nach diesen Vorbildern Ruder und Steuerruder entstanden. Zur Bewegung seines Einbaums, seines Flosses oder Rindenbootes wird der Urmensch einen Baumast benutzt haben, aus dem sich allmählich das Ruder herausgebildet hat.

Verhältnismäßig lange hat es gedauert, bis auch der Wind mit zur Vorwärtsbewegung benutzt worden ist. Der Winddruck auf den im Kahne aufrechtstehenden Menschen genügt schon, um ein Vorwärtsbewegen herbeizuführen. Der wahrscheinliche Fort-

schritt in dieser Richtung dürfte wohl der gewesen sein, daß ein findiger Kopf seine eigene Person durch eine Stange mit starken Blättern oder mit einer Bastmatte ersetzt hat. Das Ruder zum Steuern wurde gleichwohl beibehalten, um das Fahrzeug auch bei ungünstigem Winde vorwärts zu bringen. Vom Einbaum bis zum Kahn, vom Kahn

bis zum Boot, vom Boot bis zum Schiffe mögen viel tausendjährige, viel längere Entwicklungszeiträume notwendig gewesen sein, als vom alten Holzschiff zum modernen Eisenschiff, das in kaum 100 Jahren zur jetzigen gewaltigen Größe und Bedeutung ausgebildet wurde. Die verschiedenen Arten der ältesten Zeiten sind aber fast durchweg noch jetzt über die ganze Erde verbreitet und werden neben den aufkommenden neueren Formen noch heute ausgeführt. Das Kajak (Fig. 5) des Eskimos, der ein bootförmiges Rippenwerk aus passenden Tierknochen herstellt, das er mit Leder überzieht, und die kahnartige chinesische Dschunke (Fig. 6), die seit Tausenden von Jahren an der ostasiatischen Küste gebaut wird, können zu diesen Urformen gerechnet werden.

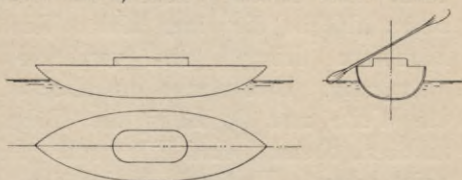


Fig. 5. Kajak.

Das Boot ist in seinen Rippen aus geeigneten Tierknochen hergestellt, die mit Leder überzogen sind. Zur Fortbewegung und Steuerung dient das Paddelruder. Der Sitz des Mannes in der Mitte des Bootes wird wasserdicht durch eine Lederdecke abgeschnürt. Die Eskimos wagen sich mit ähnlichen Fahrzeugen weit aufs Meer hinaus.



Fig. 6. Chinesische Dschunke, wie sie seit Jahrtausenden an der chinesischen Küste in der obenstehenden charakteristischen Form in den verschiedensten Größen gebaut wird.

In den ältesten Sagen, Mythen und Dichtungen werden die mannigfaltigsten Wasserfahrzeuge erwähnt. Eines der ältesten Schiffe, über das genaue sachliche Angaben überliefert sind, ist die Arche Noahs.

Eine große Flut wird nicht nur in der Bibel, sondern in vielen Mythen alter Völker unabhängig voneinander erwähnt, oft auch wird darin einer Arche gedacht. Im ersten Buche Mosis, Kap. 6, 14—16, steht: „Mache dir einen Kahn (Kasten) von Tannenholz und mache Kammern drinnen und verdichte sie mit Pech inwendig und auswendig. Und mache ihn also: 300 Ellen sei die Länge, 50 Ellen die Weite und 30 Ellen die Höhe. Ein Fenster sollst du daran machen, obenan, eine Elle groß. Die Tür sollst du mitten in seine Seite setzen. Und soll drei Böden (Decks) haben, einen unten, den andern in der Mitte, den dritten in der Höhe.“ Wenn man als Elle (vom Ellenbogen bis zur Handspitze) das hebräische Maß, das aus dem ägyptischen Maßsystem übernommen ist, wählt, so würde die Elle gleich $1,85 : 4 \text{ m} = 0,4625 \text{ m}$ sein. Die Ägypter hatten als Längenmaß die mittlere Länge des menschlichen Körpers (1,85 m), der in vier Teile zerlegt wurde, deren einer Elle hieß. Der sechste Teil der Länge des menschlichen Körpers war der Fuß. Die Arche würde dann nach den Angaben des ersten Buches Mosis etwa 138,75 m lang, 23,125 m breit und im Raum 18,5 m tief gewesen sein und eine Wasserverdrängung von rd. 30 000 t bei ungefähr 11,33 m Tiefgang gehabt haben; Abmessungen, die in der Gegenwart erst wieder erreicht werden.

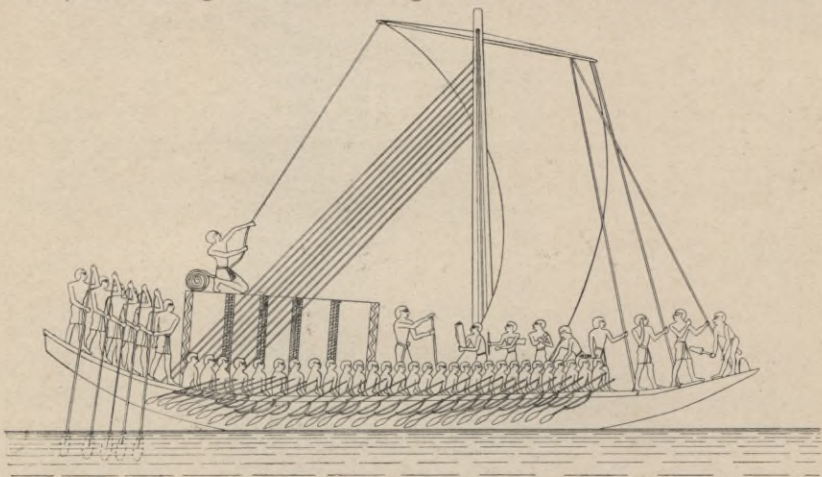


Fig. 7. Ägypt. Schiff aus dem III. Jahrht. v. Chr. nach alten Tempelbildern.

Die Verhältniszahlen Länge : Breite und Tiefe : Breite stimmen merkwürdig mit neueren Verhältnissen überein. Moses hat aber über ägyptisches Wissen verfügt und der ägyptische Schiffbau ist zu seiner Zeit um 1600 v. Chr. schon bedeutend gewesen. Geschichtliche Nachweise über Schiffe von ca. 3000—2000 v. Chr. lassen sich aus ägyptischen Altertümern führen. Wenn man von der prähistorischen

Bibelstelle absieht und sich den geschichtlichen Nachweisen zuwendet, so findet man, daß aus den ägyptischen Altertümern sich um 3000 bis 2000 v. Chr. feststellen läßt, daß die Bewohner des Nildeltas bereits damals eine hochentwickelte Schiffbautechnik besaßen.

Nicht nur Flußfahrzeuge sind verzeichnet, sondern auch Seeschiffe.

B. Ägyptische, babylonische und phönizische Schiffe.

Im Mittelmeerbecken, das damals allein der Schauplatz der uns bekannten Geschichte war, sind die Ägypter diejenigen, die kulturell und technisch am höchsten gestanden haben, die überhaupt die älteste Kultur aufweisen und nachweislich bei ihrem Untergange die anderen Völker, die erobernd in ihr Land drangen, belehrt und durch ihre Beeinflussung zu höherer Kultur gebracht haben.

Ihre kunstvollen Schiffe sind Zeugen des Fortschrittes, den der Schiffbau gemacht hat.

Vom Floß über Einbaum, Katamarang, Rindenboot, Fellboot, Kahn bis zu den Seeschiffen der alten Ägypter, wie sie in den Bildern dargestellt sind, ist der gewaltige Fortschritt leicht ersichtlich. Diese Schiffe waren erst möglich, als die Menschen gelernt hatten, Holz zu zerschneiden und in geeigneten Stücken zu wasserdichten Gebäuden zusammenzufügen.

Alle Abbildungen von Schiffen der Alten, die in Wandgemälden, Bildhauereien, auf Vasen, auf Münzen, auf Gemmen und anderen Schmuckstücken, in alten Inschriften auf uns gekommen sind, lassen sich schwer technisch rekonstruieren, weil sie vom Künstler, der sie lediglich von seinem plastischen Standpunkt aufgefaßt hat, und nicht vom Techniker geschaffen sind. Der Schiffbau ist bis nahe an unsere Zeit heran eine handwerksmäßige Kunst gewesen, die meist vom Vater auf den Sohn erbte und eifersüchtig vor dem Eindringen Fremder bewahrt wurde, weshalb über Abmessungen, Linien, Einrichtungen, Bauart bis zur Zeit der Hansa sehr wenige wirklich technisch richtige Angaben vorliegen.

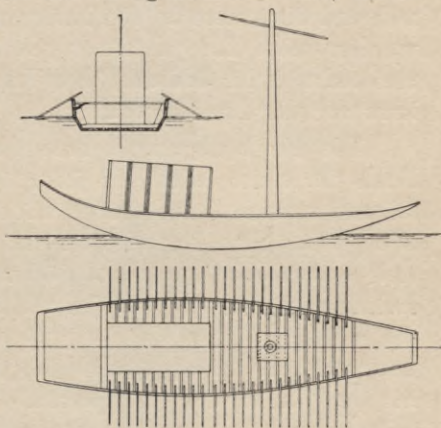


Fig. 8. Ägypt. Schiff. III. Jahrh. v. Chr.
Techn. Skizze.

Die Skulpturen der alten Ägypter stellen Boote, Leichterfahrzeuge, Frachtschiffe, Flußschiffe, Seeschiffe, Fischerboote, Lustfahrzeuge und sogar Kriegsschiffe dar. Die älteste Abbildung eines Frachtschiffes stammt aus dem 3. Jahrtausend v. Chr. (Fig. 7 u. 8).

Tempelreliefs aus dem Jahre 1700 v. Chr. zeigen eine ganze Flotte, die von der Königin Misaphris ausgerüstet wurde. Es sind Frachtschiffe. Gegen die Abbildung aus dem 3. Jahrtausend weisen sie entschiedene Fortschritte auf. Früher wurde das Schiff durch eine Anzahl Ruderer am Heck (s. Fig. 7) gesteuert, hier besteht das Ruder aus einem starken Balken, der, am Joch mit Tauen verbunden, bewegt werden konnte (Fig. 9). Der Mast steht in der Mitte des Schiffes und ragt 9 m über die Wasserlinie. Das Segel wurde oben

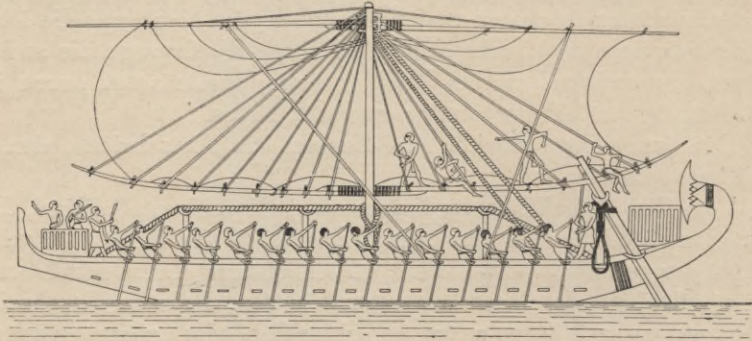


Fig. 9. Ägypt. Schiff aus dem 17. Jahrh. v. Chr.

und unten an zweiteiligen Raan gefahren. Die obere Raa ist gerade, während die untere an den Enden nach oben gebogen ist. Die Raan wurden durch Taue am Mast gehalten und vom Deck aus durch Vor- und Achterholer bedient. Das Bild stellt die Bedienung des Segels kurz vor der Landung dar.

Die Fortbewegung konnte durch Segel oder Ruder geschehen. Nach der Skizze sind auf jeder Seite 15 Ruderer. Sie bedienen die Riemen stehend. Die Ruder selbst sind in Haken oder Taustropfen beweglich. Eine Runzel ist nicht angewendet, weil die Riemen sehr steil gehandhabt wurden. Über der Wasseroberfläche bemerkt man rechteckige Pforten, die jedenfalls bei längeren Fahrten oder bei schlechtem Wetter als Ruderpforten gedient haben, vielleicht mit Ledermanschetten abgedichtet, so daß keine See ins Schiff eindringen konnte. Nach dem Körpermaß der dargestellten Menschen beurteilt, wird die Gesamtlänge des aus dem 17. Jahrhundert v. Chr. stammenden Fahrzeuges 22 m, die Länge in der Schwimmbene ca. 12,5 m betragen haben. Das starke Tau, das um die Steven gewunden längsschiffs geführt ist, dient zur Herstellung des Längsverbandes im Oberschiff. Der Tiefgang darf auf ca. 2 m, die Breite auf 3—3,5 m und die Wasserverdrängung auf etwa 40 t geschätzt werden.

Die Kriegsschiffe sind noch besonders kenntlich durch einen Mastkorb, in dem ein oder mehrere Schleuderer stehen (Fig. 10). Die heutigen Fellachenboote am Nil haben oft ähnliche Gestalt wie die in jenen uralten Bildern dargestellte, oft jedoch schlechtere Form und Ausführung (Fig. 11). Die Rudereinrichtung tritt bis auf wenige Plätze zurück, die

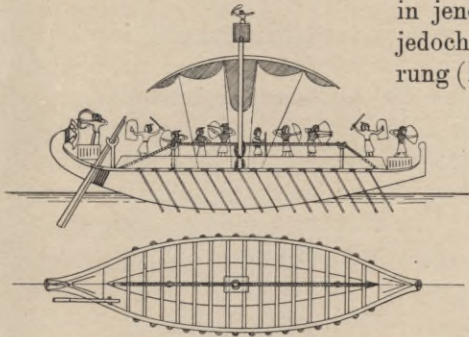


Fig. 10. Altägyptisches Kriegsschiff.
(Eckige Spantformen.)

Besegelung ist besser ausgebildet. Jetzt noch sind Boote am

Nil im Gebrauch, wie sie ähnlich Herodot aus 3600 v. Chr. erwähnt, die ganz aus Papyrusblättern gefertigt waren oder hölzernes Rippenwerk hatten und

durch übergenagelte Papyrusblätter oder Leder abgedichtet waren.

Nicht nur aus dem Tale des Nils, auch aus den Tiefebeneben des Euphrat und Tigris, aus babylonischen und assyrischen Altertumsforschungen nach Ausgrabungen, Denkmalsresten usw. stammen Nachrichten über Schiffe aus uralten Zeiten. Die ältesten Fahrzeuge sind korbartige Weidenrutengeflechte, vorn gleich geformt wie achtern,

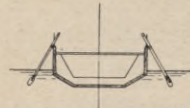


Fig. 11. Dahabieh. Jetziges Boot, wie es auf dem Nil allgemein gebräuchlich ist.

die mit Fellen, Schilf, Pflanzenfasern bekleidet sind. Es werden Flöße erwähnt, die durch unterhalb oder an der Seite angebrachte Schwimmblasen oder Schläuche schwimmfähiger und tragfähiger gemacht werden.

Neben Abbildungen von Booten sind auch Kriegsschiffe in alten Skulpturen auf Ausgrabungen in Niniveh gefunden worden. In Wirklichkeit können sie kaum so, wie sie die Abbildungen darstellen, gewesen sein, da ihre Höhe gegen die Schwimmlinie und ihre obere Belastung zu groß sind, als daß sie in Wirklichkeit so hätten schwimmfähig sein können. Nach dem Bilde ist eine technisch mögliche Ausführung in Skizze beigefügt worden (Fig. 12).

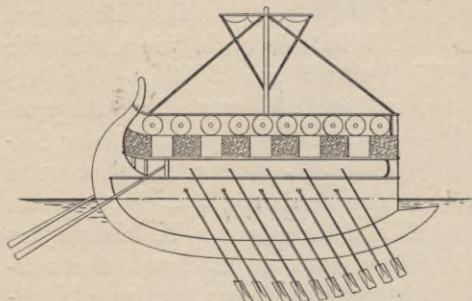


Fig. 12. Altassyrisches Kriegsschiff.

Diese altassyrischen Schiffe waren sehr hochbordig und sind die Vorläufer der hochbordigen Schiffe der Punier. Als Kriegsschiffe wurden Lastschiffe verwendet, denen man noch eine Plattform aufbaute, auf denen sich Krieger befanden, während die Ruderer unter der Plattform saßen.

einen Fortschritt, als hier ein oberes Verdeck gewesen sein muß, auf welchem Bewaffnete standen, während unten die Ruderer waren. Achtern war der Steven in gefälliger Form hochgezogen, ebenso ist ein Mast mit sehr verzeichnetem Segel erkennbar.

Nach diesen Völkern sind die Phönizier zu erwähnen, die Kolonien am Mittelmeer in den verschiedensten Gegenden gründeten. Unter ihnen sind die ersten Seefahrer zu suchen, die die Küste verließen und ihren Weg durch die offene See nahmen. Sie erscheinen auch als das erste Volk, welches über Kenntnisse in Astronomie und Zahlenlehre verfügt, aus denen sie sich eine Steuermannskunst schafften. Auch technisch müssen sie sich besonders im Schiffbau ausgezeichnet haben, da sogar nach Herodot um 600 v. Chr. ein ägyptischer König Dreiruderschiffe bei den Phöniziern bauen ließ.

Die Schiffe Karthagos, welches eine Kolonie der Phönizier war, werden ähnlich gewesen sein; sie werden später besprochen.

Phönizier waren es auch, die im trojanischen Kriege von den Griechen, dem für uns bedeutungsvollsten alten Kulturvolke, besiegt wurden. Der trojanische Krieg hat geschichtlich um etwa 1196 bis

Diese Schiffe haben schon zwei Reihen Riemen übereinander. Wie aber die technische Anordnung ist, ist nicht zu erkennen. Vielleicht sind die unteren Riemen benutzt worden, wenn schlechtes Wetter war, oder im Gefecht, um die Ruderer vor feindlichen Geschossen zu schützen. Jedenfalls hatten diese Fahrzeuge einen Sporn und bedeuten auch noch insofern

1183 v. Chr. stattgefunden. Ungefähr 200 Jahre später hat ihn Homer in seinen Epen, der Ilias und Odyssee, besungen; auch Thukydides (ca. 450 v. Chr.) hat darüber berichtet. Aus seinen Beschreibungen und denen Homers geht hervor, daß die beschriebenen Schiffe noch nicht als Kriegsschiffe verwendet wurden, sondern nur Transportschiffe ohne Deck waren. Auch das Charakteristikum der Kriegsschiffe, das Rostrum (der Stachel, der Sporn, die Ramme), scheint erst später erfunden zu sein.

Die Punier waren die angesehensten Schiffbauer des Altertums und die anderen Völker bauten ihre Schiffe nach punischem Vorbilde. Da die Phönizier mit ihren hohen Schiffen die See hielten, so mußten sie hochbordiger sein, als die nur in der Küstenschiffahrt verwendeten Fahrzeuge anderer Völker, was aber oft für Kampfw Zwecke nachteilig war, weil diese Kämpfe meist in ruhigem Wasser unter Landschutz ausgefochten zu sein scheinen und dabei die hochbordigen Schiffe weniger beweglich waren, als die kleineren Küstenfahrzeuge. Sie vermieteten Schiffe an Völker, die keinen Schiffbau trieben und, zu Seekriegen gezwungen, Schiffe chartern mußten. Später wurden die Phönizier von stärkeren Völkern unterjocht und waren tributpflichtig zum Stellen von Schiffen.

Thukydides berichtet auch über den systematischen Ausbau der athenischen Flotte. Athen war durch einen unglücklichen Krieg, zu dessen Austrag es korinthische Schiffe hatte mieten müssen, auf Antrag des Themistokles dazu gekommen, sich selbst eine Kriegsflotte zu schaffen. Die Staatseinkünfte aus Silberbergwerken wurden nicht mehr an die Bürger verteilt, sondern zum Bau einer Flotte verwandt. Wohlhabende Bürger mußten selbst auf ihre Kosten ein Schiff erbauen und ausrüsten und wurden dann Liturg, d. i. Kapitän über das Schiff.

Die Athener konnten so, als Xerxes nach Europa vordringen wollte, der gemeinschaftlichen griechischen Flotte, die ca. 400 Fahrzeuge betragen haben soll und die persische Flotte von ca. 800 Schiffen abwehren sollte, 200 Schiffe liefern. In der Seeschlacht bei Salamis (480 v. Chr.) taten sich diese athenischen Schiffe mit ihrem Admiral Themistokles besonders hervor.

Diese Seeschlacht ist von der größten Entscheidung für die Gesckicke Europas gewesen, da durch die Vernichtung der persischen Flotten, zu der alle Völker, die die Perser sich unterjocht hatten, Schiffe liefern mußten, Europa der heutigen Kulturentwicklung entgegengeführt und nicht in seiner Weiterentwicklung durch asiatische, in der Kultur niedriger stehende Barbarenvölker aufgehalten worden ist.

C. Griechische und römische Schiffe.

Die Schiffe jener Zeit sind unter Berücksichtigung des technisch möglichen und unter Zugrundelegung überkommener Bilder und Prägungen in den Skizzen dargestellt. Der ausgeprägte Schönheits-sinn der Griechen hat auch im Schiffbau Fortschritte gezeitigt. Ihre Schiffsformen (Fig. 13) zeigen, daß schöne Linien auch meist die zweckmäßigsten sind. Die Griechen sind die erste Völkerschaft, die ihren Fahrzeugen abgerundete, scharfe, schöne Linien gibt, die erkennen lassen, daß diese Schiffe schmalere und beweglicher sein mußten, als die punischen Vorbilder. Es ist schon früher erwähnt worden, daß die verschiedensten Formen in Gebrauch gewesen sind.

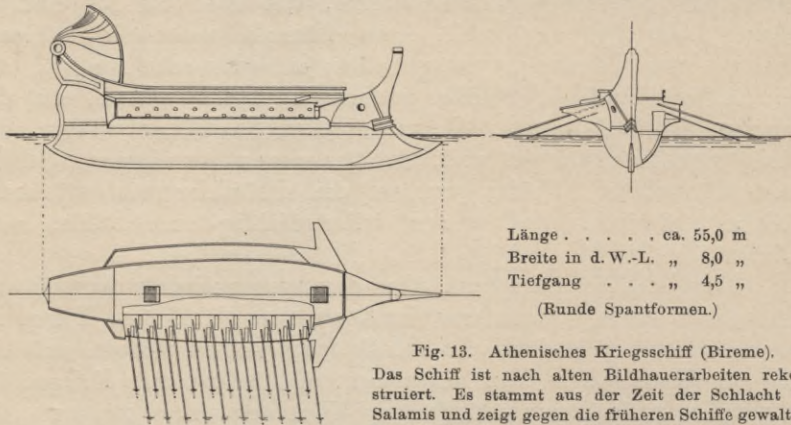


Fig. 13. Athenisches Kriegsschiff (Bireme).

Das Schiff ist nach alten Bildhauerarbeiten rekonstruiert. Es stammt aus der Zeit der Schlacht bei Salamis und zeigt gegen die früheren Schiffe gewaltige Fortschritte, wie sie auch dem hohen Stande der

griechischen Technik entsprechen. Es sind scharfe Schiffsformen, die große Geschwindigkeit, zugleich große Manövrierfähigkeit zulassen. Die Ruderer saßen in gedeckten Ausbauten, die sie gegen feindliche Wurfgeschosse schützten. Die Kämpfer standen auf dem obersten Deck, bereit, die feindlichen Schiffe zu entern. Der Kampf wird bei Salamis wohl durch den Rammsstoß gegen die unbehilflicheren persischen Schiffe, die hauptsächlich aus punischen Söldnerschiffen bestanden, entschieden worden sein. Der Rammbug ist besonders gut ausgebildet. Der Fortschritt gegen die früheren Schiffe ist wohl durch das Schönheitsgefühl und die hohen mathematischen Kenntnisse der Griechen veranlaßt worden, die sie zu guten schlanken Linien aus zusammengesetzten kreisförmigen, parabolischen und elliptischen Kurvensegmenten für ihre Schiffsformen führten.

Die Hauptträtsel haben immer die Unterbringung der Ruderer und der Gebrauch der Ruder bei Reihen übereinander gegeben. Die Unterbringung kann in ganz verschiedener Weise möglich sein, die Haltung der Ruderer, die Form der Ruder wird verschieden gewesen sein, wie sie jetzt noch verschieden ist; den Gebrauch der Ruder wird jeder Befehlshaber seinen Leuten so beigebracht haben, wie er es nach seiner Ansicht für seine Manöver für zweckmäßig gehalten hat. Er kann bei mehrreihigen Schiffen sowohl jede Reihe für sich abwechselnd haben schlagen lassen, auch ist es technisch vollkommen möglich, daß alle Reihen gleichzeitig gerojet haben. Zweckmäßiger

würde der Kommandant gehandelt haben, der die Kraft seiner Leute z. B. bei einer Triere (Fig. 14) in folgender Weise ausgenutzt hätte und dabei auch wohl die größte Schnelligkeit unter gleichzeitiger Vermeidung von Kraftverschwendung erzielt haben würde: Die unterste Reihe hat angerudert und hat die Riemen durchs Wasser gezogen, also dem Fahrzeug die erste Vorwärtsbewegung gegeben. Die Leute dieser untersten Reihe drehen die Riemen aus dem Wasser, heben

Länge 52 m; Breite 4 m;
Tiefgang 1,8 m.

	Außenbords	Innenbords
Riemen I	3,1 m	1,6 m
II	2,5 „	1,2 „
III	1,5 „	0,8 „
Masthöhe über der W.-L. = 22 m.		

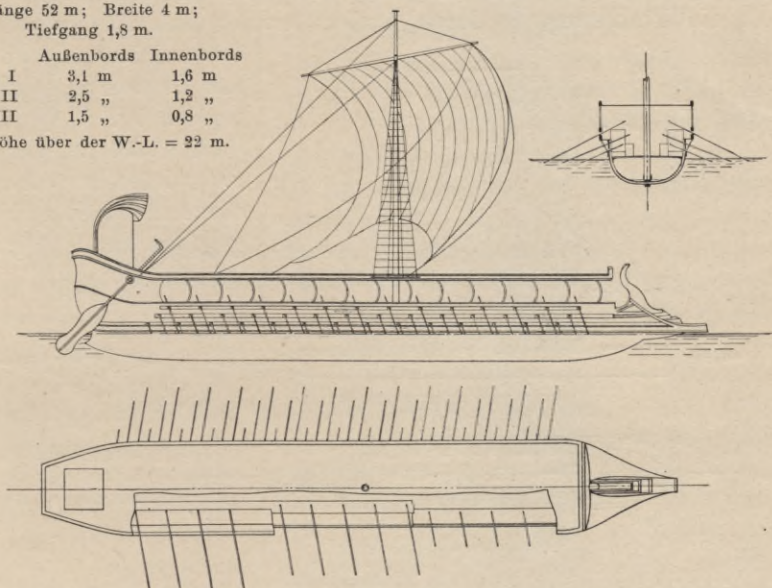


Fig. 14. Triere.

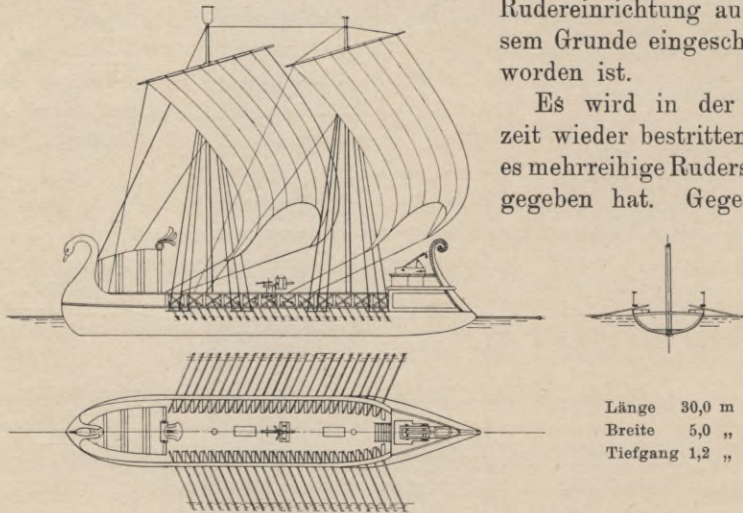
Diese Schiffe sind nach phönizischem Vorbilde gebaut. Sie müssen sehr seefähig gewesen sein und auch gute Segeligenschaften gehabt haben, da diese den Zug Alexanders d. Gr. nach Indien an der Küste entlang zur See überstanden und dem Heere große Dienste geleistet haben.

sie heraus, lassen das Fahrzeug laufen, das jetzt von ihnen keine Vorwärtsbewegung erhält und seinen ihm durch die Ruder gegebenen Schwung aufbraucht. Um nun dem Fahrzeug auch dann eine vermehrte Vorwärtspressung zu geben, wenn die unterste Reihe nicht mehr mit den Riemen das Wasser drückt, würde in dem Augenblick, wenn die unterste Reihe die Riemen aus dem Wasser dreht, die zweite Reihe ins Wasser greifen und durchziehen und die unterste Reihe die Riemen horizontal halten und ausruhen, bis die dritte, am meisten nach außen gelegene Reihe ihre Arbeit geleistet hat und ihre Riemen aus dem Wasser dreht. Würden alle drei Ruderreihen zu gleicher Zeit Schlag halten, was wohl auch von manchen Kommandanten geübt sein mag, so würde auf einmal große Kraft erzeugt, die unter Umständen teilweise nutzlos vergeudet wird, da bei einer

gewissen Schiffsform auch nur eine gewisse Geschwindigkeit rationell erzielt werden kann; mehr Kraft bedeutet nicht immer erhöhte Geschwindigkeit! Aus diesen Gesichtspunkten heraus ist man auch wohl später mehr zur Monere (dem einreihigen Ruderschiff) zurückgekommen (Fig. 15); wenigstens scheint zur Zeit Cäsars (100—44 v. Chr.) dies das gebräuchlichste Kriegsschiff gewesen zu sein, obgleich auch Trieren verwendet wurden. Auch die Besegelung ist zu jener Zeit allgemeiner angewendet und geschickter geworden, so daß das Segeln oft die Fortbewegung durch Rudern ersetzt haben mag und die

Rudereinrichtung aus diesem Grunde eingeschränkt worden ist.

Es wird in der Neuzeit wieder bestritten, daß es mehrreihige Ruderschiffe gegeben hat. Gegen die



Länge 30,0 m
Breite 5,0 „
Tiefgang 1,2 „

Fig. 15. Monere Cäsars.

Diese Art Fahrzeuge verwandte Cäsar, neben Trieren, im Kampfe gegen die Veneter und als Schutz seiner Transportschiffe beim Übersetzen über den Kanal nach England. Es waren auf den Schiffen Wurfmaschinen, Ballisten und Katapulte aufgestellt. In der Bemastung und Besegelung sind bemerkenswerte Fortschritte zu erkennen, besonders durch den Einbau zweier Masten.

Skulpturen, die unwiderleglich darauf hinweisen, daß tatsächlich 3 Reihen Ruderer schräg aufwärts übereinander angeordnet gewesen sind, lassen sich sachliche Einwände gegen die Möglichkeit mehrreihiger Ruderschiffe nicht machen.

Während der Punischen Kriege ist besonders denkwürdig der Angriff des Marcellus und die zweijährige hartnäckige Belagerung von Syrakus, und die denkwürdige Abwehr der Angriffe durch den Ingenieur Archimedes, der nach Aussage von Marcellus selbst allein der Grund war, weshalb er Syrakus nicht einnehmen konnte. Mit List gelang es ihm schließlich, in die Stadt einzudringen, und Archimedes fiel beim Aussinnen von Plänen zur Verteidigung seiner Vaterstadt.

Das Eingehen auf diese Belagerung ist besonders lehrreich, weil hier zugleich die Art der Waffen, mit welchen die Kriegsschiffe

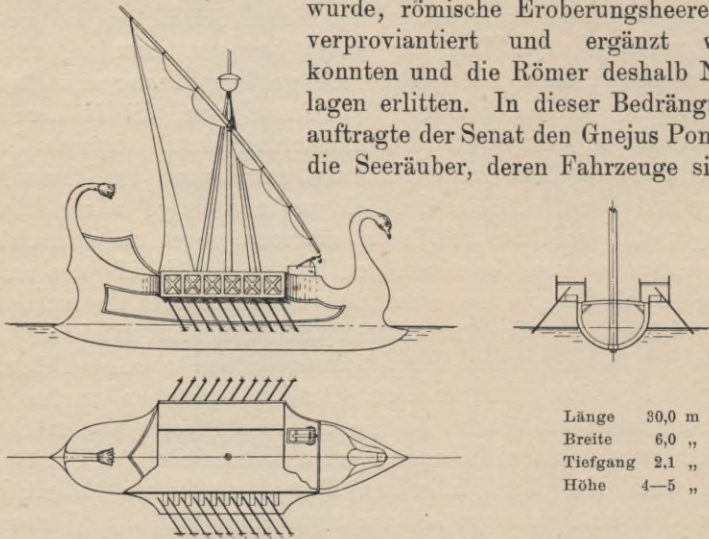
ausgerüstet wurden, beschrieben werden kann. Die Schiffe hatten zum Einreißen der Mauern von der Seeseite her starke Widdermaschinen, Rammböcke, die Breschen in die Mauern stoßen sollten und gegen feindliche Schiffe neben der Ramme wirkten. Delphine, schwere spitz geformte Metallstücke dienten dazu, vom Mast aus auf das feindliche Verdeck geschleudert zu werden, und wurden an Tauen wieder zurückgezogen. Unter Cäsar und im Kampf gegen die Veneter und in der Schlacht bei Aktium zerschnitten große Sensen das Tauwerk und die Segel der größeren feindlichen Schiffe, so daß sie sich nur schwerfällig mit Hilfe der Ruder bewegen konnten, und die kleineren beweglichen Ruderschiffe die größeren besser mit Rostrum oder Widder rammen konnten. Wurfmaschinen, die in der Form von Katapulten, Armbrusten, Schleudermaschinen schwere Steine, Pfeile und Metallstücke werfen konnten, standen an den Masten oder im Bug und Heck. Archimedes ließ, um nur einige seiner Abwehrmittel gegen angreifende Schiffe zu erwähnen, gegen die Sturmleitern, die an ihrem oberen Ende von den Masten der Schiffe aus auf die Mauern geschlagen wurden, Maschinen mit mächtigen Armen auf die Mauern fahren, die die Sturmleitern abhielten und dabei auf diese und die Schiffe von ihren Armen schwere Steine abfallen ließen, die Leitern und Schiffe zertrümmerten. Andere Maschinen warfen Feuer auf die angreifenden Schiffe. Wippen, die die Form von mächtigen Zangen hatten, packten die angreifenden Vorderteile der Schiffe und wurden durch Menschen hinter den Mauern an langen Hebeln hochgehoben, bis die Fahrzeuge achtern eintauchten und im Wasser versanken, wenn sie nicht vorher umschlugen. Die Römer mußten schließlich das Erstürmen von Syrakus, durch die sinnreichen Abwehrmaschinen des Archimedes an der Einnahme der Stadt verzweifelnd, nach achtmonatigen Versuchen aufgeben und sich auf Einschließung, Belagerung, Blockade und Aushungerversuche beschränken, die sie 14 Monate noch hartnäckig fortsetzten, bis 212 v. Chr. die Inselstadt durch Verrat genommen wurde.

Die römische Volksmasse war, abgesehen von den ersten Begeisterungen für die Flotte nach den ersten Seesiegen, gegen Seeexpeditionen und gegen die dauernde Anschaffung einer kostspieligen Kriegsmarine, und legte den Hauptwert auf ihr Landheer.

Immer wieder wurde sie auf die Notwendigkeit einer starken Flotte hingewiesen, ohne die ein Weltreich nicht bestehen kann. Man hatte nach der Vernichtung der Karthager keine Feinde mehr zu fürchten und die Flotte als zu kostspielig vernachlässigt, das Geld lieber für prachtvolle Spiele und üppige Speisungen des verwöhnten Volkes ausgegeben. Dadurch hatte niemand mehr die Herrschaft auf dem Meere, und Seeräuberei machte sich in allen Meeren breit, so

daß die Frachtschiffe unter Schutz und Konvoi fahren mußten. Die Rheder bauten auf eigene Rechnung Begleitschiffe, die besonders als Kriegsschiffe gebaut, sehr schnell waren und Waffen, Wurfgeschütze und Soldaten an Bord hatten, die die Angriffe der Seeräuber auf die Handelsschiffe ablehnen sollten (Fig. 16). Diese Schiffe hießen Liburnen, nach der Stadt Liburnia, die zuerst solche Schiffe ausgerüstet hatte. Die Seeräuberei wuchs schließlich wegen Mangels an Seemacht der Römer so, daß der Verkehr mit den römischen Provinzen unterbrochen

wurde, römische Eroberungsheere nicht verproviantiert und ergänzt werden konnten und die Römer deshalb Niederlagen erlitten. In dieser Bedrängnis beauftragte der Senat den Gnejus Pompejus, die Seeräuber, deren Fahrzeuge sich auf



Länge	30,0 m
Breite	6,0 „
Tiefgang	2.1 „
Höhe	4—5 „

Fig. 16. Liburne.

Ein Konvoischiff mit ausgesprochenem Kriegsschiffstyp, welches als solches gebaut wurde, um Lastschiffe zu begleiten und gegen feindliche Angriffe zu schützen. Es waren schnelle, schlanke Fahrzeuge mit Kriegern an Bord. Auf diesen Schiffen befanden sich starke Wurfmaschinen. Ihr Name stammt von der Stadt Liburnia, in der diese Fahrzeuge zuerst gebaut worden sein sollen.

mehrere Tausende belaufen haben sollen, zu vernichten. Pompejus schaffte sich eine Flotte von 500 Schiffen, hauptsächlich Liburnen, und ein Heer, das er in einzelnen Teilen nacheinander mit seinen Schiffen in die Schlupfwinkel der Seeräuber brachte. Nachdem er das Meer stückweise gesäubert und die Seeräuberschiffe vernichtet hatte, war das Unwesen in kurzer Zeit beseitigt und kehrte in dem Umfange erst im späten Mittelalter wieder.

Neben den Liburnen scheint eine Reihe anderer Schiffsgattungen bestanden zu haben. Man scheint eine Kriegsflotte zusammengesetzt zu haben aus hochbordigen Schiffen, Penteren (Fig. 17), die die Linienschiffe vertraten und denen als Spähschiffe und Nachrichtensfahrzeuge Fregatten und Avisos, Trieren und Moneren, beigegeben waren. Die großen Flotten führten Transportschiffe, die mit Vorräten

und Soldaten angefüllt waren, mit sich. Auch Boote, die sich auf den größeren Fahrzeugen befanden, werden erwähnt.

Nach den letzten Seesiegen der Römer, die sich unter Cäsar noch gegen fremde Völker richteten — seine Züge über die Meerenge von Calais nach Britannien sind besonders bemerkenswert —, verfiel die Seemacht und wurde in den Bürgerkriegen, die mit der Seeschlacht bei Aktium in Kämpfe um die Herrschaft einzelner Männer ausarteten, verbraucht, so daß keine Fortschritte für lange Zeit, für Jahrhunderte, zu verzeichnen sind. Stillstand ist aber Rückschritt,

Länge 58 m; Breite 10 m; Tiefgang 5 m; Abstand der Rojer 0,9 m von Sitz zu Sitz.

Riemenlänge I = 11,0 m mit 5 Rojer besetzt

II = 9,2 " " 4 " "

III = 7,6 " " 3 " "

IV = 5,6 " " 2 " "

V = 3,8 " " 1 " "

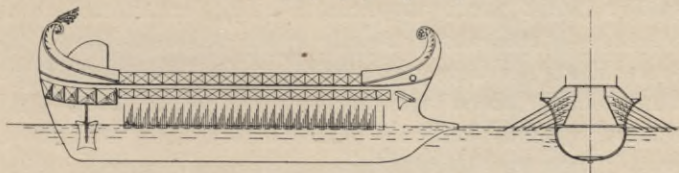


Fig. 17. Persische (punische) Pentere.

Die punischen Fahrzeuge, die die Phönizier den Persern als Hauptschlachtschiffe bei ihrem Einfall nach Griechenland stellen mußten, zeugen von dem hohen Stande der Schiffbautechnik der Punier. Es waren hochbordige Seeschiffe, bei welchen mehrere Rojer an einem Riemen arbeiteten. Die Ruder waren terrassenförmig untereinander verschießend aufgestellt. Diese Schiffe waren mehr für die See bestimmt. Sie waren gegen die griechischen weniger manövrierfähig, weniger schnell in Gang zu bringen und im ruhigen Wasser der geschützten Küste den griechischen Schiffen gegenüber im Nachteil.

und im Beginne des Mittelalters zerfällt das römische Reich in sich, seine Seemacht ist verschwunden und byzantinische, sarazenische und normannische Flotten und Schiffe erscheinen.

Auch in der Schlacht bei Salamis scheinen die Griechen niederbordige Schiffe, vermutlich Moneren und Biremen verwendet zu haben, da der Sieg der Griechen nach den Berichten der größeren Beweglichkeit und Manövrierfähigkeit der kleineren griechischen Schiffe gegen die hochbordigen der Perser, auf deren Seite sich punische Tetreren und Penteren befunden haben sollen, zugeschrieben wird. Erst Alexander der Große (356—323 v. Chr.), der den Vorstoß der Perser erwiderte und für 6 Jahrhunderte die asiatischen Völker-Flutwellen gegen Europa zurückdämmte, scheint als gebräuchliches Schiff die Triere verwendet zu haben und auch Tetreren und Penteren besessen zu haben. Die Meinungen über den Wert einreihiger und mehrreihiger Schiffe scheinen geschwankt zu haben, und in manchen Ernstfällen, auch in der Seeschlacht bei Aktium (31 v. Chr.) scheint die Monere und Bireme über die hochbordigen mehrreihigen Ruder-schiffe gesiegt zu haben, so daß diese schließlich verschwanden und

später im Mittelalter im Mittelmeere nur einreihige Ruderschiffe im Gebrauch sind.

Das größte Schiff des Altertums, welches mehr Prunk- und Transportschiff als Kriegsschiff gewesen zu sein scheint, schenkte im Jahre 264 v. Chr. der König Hiero seinem Freunde Ptolemäos II. von Ägypten. Es soll von Archimedes in Syrakus konstruiert und beim Bau beaufsichtigt sein. Es hieß „Syracusia“ und wurde in „Alexandria“ umgetauft. Zum Bau soll auf dem Ätna, dessen Gipfel zu jener Zeit mit Eichen- und Tannenwaldungen bewachsen gewesen sein soll, so viel Holz gefällt worden sein, als sonst für 60 Trieren notwendig war. Zum Stapellauf, bis zu dem 300 Schiffszimmerleute 6 Monate gearbeitet hatten, mußte Archimedes eine besondere Ablaufeinrichtung konstruieren, da die gewöhnlichen Vorrichtungen für das gewaltige Schiff nicht ausreichten. Das Schiff hatte auf jeder Seite 28 Ruderpfosten, durch welche große schwere Ruder führten, die mehrere Menschen bewegen mußten. Drei Masten mit gewöhnlicher Raatakelung waren vorgesehen. An jedem Mast stand ein Wurfgeschütz, welches katapult- oder armbrustartig schwere Steine, Massen von Pfeilen und Metallstücke auf etwaige Angreifer schleudern konnte. Die Besatzung soll aus 650 Köpfen bestanden haben. Nach Annahmen muß das Schiff eine Wasserverdrängung von 5—6000 Tonnen gehabt haben, jedenfalls ein Displacement, welches erst in viel späterer Zeit, nach 1½ Jahrtausenden, wieder erreicht worden ist.

Der Schenker dieses Riesenschiffes, König Hiero von Sizilien, besaß eine starke Flotte und war ein Verbündeter der Römer in ihren Kämpfen gegen Karthago, jener Kolonie der Punier in der Mitte des nördlichen Afrika. Diese Abkömmlinge der alten semitischen Phönizier, denen Schiffbau und Schifffahrt wohl die größte Entwicklung im Altertum zu verdanken hat, hatten sich die Herrschaft und den Handel bis weit über das Mittelmeer angeeignet. Sie waren im Norden bis zur englischen Insel, im Süden bis nahe zur Südspitze Afrikas vorgedrungen.

Das mächtigste Kriegsvolk des Altertums, die Römer, waren nur zu Lande stark und stießen auf ihren Eroberungszügen, an den Küsten entlang, auf karthagische Kolonien, Handelsfaktoreien, Häfen, die sie auf die Dauer nicht nehmen konnten, weil sie keine Seemacht hatten und karthagische Söldnerscharen unter sehr geschickten Feldherren sie hinderten, sich die Herrschaft und den Reichtum manchen Landes anzueignen. Trotz der Flotte Hieros vermochten sie nicht, die Karthager von den Küsten in ihrer Nähe zu vertreiben und sie ernstlich in ihrem Vordringen aufzuhalten. Ein glücklicher Zufall gab den Römern ein gestrandetes karthagisches Schiff als Vorbild, nach dem sie sich mit römischer Energie selbst

eine Flotte bauten. Sie schafften in sehr kurzer Zeit eine Kriegsmarine von 120 Schiffen, und schon während des Baues übten die römischen Admirale ihre Mannschaften ein. Die Karthager sahen mit Verachtung auf diesen römischen Schiffbau und unterschätzten ihre Gegner, besonders als sie den zur See unerfahrenen General Cornelius Scipio in eine Falle in den Hafen von Lipara lockten und mit 17 Schiffen gefangen nahmen. Es waren die römischen Erstlingsbauten und plumpe, ungeschickte Fahrzeuge, auf die die Karthager mit Mißachtung blickten. Inzwischen hatten die römischen Schiffbaumeister gelernt, geschicktere Schiffe zu bauen, und ein besonders erfinderischer Baumeister der Römer hatte eine Einrichtung erfunden, die den Römern ermöglichte, auch eine zur See für ihre Fechtweise geeignetere Kampfarm, ähnlich wie auf dem Lande zu wählen. Der römische Admiral Duilius nahm die Enterbrücken an, die ihm 260 v. Chr. in der Seeschlacht bei Mylae über den punischen Admiral Bogurd den Sieg gaben. Hier tritt geschichtlich wieder ein Fall hervor, daß eine technische Einrichtung eine große Entscheidung herbeiführen kann und der Geist des Technikers mit an der Seite der Soldaten kämpft und zum Siege führt. Diese Fallbrücken, die an der Seite der Schiffe hoch standen, wurden niedergeklappt, sobald sich ein karthagisches Schiff so weit genähert hatte, daß es erreichbar war, und mit schweren Haken festgehalten, so daß eine Plattform entstand, auf der die Römer ihre überlegene Kampfweise wie auf dem Lande entwickeln konnten. Die karthagischen Schiffe müssen dabei sehr unvorsichtig, auf ihre vermeintliche seemännische Überlegenheit bauend, vorgegangen sein und sind dann, als sie durch die Enterbrücken verhindert wurden, ihre größere Geschicklichkeit, Schiff gegen Schiff kämpfend, zu zeigen, verblüfft worden und dem Angriff Mann gegen Mann, des Söldners gegen den für die Größe seines Landes heroisch fechtenden römischen Soldaten, erlegen.

Der Sieg ihres Admirals Duilius begeisterte die Römer für die Marine; sie setzten ihm eine mit den Vorderstegen der genommenen karthagischen Schiffe gezierte Denkmalssäule und das ganze Volk interessierte sich für die Flotte, die vermehrt und verbessert wurde. Sie schufen große Flotten von 350 und mehr Schiffen, die nicht immer gegen die Karthager siegreich waren und die auch oft durch schlechte Navigierung und durch Naturereignisse vernichtet wurden. 201 v. Chr., nachdem der Kampf hin und her geschwankt hatte, vernichteten sie 5000 Schiffe der Karthager, so daß diese Gegner vom Meere verschwanden. Das phönizische Element, das in Schiffbau, Schifffahrt und Handel den größten Einfluß ausgeübt hatte, wurde im östlichen Mittelmeer durch die Griechen unter Alexander dem Großen nach der Eroberung von Tyros 332 v. Chr. vernichtet; 201 v. Chr. verschwand mit der

Vernichtung Karthagos sein Einfluß auch aus dem westlichen Becken. Die Punier gingen unter an ihrem niedrigen Krämergeist, an einer schlechten republikanisch-plutokratischen Staatsverfassung und den dadurch geschaffenen Ränken um die Herrschaft unter den leitenden Bürgern. Die Römer traten ihr Erbe an; sie hatten die Herrschaft zur See erlangt und konnten nun das römische Weltreich schaffen. Während des Punischen Krieges haben die Römer auf Transportschiffen, auf denen sie Truppen vom italienischen Festlande nach Sizilien übersetzten, Menschenkräfte, sogar tierische Kräfte zuerst in anderer Weise zur Fortbewegung benutzt. Sie errichteten an mehreren Stellen der Schiffe Göpel, welche Wasserräder drehten, deren Schaufeln das Schiff an den Seiten vorwärts trieben. Die Göpel wurden von Menschen oder Ochsen bedient.

Die Geschichte des Altertums ist vorwiegend die Geschichte der die Mittelmeerlande bewohnenden Völker. Von Beginn unserer Zeitrechnung bis etwa um 350 n. Chr. treten germanische Stämme, die nicht am Mittelmeer ansässig waren, in die Reihe der geschichtlichen Völker ein. Die heimische Übervölkerung zwang sie, ihre Heimatsplätze zu verlassen, und die nachfolgenden Massen, zu denen aus denselben Gründen noch aus der Heimat im nördlichen Asien auswandernde Slaven und Tartaren hinzukamen, drängten die Völkermassen nach Westen weiter, bis sie im Osten und Norden auf das Weltreich der Römer drückten. Dem dauernden Ansturm solcher Volksmassen, die wie mit Naturgewalt sich vorwärts bewegten, gedrängt von den nachfolgenden Massen, konnte, trotz der ersten durch überlegene Kriegskunst und Technik erkämpften Siege, die römische Weltherrschaft nicht widerstehen, und dieses Riesenreich zersplitterte in viele Teile.

D. Germanische Schiffe.

Besonders die wandernden germanischen Stämme bildeten im Norden, Westen und Osten Europas zum Teil gewaltige Reiche. Auch zur See wurden diese Reiche stark, weil der Wandertrieb, der in Generationen während des Vorwärtsdrängens erzeugt worden war, sie auch auf das Meer hinausdrängte, um nach Neuem zu suchen. Dieser Drang aufs Meer hinaus teilte sich auch den Mischvölkern Europas mit, die aus der Bevölkerung und der römischen und asiatischen Zuwanderung entstanden, und führte in der Zeitfolge, die das Mittelalter genannt wird, zu den großen Entdeckungen und dem Beginne der großen Auswanderungen der europäischen Völker nach dem Westen und nach den überseeischen neu entdeckten Ländern. Zu der Möglichkeit dieser Entdeckungen hat besonders der nordische Schiffbau die Mittel gegeben. Die germanisch-nordischen Schiffe entwickelten sich unabhängig vom Schiffbau der Mittelmeervölker. Die Riemen

in verschiedenster Anordnung und Gestalt herrschten im Mittelmeere als Fortbewegungsmittel, oft sogar ganz ohne Zuhilfenahme von Besegelung. Der germanische, kühnere Geist und das freie Mannesbewußtsein, das der Arbeit des Ruderns, die bis in die Neuzeit hinein Sklaven und Sträflinge tun mußten, abhold war, ließen Fahrzeuge entstehen, deren Bemastung mit Segeln, die der Wind vorwärts drückte, als Fortbewegungsmittel diente und bei denen Riemen nur ausnahmsweise benutzt wurden.

Die in der Schifffahrt und im Schiffbau bedeutendsten Völker des Frühmittelalters, bei denen der vorerwähnte Unterschied im Bau ihrer Schiffe sehr deutlich hervortritt, sind die Normannen und Venezianer. Sie sind zugleich glänzende Beispiele, wie die Völker mit hochentwickelter Technik, Schifffahrt und hochentwickeltem Schiffbau zu Ansehen, Herrschaft und Reichtum kamen, während die Geschichte von Byzanz, des ersten großen Reiches, das sich aus den römischen Trümmern herausbildete, zeigt, daß ein Volk, welches Schifffahrt, Technik und Schiffbau vernachlässigt, bald eine Beute der eindringenden, technisch besser geschulten Nachbarn wird. Christentum und Islam begannen in diesem Reiche zuerst ihr gewaltiges Ringen. Die Seekämpfe der Byzantiner mit den Sarazenen, jenen zähen Abkömmlingen der Nomaden der arabischen Wüsten, waren in den ersten Schlachten ungünstig für die Mohammedaner. Diese hatten erst Erfolge, als sie sich zur See besser eingelebt hatten und Unzufriedene des mißregierten byzantinischen Reiches, meist christliche Renegaten, ihre Lehrer und Führer und die Erbauer ihrer Schiffe wurden, die sich deshalb wenig von den übrigen gebräuchlichen Schiffen, den Galeeren der übrigen Völker am Mittelmeere, unterschieden, die sich aus den römischen Moneren in sehr allmählichen geringen Fortschritten entwickelten. Die besten Vertreter dieser Schiffsklasse, der Galeeren, waren die der Venezianer.

Der Hunnenkönig Attila (um 450 n. Chr.) verwüstete die Provinz Aquileja und zwang die Bewohner, sich vor dem Untergange durch seine tartarisch-mongolischen Horden auf die im Adriatischen Meerbusen liegenden nördlichen Inseln zu flüchten. Hier gründeten diese Flüchtlinge Venezia; im Kampfe gegen die Fluten des Meeres, dem sie ihre Wohnstätten abtrotzen mußten, und gegen die Stürme der Völkerwanderung, gegen zwei mächtige Kaiserreiche und schließlich gegen fanatische islamitische Eroberer wurden sie zu Beherrschern des Meeres. Nach zwei Jahrhunderten harter Kämpfe füllen ihre Schiffe alle Häfen des Mittelmeeres; sie stürzen Kaiserreiche, beherrschen Königreiche und ihre in harten und großen Kämpfen erungene Seemacht mit ihrem ausgedehnten Handel erzwingen Ansehen, Reichtum, Ruhm und großen Einfluß auf die Geschichte

Europas und Herrschaft über viele Völker. Nach wenigen Jahrhunderten arteten sie aus, und diese stolzesten Edelinges Europas gingen unter, weil sie die Arbeit ihrer Ahnen als Schiffer, Schiffbauer, Reeder, Salzsieder und Kaufleute nicht fortsetzten und jede technische Beschäftigung zu verachten begannen.

Den Beschreibungen nach sahen ihre Schiffe in der ersten Zeit ihrer Blüte so aus, wie sie die beigefügte Abbildung erkennen läßt

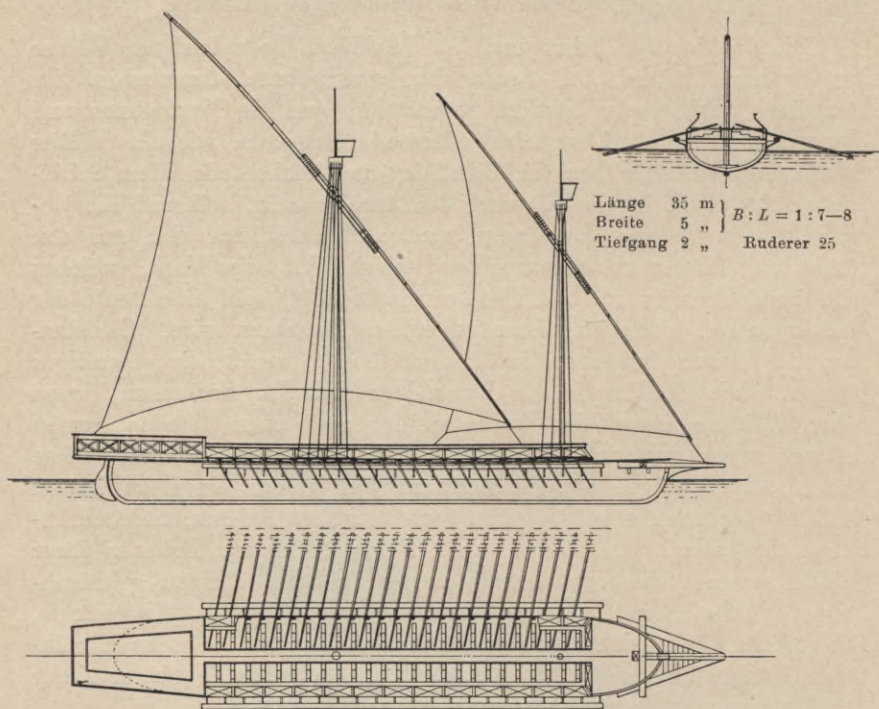


Fig. 18. Venezianische Galeere. An jedem Ruder arbeiteten je 3 Ruderer.

(Fig. 18). Im Zeitalter der Kreuzzüge 1096—1270 waren es hauptsächlich venezianische Schiffe, die die Kreuzfahrer zum Kampfe nach dem heiligen Lande führten. Diese Moneren mit Masten, an denen eine lateinische Dreiecksbesegelung angebracht war, entsprachen einem mittleren Schoner oder einer kleinen Brigg von ca. 200 t Tragfähigkeit unserer Zeit. Sie sollen ca. 100 Mann mit 20 Pferden für die Kreuzritter gefaßt haben.

Ganz anderer Art waren die Normannenschiffe. Ihr Bau war plumper, damit sie sich im schweren Wetter der nordischen Meere hielten und mehr Segel führen konnten als die schlankeren Ruderfahrzeuge der Mittelmeervölker. Die Normannenfahrten sind als

Wickingerzüge (von Wickingar, der Krieger) bekannt. Mit ihren Wickerschiffen oder Wellenrossen, wie sie sie selber in ihren Liedern nannten, jenen kleinen, immer noch flachbordigen Fahrzeugen, in den ersten Zeiten sogar ohne Verdeck, konnten die Normannen tief in die Flußmündungen eindringen und raubten in den fruchtbarsten und reichsten Gegenden der heimgesuchten Länder. Aus den kleinen Raubzügen wurden beim Anwachsen ihrer Völker große. Unter ihren Seekönigen eroberten sie die nördlichen Teile Frankreichs um 900 und England um 1066. Ins Mittelmeer drangen die Normannen bereits im 9. Jahrhundert und errangen durch Kämpfe zur See und zu Lande in hartem Ringen mit Sarazenen und Griechen die Herrschaft

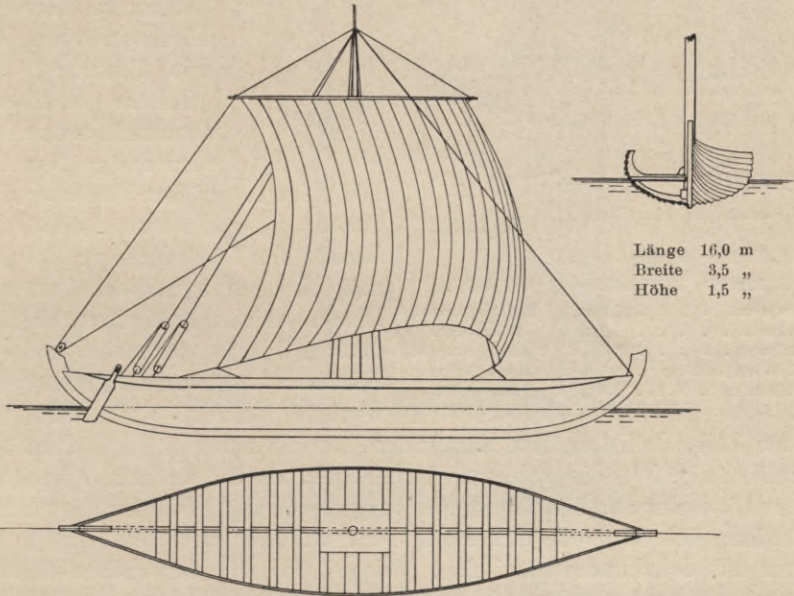


Fig. 19. Wickinger Fahrzeug.

über Sizilien und Süditalien. Auch nach Rußland drangen sie vor und beherrschten die Länder um Nowgorod. Im hohen Norden besiedelten sie Island und Grönland und von hier aus entdeckte Leif die Küste Nordamerikas um 930. Die Kühnheit dieser Männer, in ihren kleinen Fahrzeugen mit verhältnismäßig noch unentwickelter Besegelung ins offene Meer zu fahren, ist bewundernswert (Fig. 19). Ein Bild der Art ihrer Schiffe haben Funde dieser Fahrzeuge in nordischen Mooren gegeben, in denen allerdings nur sehr kleine Fahrzeuge sich teilweise gut erhalten haben, so daß man sich ein ziemlich genaues Bild von der Gestalt und den Einrichtungen dieser normannischen Schiffe machen kann.

Die bisher erwähnten nordischen Schiffe dienten sowohl Handels- als auch Kriegszwecken. Im Mittelmeere konnten die Handelsfahrzeuge wohl auch in kurzer Zeit in Kriegsfahrzeuge umgewandelt werden, denn es wird in Berichten über Seeschlachten oft erwähnt, daß die eine oder beide Parteien sich für den Kampf Schiffe gechartert hätten. Bewaffnete und Bewaffnung werden auch an Bord

gewesen sein, weil sie zum Schutz gegen die ausgebreitete Seeräuberei auch Handelsschiffe stets wehrfähig erhalten mußten. Immerhin

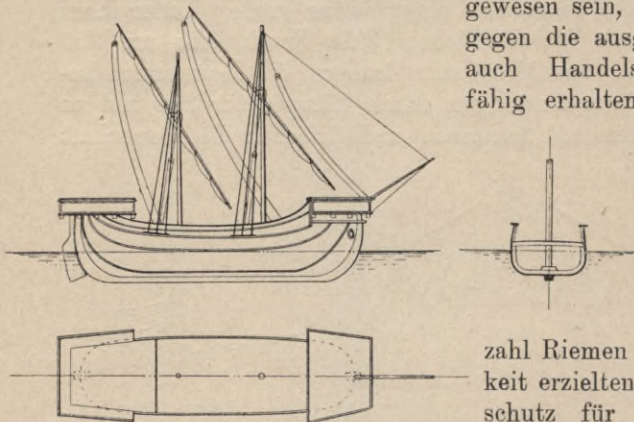


Fig. 20. Handelsfahrzeug (13. Jahrh.).

Länge ca.	15,0 m	} Kurze plumpe Fahrzeuge. 2 verhältnismäßig kurze Masten. Ein Deck.
Breite	4,0 „	
Tiefgang	1,6 „	
W. L. bis Reeling	1,5 „	
Aufbauten in W. L.	2,8 „	

scheiden sich doch bestimmte Kriegsschiffstypen aus, die mit Rostrum, mit Ramme versehen, durch schlankere Formen und größere Anzahl Riemen größere Geschwindigkeit erzielten, die besonderen Holzschutz für die Ruderer hatten, meist hohe Ausguckposten an den Masten mit aufgestellten Schleuderern, Spearwerfern oder anderen Schützen besaßen, und mehr oder weniger mit den Geschützen der

alten Zeit, Ballisten und Katapulten, versehen waren. Die Handelsschiffe (Fig. 20), die wohl mehr auf Segeln als auf Rudern angewiesen waren, konnten durch leichte Einrichtungen zu Kriegsschiffen umgewandelt werden; eine so große Scheidung, wie wir sie heute und zurück bis zum 17. Jahrhundert zwischen Kriegs- und Handelsschiffen haben, kannten die alten Zeiten nicht. Größere Unterschiede zwischen beiden Klassen brachten allmählich die auf den Schiffen aufgestellten Geschütze.

E. Die ersten Schiffe mit Geschützen.

Wer zuerst die Aufstellung von Gewehren oder Geschützen auf Schiffen vorgenommen hat, ist historisch nicht überliefert. Zur See sollen um 1342 die Mauren, 1347 die Engländer, 1361 die Dänen zuerst Pulvergeschütze verwendet haben. Diese Geschütze wurden auf den Segelschiffen des Nordens meist unter und auf hohen achterlichen und vorderen Aufbauten aufgestellt, die über dem Hauptdeck achtern oft noch höher als vorn errichtet waren (Fig. 21). Bei den Galeeren stand eine Anzahl Geschütze hintereinander und nebeneinander vorn; die schweren in der Regel in Mitte auf einer Plattform

direkt über dem Bug. Ein Bild dieser Aufstellung und der ersten Schiffe, die mit Pulvergeschützen armiert waren, gibt die beigefügte venezianische Galeere. Die Aufstellung der Geschütze in der Breitseite und die Geschützpforte erfand der Schiffbaumeister Descharges in Brest.

Diese Aufstellung der Geschütze in der Breitseite hatte den größten Einfluß auf die Weiterentwicklung des Schiffbaues. Die Ruder konnten nicht

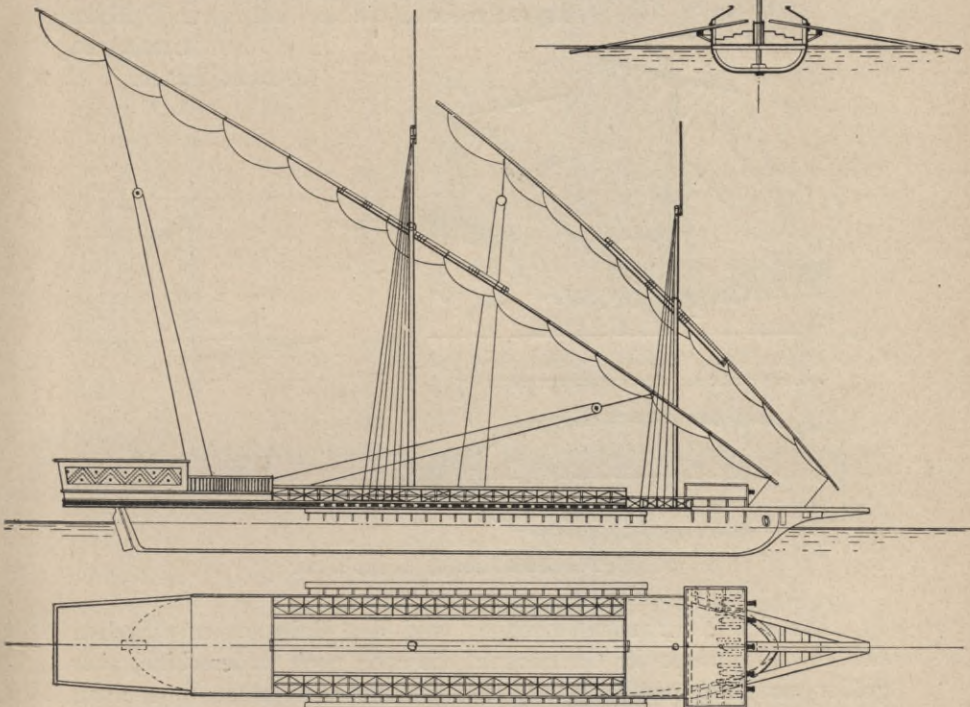


Fig. 21. Galeere (26 Ruderer).

Im vorderen Aufbau 4—6 Geschütze. An den Rudern arbeiteten je 4 Ruderer.
Länge 45 m; Breite 6,4 m; Tiefgang 1,9 m.

mehr in den Seiten in langen Reihen zur Verwendung kommen, und die Segel mußten allein als hauptsächlichstes Fortbewegungsmittel verwendet werden, was schließlich auch zur Verbesserung in der Takelage führte. An Stelle der nach den Seiten sehr ausfallenden Schiffe der älteren Zeiten baute man nun solche mit geraden Wänden, schließlich mit eingezogenen Wänden um das Gewicht des Geschützes mehr nach innenbords zu bekommen, was eine weniger bewegte Geschützplattform und bessere Seeigenschaften ergibt. Auch wurde durch die eingezogenen Bordwände das Entern der Schiffe erschwert.

Das Steuer tritt auf Siegelbildern vom Jahre 1309 in seiner jetzigen Art hervor (Fig. 22). In dem beigefügten Bilde ist ein nach Siegeln dargestelltes Handelsfahrzeug rekonstruiert worden. An Stelle der früher gebräuchlichen doppelten Steuer in Ruderform ist nur ein Ruderblatt vorhanden, welches charnierartig drehbar im Hinterstevan angehakt ist und bei dem der Ruderschaft durch ein Loch im Hinter-

teile binnenbords geht; hier wird durch eine Pinne das Ruder be-

wegt. Diese Erfindung wird den Normannen zugeschrieben, die sie auf ihren Schiffen nach dem Mittelmeere gebracht hatten.

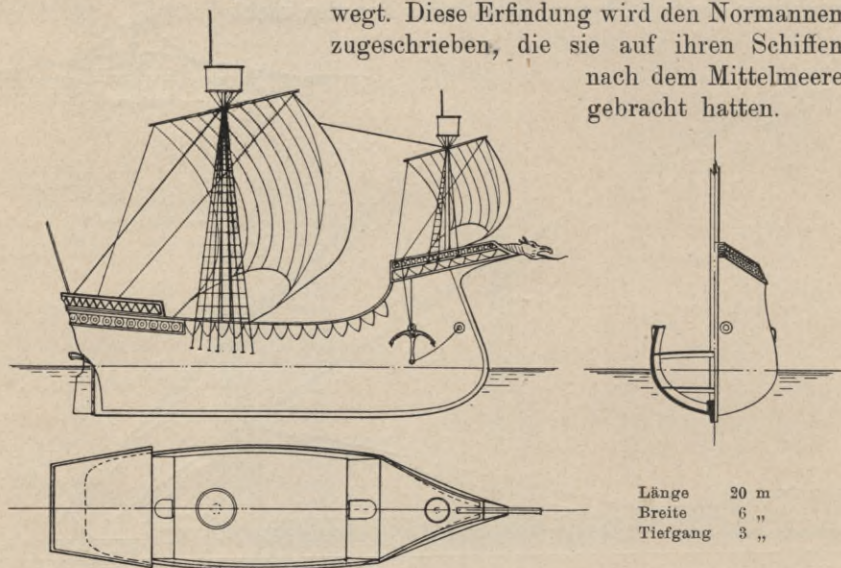


Fig. 22. Normannen-Fahrzeug (ca. 1100 n. Chr.).

Länge	20 m
Breite	6 "
Tiefgang	3 "

Aus den Normannenfahrzeugen und den Galeeren entwickelten sich im Mittelmeere die Galeassen, die auch noch Ruderschiffe, aber größer und hochbordiger waren und deshalb auch mehr Besegelung führten. Die Galeassen waren ca. $\frac{1}{3}$ länger, etwas breiter, ca. $\frac{1}{3}$ höher als die Galeeren und hatten drei Masten, von denen jeder ein großes lateinisches Segel führte.

Die Türken und Babareskenstaaten hatten noch ein kleines schnelles Schiff, die sogenannte Galliot, aus der die noch kleinere Fellucke entstand, die von den Korsaren meist benutzt wurde.

Ebenfalls aus der Galeere oder der Galeasse entwickelte sich die Gallione, die in der ersten Hälfte des Mittelalters einfach Schiff genannt wurde und ausschließlich Segelschiff war. Diese Gallionen wurden im Gegensatz zu der scharfen Rudergaleere „runde Schiffe“ genannt. Eine Gallione war ca. 23,5 m lang, 7,5 m breit und ca. 3 m tief bei ca. 300—320 t Wasserverdrängung. Aus den Gallionen

entwickelten sich dann die portugiesischen Karavellen (von Krabbe) und die großen Karakken des Mittelmeeres.

Im allgemeinen sind erhebliche Fortschritte innerhalb der besprochenen Zeit von ungefähr 1000 Jahren nicht zu verzeichnen. Im Laufe des 15. Jahrhunderts findet man erst wieder größere Schiffe, wie sie die Alten gebaut haben.

In Bezug auf Takelung, niedrigen Freibord, der die Schiffe weniger seetüchtig macht, sind Rückschritte im Laufe der Zeit des Frühmittelalters gegen die hochbordigen Trieren und Penteren zu verzeichnen.

Die Galeeren und ihre Abarten, die sich aus den Schiffen der Alten direkt entwickelt hatten, hielten sich bis in die Mitte des 17. Jahrhunderts. Gegen unsere jetzigen Schiffe waren alle, besonders die nordischen Schiffe sehr klein, ca. 17—22 m lang bei 4—5 m Breite, so daß eine Wasserverdrängung von ca. 200 t im Maximum möglich gewesen ist. Durch die Kreuzzüge wurde der Schiffbau beeinflusst, so daß seetüchtigere (besonders scheint das in bezug auf bessere Hölzer und geschicktere Bauart zu gelten) und größere Schiffe gebaut wurden.

Es wird zu jener Zeit als besonders groß eine venezianische Galeere von 41 m Länge erwähnt, die dabei sehr schnell gewesen sein soll. Die nordischen Schiffe waren im allgemeinen kleiner, plumper, aber auch seetüchtiger. Erst später im 15. Jahrhundert wuchsen auch hier die Dimensionen, so daß Schiffe von ca. 1000 t Displacement erreicht wurden, aus denen sich dann die Linienschiffe, Fregatten und Korvetten zur Zeit der großen Seekriege entwickelten.

Im 14. Jahrhundert lösten Portugiesen und Spanier die Italiener in der Führung zur See ab.

F. Die Schiffe zur Zeit der großen Entdeckungen.

Die Portugiesen, bei denen Prinz Heinrich der Seefahrer den Schiffbau zur Blüte gebracht hatte, waren mit ihren Schiffen immer weiter westlich und südlich vorgedrungen und hatten Entdeckungen unbekannter Inseln und Landstriche gemacht.

Der Italiener Christoph Kolumbus (1464 zu Genua geboren, gestorben am 20. Mai 1506 zu Valladolid), wohl angeregt durch Marco Polos (1254—1323 zu Venedig) Schriften, wollte Indien durch eine Fahrt über den Atlantischen Ozean, dessen Westgrenze man nicht kannte und die man am Ostende Asiens suchte, erreichen.

Am 3. August 1492 verließ Kolumbus Huelva mit den drei Karavellen „Santa Maria“, „Nina“ und „Pinta“. Er landete in Westindien am 12. Oktober 1492.

Die Karavellen waren Segelschiffe mit schlanken Unterwasserformen, die ein verhältnismäßig schnelles Segeln ermöglichten. Sie hatten vorn und achtern hohe Aufbauten. Ihr Displacement hat bis 300 t betragen. Sie konnten sowohl die bekannte Dreiecks- (lateinische), als auch die für größere Schiffe gebräuchliche Vierecksbesegelung (quer- oder griechische) führen.

Karavelle scheint ein Sammelname gewesen zu sein, der sich aber hauptsächlich auf die nach portugiesischer Art gebauten Fahrzeuge bezogen hat, die sich durch ihre schlankeren Unterwasserformen gegen die plumpen, sonst gebräuchlichen Frachtschiffe im Mittelmeere auszeichneten. Ihre Geschwindigkeit soll oft streckenweise bis zwölf Knoten in der Stunde betragen haben.

Ein Bild dieser Schiffe gibt die Abbildung der zur ersten Reise benutzten Fahrzeuge (Fig. 23).

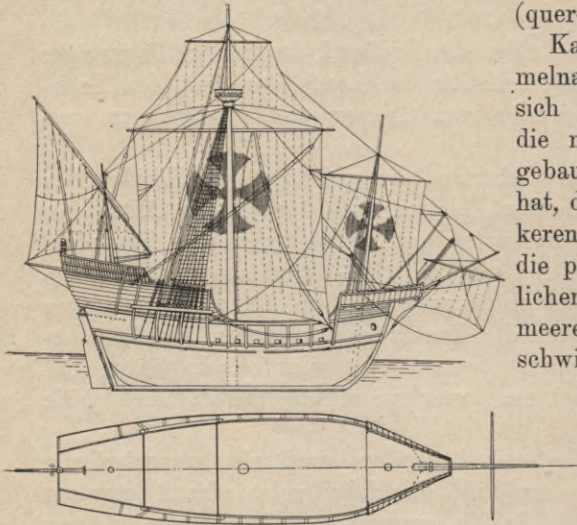


Fig. 23. Santa Maria des Columbus.

Nina war ebenso gebaut und getakelt wie Santa Maria.

Ihre Abmessungen waren:

	„Santa Maria“	„Pinta“	„Nina“
Länge	23 m	20,1 m	17,3 m
Größte Breite	6,7 m	7,28 m	5,6 m
Raumtiefe	4,5 m	3,36 m	3,08 m
Tiefgang	ca. 2,8 m	2,08 m	1,9 m
Wasserverdrängung	ca. 237 t	167,4 t	101,24 t
Völligkeitsgrad des Displacements	ca. 0—0,55	0,55	0,55
Zuladung	ca. 130 t	92 t	55 t
Besatzung	ca. 90 Mann	65 Mann	40 Mann

Bereits 1486 hatten die Portugiesen unter Bartolomäus Dias die Südspitze Amerikas erreicht. Nachdem Johann II. von Portugal von den Entdeckungen des Kolumbus Kenntnis erhalten hatte, wollte er ebenfalls durch seine Seefahrer, zur Erhaltung des portugiesischen Seefahrerruhms, Entdeckungen machen lassen. Er starb während der Vorbereitungen; sein Nachfolger sandte 1497 Vasco da Gama mit vier Schiffen zur Entdeckung des östlichen Weges nach Indien oder nach Zipangu (Japan). Vasco da Gama umschiffte noch im November 1497

das Kap der guten Hoffnung, durchquerte den Indischen Ozean, erreichte 1498 Indien und kehrte 1499 nach Lissabon zurück.

Magellan (1480 geboren und 1521 auf den Philippinen ermordet) fand im Dienste Karls V. den westlichen Seeweg nach Ostindien. Er segelte mit fünf Schiffen 1519 vom Hafen Sevillas ab, erreichte 1520 die nach ihm benannte Magellanes-Straße an der Südspitze Amerikas und durchschiffte den Großen Ozean. Sein Nachfolger Elkano segelte mit noch zwei erhaltenen Schiffen nach den Molukken durch die Sundastraße in den Indischen Ozean und um das Kap der guten Hoffnung zurück, wo er 1522 wieder im Hafen Sevillas, San Lucar, anlangte. Die Reise hatte 2 Jahre, 11 Monate und 12 Tage gedauert, und ist die erste vollendete Reise um die Erde gewesen.



Fig. 24. Schiff des Magellan;

ähnlich der mittleren Karavelle des Columbus, vielleicht dieselbe Bauart.

Die großen Seereisen des 15. Jahrhunderts wurden mit

Karavellen vorgenommen, ähnlich den Fahrzeugen, wie sie Kolumbus geführt hatte. Die Schiffe Magellans werden schon etwas größer gewesen sein; Bilder sind wenig erhalten, und die Rekonstruktionen, meist nach Bildern oder von Künstlern selbst ausgeführt, enthalten in Form der Schiffe, in Takelung und in den Abmessungen manches zweifelhafte. Jedenfalls sind diese großen Reisen die Veranlassung gewesen, daß die Schiffe an Größe bedeutend zunahmen. Die längere Dauer der großen Entdeckungsreisen wird auch dazu geführt haben, fester und stärker zu bauen.

Noch größere Fortschritte sind aber in der allgemeinen Menschheitsgeschichte und in der menschlichen Kultur durch diese großen Entdeckungen, die erst mit Hilfe der höher entwickelten Technik im Schiffbau durch Schaffung dazu brauchbarer Fahrzeuge möglich waren, erzielt worden.

Der Beweis von der Kugelgestalt der Erde wurde durch die Tatsache der Umschiffung gegeben und brachte den alten Autoritätsglauben an die Allweisheit und Unfehlbarkeit des herrschenden Kirchenregimentes ins Wanken.

Europäische Zivilisation, die allerdings zur Zeit der Konquistadoren nicht auf einer allzu großen Höhe stand, konnte sich über die ganze Erde ausbreiten.

Der europäische Handel nahm neue Richtungen ein; der Verkehr wurde größer und ausgebreiteter; die Menschheit der alten Kulturländer erhielt neue Anregungen, die Industrie neue Mittel, neuen Aufschwung durch die Verwertung der Produkte der überseeischen Länder und neue größere Absatzgebiete; die europäischen Staaten wurden zur Geltendmachung von Seemacht gedrängt und erwarben Kolonien; die Wissenschaften wurden bereichert; die Technik erhielt neue Lehren, neue Arbeitsmittel und neue größere Arbeitsfelder. Es kamen an Naturprodukten durch die neuen Länder hinzu: die Kartoffel, der Mais, der Tabak, der Kautschuk, brennbare und fettige Öle und in Verbindung damit aus den östlichen Ländern der alten Welt auf dem Seewege Reis, Tee und Gewürze.

Der Technik war erst nach diesen Entdeckungen die Möglichkeit gegeben, sich bis zur jetzigen Großartigkeit zu entwickeln. Auf allen Gebieten des menschlichen Lebens wurde neues geschaffen, so daß durch die Entdeckungen die Welt und ihre Kultur um ein mächtiges Stück vorwärts gebracht wurde.

Zur Zeit der großen Entdeckungen war Seemacht und die höchste Stufe der Kultur Europas in den Händen der Spanier und Portugiesen.

Sie verloren ihre hohe Stellung, als ein einseitiges Priestertum die Herrschaft über das Volk erlangte und das Hidalgotum sich mit dem orthodoxen Klerus vereinigte.

G. Die Schiffe zur Zeit der Hansa.

Man kann beobachten, daß die Seeherrschaft von den ältesten Zeiten bis zu unserer Zeit von einem technisch gebildeten Volke zum anderen gewandert ist, um das Mittelmeer herum von den alten Ägyptern im Norden Afrikas zu den Puniern, von diesen zu den Griechen, zu den Römern; zwischendurch haben die von Norden kommenden Normannen die Reihenfolge unterbrochen, da sie Sitze in Süditalien erwarben; dann hat nach dem Verfall der spanischen und portugiesischen Seemacht im Norden die Hansa Seemacht ausgeübt.

Die Mittel aber zur Geltendmachung dieser Macht, die viel größere Entscheidungen gebracht hat, als jemals Entscheidungen zu Lande möglich gewesen sind, gibt die Technik, die Schiffe ersinnt und baut, Waffen fertigt, mit denen es deutscher Tatkraft gelingen kann, die Herrschaft auf dem Meere zu erringen. Zur Zeit der Hansa muß der Schiffbau bedeutend gewesen sein. In den Flußmündungen Norddeutschlands haben zahlreiche Werften bestanden, zahlreicher wohl noch als jetzt, wenn auch nicht in jetziger Größe und Leistungsfähigkeit. Über die Konstruktion der Schiffe selbst ist es schwer, eine richtige Vorstellung zu gewinnen, weil die vorhandenen Bilder nur sehr Oberflächliches bieten, aus dem die wirkliche Form oder die Bauart kaum zu erkennen ist.

An der Nordsee finden wir Hamburg und Bremen, deren Betrieb lange Zeit hinter dem Schiffbau der Ostseehäfen zurückgestanden hat. An der Ostsee sind Danzig und Lübeck (das Haupt der Hansa), dann in zweiter Linie Stettin, Stralsund, Rostock, Königsberg erwähnenswert, die in ihren Hinterländern besonders geeignetes Rohmaterial für den Holz-Schiffbau besaßen. An der Nordsee kommen später Emden und Altona und die Werften an der Weser hinzu.

Die Größe der Schiffe wurde nach Schiffslasten angegeben, die in den einzelnen Städten sehr verschieden waren. Die Hamburger Schiffslast war = 4000 Pfd. = 2400 kg. Später wurde nach Kommerzlast = $1\frac{1}{4}$ Schiffslast = 5000 Pfd. = 3000 kg gerechnet. Die Schiffe der Hansazeit besaßen 18 bis 400 Lasten. Nach überschläglicher Rechnung können die Hansaschiffe bis 960 t Zuladung, also bis ca. 1800 t im Maximum Wasserverdrängung gekommen sein.

Schiffe für fremde Rechnung sind während der Zeit der Hansa in Lübeck, Danzig und Hamburg zahlreich ausgeführt worden für Portugal, Dänemark, Schweden, Rußland, Holland, England u. a. m. Zu diesen Zeiten hat der deutsche Schiffbau großes Ansehen in der Welt gehabt.

Um 1726 ist noch ein Aufschwung zu verzeichnen. Die Kompagnie von Ostende z. B. bestellte in Hamburg zwei Schiffe von 30 Geschützen, „La concorde“ und „L'archi-duchesse Elisabeth“, die sich als besonders vorzügliche Schiffe gegen die von der Kompagnie anderweitig bestellten Schiffe zeigten. Sie waren von Focke Gerdsen gebaut, der großen Ruf besaß und schon im Jahre 1716 zu dem Bau der Donauflotte, die gegen die Türken ausgerüstet wurde, hinzugezogen war. Er wird allgemein in den Urkunden als Kaiserlicher Schiffbaumeister bezeichnet und ist wohl der erste seines Amtes und Titels.

Gewöhnlich hatten die Städte keine Kriegs- oder Orlog-Schiffe. Mußten Kriegszüge zu Wasser unternommen werden, so charterten oder kauften die beauftragten Stadtvertretungen im Namen des Bundes geeignete Schiffe, die die nötigen Änderungen eingebaut erhielten und mit Geschützen, Schiffsvolk, Kanonieren und Soldaten mit Waffen versehen wurden. Nach Beendigung der Fehde zur See oder der Flottendemonstration wurden die Schiffe den Eignern wieder zurückgegeben oder verkauft. Unblutiges Zeigen von Flotten wurde stets vorgezogen und wirklicher Kampf nach Möglichkeit vermieden, wie es ja auch dem friedlichen kaufmännischen Charakter des Hansabundes entsprach. In der Zeit der Hansa sind deshalb auch nur verhältnismäßig wenig wirkliche Seekämpfe bekannt geworden. Wurde allerdings Ernst gezeigt, so erfolgte ein sehr energisches und zielbewußtes Durchgreifen.

Im Jahre 1249 sandte Hamburg zwei Koggen aus, die zu Kampfzwecken ausgerüstet waren (Fig. 25). Sie waren schwerfällige Handelsfahrzeuge ähnlich wie die Kuffen und Tjalks, die heute noch an der

holländischen und deutschen Küste im Kleinschiffahrtsverkehr verwendet werden.

Später wurden kleinere Fahrzeuge zur Beaufsichtigung des Verkehrs, zur Legung von Seezeichen, vielleicht auch um Zollabgaben von durchsegelnden Schiffen einzutreiben, und um die Räte der See-
stadt, die die jeweiligen Admiralitäten vertraten, zu Wasser zu befördern, dauernd mit Bewaffnung in

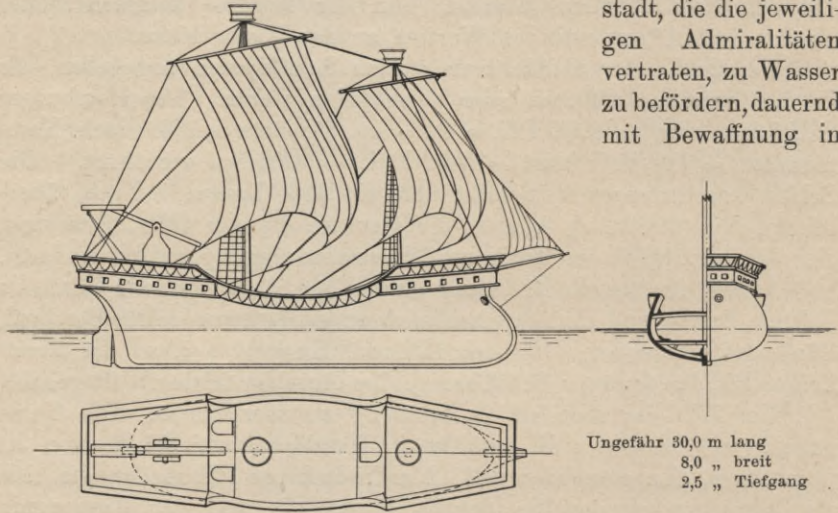


Fig. 25. Alte Hansa-Kogge.

Dieselben hatten vorn und hinten Aufbauten, führten zwei Masten mit Raasegel und hatten Wurfmaschinen an Bord. Es waren plumpe Seeschiffe.

Dienst gehalten. In diesen Tonnenbojern liegt wohl der Keim der Entwicklung von Kriegsschiffen. Im Notfalle wurden diese kleinen Fahrzeuge stärker ausgerüstet und bewaffnet, um zu bestimmten kriegerischen Zwecken ausgesandt zu werden.

Die Abrechnung einiger Hansestädte führen ungefähr von 1350 ab die Kosten für solche Fahrzeuge auf. 1350 wurden Schniggen ausgebessert, mit Ruder und Segel versehen und ausgesandt, um eine Kaufmannsflotte auf dem Heimwege gegen dänische Angriffe zu schützen. 1384 wurde eine Schnigge (Snicke) neu angekauft, die früher dem Kaiser gehört hatte. Unter Snicke verstand man ein flach gehendes Fahrzeug mit einem oder zwei Masten mit Gaffelsegeln. Sie konnten verhältnismäßig viel Segel setzen, waren also schnelle kleine Fahrzeuge, weil sie an den Bordseiten Schwerter hatten, die man bei geeignetem Hochwasser und Wind niederließ.

Im Jahre 1419 wurden Baartzen ausgerüstet, die gegen dänische Schiffe vorgehen sollten. Baartzen oder Barsen waren Kanonenboote, die Ruder führten, um auch bei ungünstigem Winde, oder gerade bei diesem, die feindlichen Schiffe angreifen zu können. Sie wurden

Ungefähr 30,0 m lang
8,0 „ breit
2,5 „ Tiefgang

in der Nähe der Küsten und in den Flußmündungen verwendet. Eine Smack, ein Seeschiff mit Gaffelmast, das als Kriegsschiff diente, wird 1470 erwähnt.

Im Jahre 1427 rüsteten Lübeck, Hamburg, Wismar, Rostock und Stralsund eine Flotte von 16 Koggen mit hohen Vorderkastellen, und eine Reihe kleinerer Fahrzeuge, Smacken. Die 16 Koggen, die auch nach den alten lateinischen Fahrzeugen Liburnen genannt wurden, sind als Orlogschiffe bezeichnet. Liburnen waren schlanker gebaut, deshalb schneller segelnde Koggen. Die hohen Vorderkastelle sind auf den für den Kriegszug gecharteten Koggen für kriegerische Zwecke aufgebaut worden; hier werden die Krieger und Kriegsmaschinen ihre Hauptaufstellung gehabt haben.

Im Jahre 1466—1470 kaufte Hamburg aus Flandern drei Krafelen (Karavellen), um sie für kriegerische Zwecke zu verwenden. Diese Fahrzeuge hatten Vorder- und Achterkastell; in den Schiffsseiten ist je eine Reihe Kanonen untergebracht. Die drei Masten führten je ein Raasegel, waren durch Wanten abgestützt und trugen je einen Mastkorb, in dem sich Schießgewehre, die in Gabeln gelegt werden können, befinden. Das Bugspriet endigt in einer Tierfigur.

1526 war beispielsweise die Armierung von vier zu Kriegszwecken ausgerüsteten Schiffen, davon drei Barken und eine sogenannte Haferyacht (Kutter), die von Lübeck ausgesandt wurden, folgende:

Die Geschütze der Barken in Vorder- und Hinterkastell, sowie mittschiffs auf Deck aufgestellt, bestanden aus 50 Stück aller Art, meist Hinterladern, die zur schnellen Bedienung 2 Kammern hatten. Erwähnt werden z. B. 1 kupferne „Kartaune“ mit 4 Kammern, 4 Havestücke aus geschmiedetem Eisen mit 7 Kammern, 2 kupferne Valkeneten mit 2 Kammern, 1 kupferne halbe Schlange mit 2 Kammern, 1 eisernes Stück mit 2 Kammern, 3 kupferne Viertelstücke mit 6 Kammern, 2 Gatenstücke mit 4 Kammern, 1 Viertelschlange mit 2 Kammern, 2 Scharpentynen mit 7 Kammern, 1 Toppbüchse mit 4 Kammern, 1 kupferne Viertelschlange auf Rädern, wahrscheinlich zu Landungszwecken, und $2\frac{1}{2}$ Dutzend Hakenbüchsen. Die Geschütze waren viel kleiner, wie unsere jetzigen, aber ihre Arten zahlreicher als jetzt.

Nach Bildern vom Jahre 1587 sind die Schiffe der Hansa aus dem 16. Jahrhundert immer noch ähnlich den alten Koggen, nur haben sie auch ein hohes Hinterkastell, oft höher als das Vorderkastell. Die drei Masten haben je eine Stenge. Fock- und Kreuzmast haben zwei Raasegel und der Besanmast ein lateinisches Segel, auch das Bugspriet hat Dreieckssegel.

1628 wird in Hamburg ein besonderes „Orlog-Schiff“, der „St. Jochim“, der zugleich als Tonnenbojer diente, erwähnt.

In den Fahrzeugen, welche zu Konvoizwecken, d. h. als Begleitschiffe zum Schutze der Handelsschiffe, ohne selbst Handelszwecken

zu dienen, bestimmt waren, sind die Anfänge der eigentlichen Kriegsschiffe zu erblicken. Sie waren natürlich im Beginn ihrer Entwicklung den Handelsschiffen sehr ähnlich, aber schlanker in ihrer Bauart, fester, hatten mehr Bewaffnung und bessere Besegelung.

Im Jahre 1668 baute Hamburg zu Konvoizwecken eine Fregatte. Es war der „Leopoldus Primus“, der 1705 für untauglich befunden, und, nachdem er etwa 36 Jahre im Dienste gestanden hatte, im Hafen abgebrochen wurde.

1669 wurde ein zweites Convoischiff gebaut, das 1683 auf der Reede von Cadix verbrannte. Als Ersatz dafür wurde 1686 vom Meister Gerd Gerdes in Hamburg für 30 000 Taler eine neue Fregatte gebaut, von 140 Fuß Länge und 36 Fuß Breite, welche wieder den Namen „Das Wappen von Hamburg“ erhielt, nach 1719 zeitweise Quarantänezwecken diente, und 1723 zum Verkauf angeschlagen wurde.

Das dritte Konvoischiff baute Gerdes für 25 000 Taler im Jahre 1691; es war kleiner als die anderen und erhielt den Namen „Die Admiralität von Hamburg“.

Die im Jahre 1720 erbaute Konvoi erhielt wieder den Namen „Das Wappen von Hamburg“. Erbauer war der Schiffszimmermeister Jacob Menke; mit ihm wurde der Bau zu 41 000 Taler akkordiert. Das Schiff sollte nicht tiefer als 9—10 Fuß gehen. Es ist 1737 von Simon Tamm & Söhne für 71 000 Taler gekauft worden, wahrscheinlich für spanische Rechnung. 1740 wurde ein neues Schiff als Ersatz fertig, welches Zimmermeister Joen in Hamburg erbaute. Es erhielt wieder den Namen „Das Wappen von Hamburg“. Dies machte 1746—1747 die einzige und überhaupt letzte Konvoifahrt von Hamburg und hat dann 30 Jahre lang als Wachtschiff im Hafen gelegen.

Bremen hatte ebenfalls zu Konvoizwecken zwischen der Elbe, Weser und den niederländischen Küsten, hauptsächlich vom Ende des 16. Jahrhunderts bis Anfang des 18. Jahrhunderts, „Orlochschepen“ oder „Orloggschiffe“ im Dienst. Mit Namen bekannt sind „Der goldene Löwe“, „Der Roland von Bremen“ (De Ruland von Bremen).

Auch Emdener Konvoischiffe können geschichtlich nachgewiesen werden. 1602 wird von vier „Orlochschepen“ gesprochen, die in der Jade Schiffe von Bremen und Hamburg nach Emden zu konvoieren hatten.

Lübeck hatte zu Beginn des 17. Jahrhunderts mehrere Kriegsschiffe und Yachten zum Schutze der Schifffahrt in der Ostsee. 1678 war ein Konvoier für Lübeck im Dienst, der „Hirschbock“ genannt wurde. Der Kurfürst von Brandenburg verließ auf Ansuchen Lübecks der Stadt zur See Schutz; Brandenburg-Preußen trat das Erbe der Hansa zur See an. Auch andere Städte der alten Hansa stellten sich unter Schutz Brandenburgs, führten von da ab keine Schiffbauten zu kriegerischen Zwecken mehr aus und bauten nur Handelsschiffe, die

bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts hinaus eine Bewaffnung von wenigen Geschützen führten, sobald sie in ausländischen Meeren Dienste taten.

H. Linienschiffe, Fregatten und Korvetten.

Aus den bewaffneten Handelsschiffen des 14. und 15. Jahrhunderts entwickelten sich Konvoischiffe, die mehr Geschütze und mehr Munition, auch bessere Besegelung hatten, so daß sie schneller waren als die gebräuchlichen Handelsschiffe. Aus den Konvoischiffen entstanden dann die alten Kriegsschiffe, die unter dem Namen von Linienschiffen, Fregatten und Korvetten den verschiedensten Kriegszwecken zur See dienten. Die größten, die Linienschiffe, haben sich zuletzt entwickelt; die kleineren Fahrzeuge wurden aber auch in den großen Marinen gebaut, weil jede Marine für die verschiedensten Aufgaben, ebenso wie heute, besonderer, diesen Zwecken dienender Schiffstypen bedurfte.

Die alten Kriegsschiffe, aus denen sich noch zu Anfang des 19. Jahrhunderts die Flotten der Seemächte zusammensetzten, waren: 1. die Linienschiffe, welche unseren jetzigen gepanzerten Schlachtschiffen entsprechen; 2. die Fregatten, deren Stelle unsere heutigen Kreuzer einnehmen, und 3. die Korvetten, die den Dienst von Avisos zu versehen hatten.

Die Linienschiffe hatten die Schlachtlinie zu bilden. Man unterschied Dreidecker- und Zweideckerlinienschiffe, nach der Zahl der Decks, in denen schwere Geschütze aufgestellt waren. Gewöhnlich nannte man die Zahl der Geschütze mit, z. B. waren Zweideckerlinienschiffe von 74 Kanonen die beliebtesten. Alle Linienschiffe führten volle Raatakelung mit schwer getakelten Bugsprieten.

Die Fregatten hatten nur ein Deck, das Batteriedeck, auf welchem schwere Geschütze standen. Sie führten drei voll getakelte Masten und galten als die besten Segler einer Flotte. Fregatten hatten höchstens 50 Geschütze. Sie dienten als Kreuzer der Flotten.

Die Korvetten hatten ihre Geschütze nicht mehr in einer gedeckten Batterie, sondern offen auf dem Deck. Sie führten meistens Barktakelage. Ihre Artillerie bestand aus höchstens 28 Geschützen.

Zu diesen Kampfschiffen kamen noch kleinere Fahrzeuge hinzu, Briggs, die höchstens 24 Geschütze führten, und Schoner, welche als

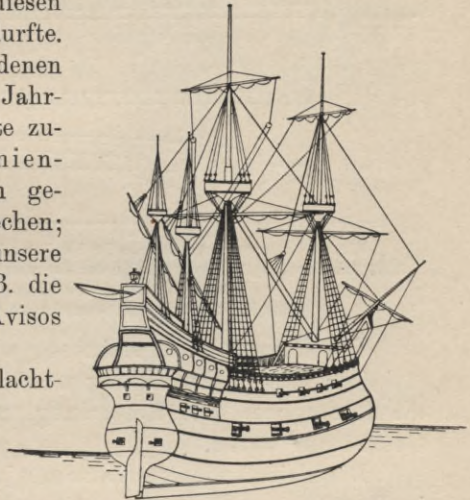


Fig. 26. Schiff aus dem 16. Jahrhundert.

Kaperschiffe sehr beliebt waren. Unter einem Kaperschiff verstand man ein Schiff, welches von der Regierung seines Landes durch den sogenannten Kaperbrief das Recht erhielt, ohne eigentliches Kriegsschiff zu sein, feindliche Handelsschiffe in allen Meeren zu kapern, d. h. wegnehmen zu dürfen.

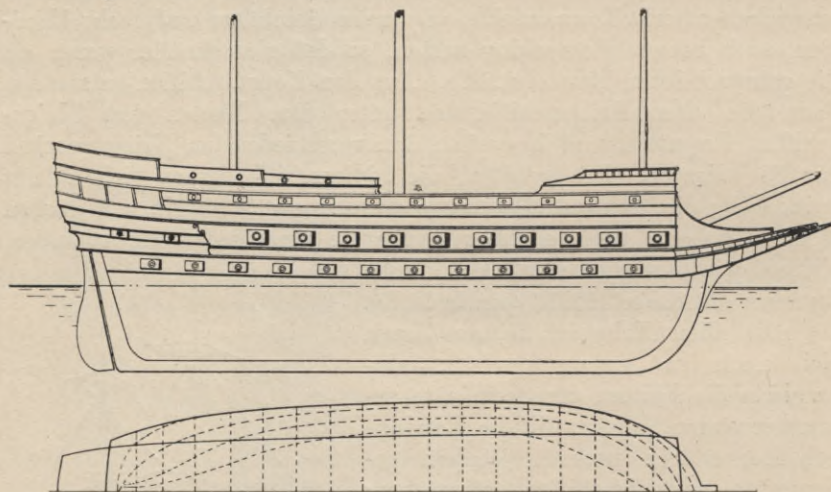


Fig. 27. Der erste vollendete Dreidecker „Sovereign of the Seas“. 1637 fertiggestellt. 1637 Tonnen Tragfähigkeit (gleich der Jahreszahl); 112 Kanonen; 232 engl. Fuß Totallänge; 48 engl. Fuß größte Breite; 128 engl. Fuß Kiellänge. Das Schiff war vorne stumpfer als hinten gebaut (s. Wasserlinienriß).

Das kleinste Kriegsfahrzeug war der Kutter.

Zur Küstenverteidigung waren noch Kanonenboote vorhanden, die Ruderboote mit Besegelung und einem oder mehreren kleinen Geschützen waren.

Die kleinsten waren Kanonenjollen, welche ein schweres Geschütz im Bug führten. Diese Fahrzeuge wurden mit Riemen fortbewegt. Bombardenfahrzeuge trugen statt des schweren Geschützes einen Mörser.

Brander, in denen man die Vorläufer der Torpedoboote erblicken kann, waren Fahrzeuge mit feuergefährlichem Inhalte, welche angezündet auf feindliche Schiffe getrieben wurden, um diese in Brand zu setzen.

I. Handelsschiffe, Segelschiffstypen.

Die neben den Kriegsfahrzeugen vorhandenen Handelsschiffe hatten sich ebenfalls je nach ihrer Zweckbestimmung zu verschiedenen, bestimmten Typen entwickelt. Aus den ein- und zweimastigen kleinen Fahrzeugen der früheren Zeiten waren allmählich Dreimaster in den mannigfaltigsten Formen entstanden; daneben waren aber auch ein- und zweimastige Schiffe bei geringerer Größe in Verwendung geblieben, hatten aber bessere Besegelung erhalten. Das Schiff, das an Bedeutung

unseren heutigen Seedampfern gleichkam, war der sogenannte Ostindienfahrer, ein Vollschiff bis ca. 900 t Wasserverdrängung. In der besprochenen Zeit entwickelten sich die Segelschiffe bis zur höchsten Vollkommenheit, so daß sie bis heute in ihren Typen (außer den vier- und mehrmastigen Schiffen, die Errungenschaften der Neuzeit sind) so geblieben sind. Man unterschied:

1. Vollschiff mit drei Masten (Fockmast, Großmast und Kreuzmast). Jeder Mast führt Marsstenge und Bramstenge (Vertikalhölzer) und ist mit Raaen (Horizontalhölzern) und Raasegeln versehen.

2. Bark mit drei Masten (Fockmast, Großmast und Besanmast). Die beiden vorderen Masten sind wie die eines Vollschiffes getakelt. Der Besanmast hat keine Raaen, führt nur eine Stenge, Besansegel und Gaffeltopsegel.

3. Schonerbark mit drei Masten (ebenso wie bei der Bark). Der Fockmast hat Raaen und Raasegel, der Großmast und Besanmast sind mit je einer Stenge, Gaffelsegel und Gaffeltopsegel versehen.

4. Lugger oder Chasse-Marée mit drei Masten (Fockmast, Großmast und Treibermast), woran Stagsegel gefahren werden. Lugger ist eine Chasse-Marée in größeren Dimensionen.

5. Brigg mit zwei Masten (Fockmast und Großmast), die wie die Masten eines Vollschiffes getakelt sind.

6. Schonerbrigg mit zwei Masten. Der Fockmast ist wie der einer Brigg getakelt, der Großmast ist mit einer Stenge, Bramsegel (Großsegel genannt) und Gaffeltopsegel versehen.

7. Schoner mit zwei Masten, welche mit kurzen Stengen, Gaffelsegel und Gaffeltopsegel versehen sind.

8. Kutter mit einem Mast, Stenge, Bugspriet, Klüverbaum, woran Großsegel, Gaffeltopsegel, Stagfock und Klüver gefahren werden.

Hierzu kommen neuerdings noch:

9. Viermastschiffe resp. Fünfmaster; sie haben Fockmast, Großmast, Kreuzmast (Besanmast) und Hegermast.

K. Der Schiffbau bis zur Einführung des Eisens als Baumaterial und des Dampfes als Antriebskraft.

In der vorbeschriebenen Art hatte sich der Bau der Kriegs- und Handelsschiffe, wie schon angedeutet, zu einer solchen Vollkommenheit der Bauweise und der Schiffstypen entwickelt, wie sie mit dem bisher allein bekannten Baumaterial — Holz — und bei der damals einzig möglichen Antriebsart — durch Segel — kaum noch übertroffen werden konnte. Und auf diesem Standpunkte ist denn auch die Schiffbaukunst bis zur Einführung des Eisens als Baumaterial und des Dampfes als Antriebskraft geblieben.

Somit ist es am Platze, bevor wir zu dieser modernsten Periode

des Schiffbaues übergehen, hier die Bauweise der Holzschiffe etwas näher zu betrachten, zumal aus ihr die Bezeichnung vieler Bauteile auf den Eisenschiffbau übernommen ist und vielfach nur so erklärt werden kann. Es soll jetzt also zum Schlusse dieses Abschnitts kurz beschrieben werden der

Holzschiffbau.

Beim Holzschiffbau wurden als Verbindungsmittel der Bauteile Holznägel, hölzerne Verdübelung, verwandt; auch eiserne und metallene Durchbolzen, Stumpfbolzen, Spieker und Schrauben wurden schon sehr früh gebraucht; ebenso eiserne und bronzene Beschläge. Die Befestigungsmittel waren bis auf die hölzernen Nägel und Bolzen, die aus Kiefern- oder Akazienholz angefertigt wurden, aus Schmiedeeisen ohne und mit Verzinkung, aus Kupfer und kupfernen Legierungen hergestellt. Der Bau eines hölzernen Schiffes soll so beschrieben werden, wie er auf der Helling der Reihe nach von Alters her vorgenommen wurde.

Unter dem Kiel eines Schiffes versteht man das unterste, mittschiffs durchgehende Längsverbandstück. Von vorzugsweise rechteckigem Querschnitte scheidet der Kiel die Außenhautplanken der beiden Schiffsseiten voneinander. Mit seiner vertikalen Dimension übertrifft er die entsprechende Dimension der benachbarten Außenhautplanken, so daß er nach unten um ein gewisses Maß 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, die Sponung.

Die Ausarbeitung, Zusammenfügung und Verbindung der Kielstücke fand auf der Helling statt. Nachdem dieselbe vollendet und auf den Seitenflächen die Mittellinien und Bezeichnungen der Spanten angebracht waren, kantete man den fertigen Kiel auf passende Unterlagen, auf die Kielstapel, derart, daß das vordere Ende desselben dem Lande zugekehrt war, und daß die auf der oberen und unteren Fläche desselben eingerissenen Mittellinien genau über den Mitten der Stapelklötze lagen. Diese Maßnahme wurde das Strecken des Kiels genannt.

Der Schiffskörper wurde an seinem vorderen Ende durch den Vorderstevan begrenzt, der dort zum Teil einen ähnlichen Zweck erfüllte wie der Kiel unten, indem er das Zwischenstück zwischen der Beplankung der beiden Schiffsseiten bildete.

Zur Verbindung von Kiel und Stevan bediente man sich auf ihrer inneren Seite eines vollen durchgehenden Holzes, mit welchem beide Stücke verbolzt wurden. Das betreffende Stück war knieartig gestaltet; es hieß Binnenknie oder Reitknie.

In seinem oberen Teile hatte der Vorderstevan einen konsolenartigen Ausbau unter dem Bugspriet, das Gallion.

Der Hinterstevan bildete den Schluß des Schiffskörpers an dessen

hinterem Ende, indem er die dort endigenden Planken der Außenhaut in seinen Sponungen aufnahm. Der Hinterstevan diente gleichzeitig zum Anbringen des Ruders.

Die Spanten, auch Spanthölzer, Inhölzer oder schlechtweg die Hölzer genannt, bildeten beim Skelett des Schiffsrumpfes die Rippen, welche dem Kiel, als dessen Rückgrat, angefügt waren. Sie waren als solche bestimmend für die Form des Schiffskörpers, demselben gleichzeitig Widerstandsfähigkeit gegen querschiffs gerichtete Kräfte gewährend. Auf der äußeren Fläche der Spanten wurde die äußere Beplankung des Schiffskörpers angebracht, die den inneren Schiffsraum nach außen hin abschloß. Die innere Fläche der Spanten diente zur Aufnahme der inneren Beplankung des Schiffes.

Die unmittelbar auf dem Kiel liegenden Hölzer hießen Bodenwrangen, an diese schlossen sich die Boden- bzw. Kimmstücke, je nachdem dieselben mehr dem Boden oder der Kimm, d. h. der Übergangsstelle vom Boden in die Seitenflächen des Schiffes angehörten; auf die Kimmstücke folgten die Auflanger, die als erster, zweiter usw. Auflanger unterschieden wurden.

Nachdem das Schiff in Spanten stand, schritt man zum Einbau der inneren Längsverbandstücke, von denen das Kielschwein das wichtigste war. Es nahm auf der inneren Fläche der Bodenwrangen dieselbe Stelle ein wie der Kiel auf der Außenfläche.

Der übrige Teil der innerhalb des Spantsystems gelegenen Längsverbandstücke führte die allgemeine Bezeichnung „Wegerung“.

Das Oberdeck sollte in erster Linie einen wasserdichten Abschluß des inneren Schiffsraumes bilden.

Die Decksbalken trugen die Beplankung der Decke und bildeten mit ihnen die Decks. Als zu den Decks gehörig und als selbständige Verbandstücke waren die Decksbalken nächst den Spanten die wichtigsten Querverbandstücke.

Mit Ausnahme der ganz kurzen Balken an den äußersten Enden des Schiffes mußte jeder Balken eine Abstützung nach unten erhalten, um das Durchbiegen zu verhindern. Die Abstützung erfolgte entweder, indem man unter jeden Balken eine Stütze stellte, oder indem man mehrere Balken zu einer Gruppe zusammenfaßte und unter denselben einen Längsbalken, einen sogenannten „Unterzug“ oder „Unterschlag“ anbrachte.

Nachdem die innere Wegerung und die Balkenlagen eingebaut, ferner die Spanten geschlichtet waren, schritt man zur Ausarbeitung der Außenbeplankung. Diese, sowie die Decks kalfaterte man, d. h. man dichtete die Zwischenräume zwischen den einzelnen Planken mit Werg und heißem Pech ab, so daß vollkommene Wasserdichtigkeit erzielt wurde.

Noch heute werden für Boote, Kähne, Prähme und Küstenfahrzeuge, die meist Segelschiffe sind, zahlreiche Holzbauten ausgeführt.

II. Die geschichtliche Entwicklung des Eisenschiffbaues.

A. Vorzüge des Eisens als Schiffbaumaterial.

Die außerordentlich großen Vorzüge des Eisens gegenüber dem Holze als Schiffbaumaterial lassen sich heutzutage bei der bedeutenden Vervollkommnung der Bauweise und den langjährigen Erfahrungen natürlich viel besser übersehen und würdigen, als es in den Kinderjahren des Eisenschiffbaues möglich war. Außer manchen nebensächlichen Gesichtspunkten sprechen zugunsten der Eisenschiffe besonders ihre größere Festigkeit und Dauerhaftigkeit.

Die größere Festigkeit eines Eisenschiffes, gepaart mit bedeutender Elastizität, ist dabei nicht etwa durch die absolute Festigkeit des Eisens im Vergleiche zu der des Holzes (wie 5:1) begründet; vielmehr ist ersteres in bezug auf das spezifische Gewicht (Verhältnis etwa 9:1) das schwächere Material (so daß z. B. ein Eisenstab schwerer ausfallen würde als ein Holzstab [Eiche] von gleicher Festigkeit). Es kommt vielmehr der Vorteil hinzu, daß die Festigkeit beim Eisen viel besser auszunutzen ist; denn man hat die Möglichkeit, es in die für seine Beanspruchung zweckentsprechendste Form zu bringen, da es im Gegensatz zum Holz erstens jede beliebige Formgebung zuläßt, und zweitens keinen Unterschied an Festigkeit, ob längs oder quer zur Faser, aufweist. Ganz besonders wichtig ist aber noch, daß die Verbindung einzelner Eisenteile untereinander (durch Niete u. dgl.) eine sehr innige ist und beinahe dieselbe Festigkeit erreicht wie das volle Material, was beim Holz nicht im entferntesten möglich ist. Dieses alles zusammen ergibt bei gleich großer Festigkeit einen bedeutend leichteren Schiffskörper aus Eisen als aus Holz, und zwar wird der Gewinn meistens auf 25—30% geschätzt. Er kann entweder zur Verminderung des Gesamtschiffsgewichts (und damit zur Ersparnis an Bau-, Betriebs-, Unterhaltungskosten, an Maschinenstärke und Kohlenverbrauch usw.) oder zur Vergrößerung der Tragfähigkeit (also bei Handelsschiffen zur Erhöhung der Einnahmen, bei Kriegsschiffen für Verstärkung der Artillerie oder Panzerung u. dgl.) ausgenutzt werden.

Wenn dieser Gesichtspunkt schon allein ausschlaggebend ist für den Sieg des Eisens, so kommt doch noch seine bedeutend größere

Dauerhaftigkeit als zweiter wichtiger Vorteil hinzu. Holzschiffe verlangen erstens, daß ihr Material gesund, rechtzeitig gefällt, vor der Verwendung besonders gut ausgetrocknet und abgelagert ist und dann auch noch während der Fertigstellung des Baues genügend Zeit zum Auslüften hat. Aber auch nach Erfüllung dieser Voraussetzungen, welche große Vorräte an abgelagerten Hölzern und lange Bauzeit erfordern (was natürlich viel Geld kostet), sind Holzschiffe meistens nur von kurzer Lebensdauer, da sie der Fäulnis, dem Verrotten, den Angriffen des Bohrwurms ausgesetzt sind, ohne daß man im Stande ist, dieses zu verhindern, ferner weil die einzelnen Teile beim „Arbeiten“ in See sich an den Verbindungsstellen lockern, dehnen, „begeben“. Diese Erscheinung tritt natürlich in desto größerem Maße auf, je mehr die Schiffsabmessungen, namentlich die Länge, wachsen, und sie wird noch gesteigert, wenn es sich um Dampfschiffe handelt, bei denen die Erschütterungen und sonstigen Beanspruchungen durch die Maschinen und Schrauben bzw. Räder hinzutreten. — All diesen Mängeln steht beim Eisen nur die Gefahr des Verrostens gegenüber; doch hat man hierbei durch schützende Anstriche und deren sorgfältige Beobachtung und Erneuerung vollkommen ausreichende Gegenmittel in der Hand. — Es darf allerdings der Vollständigkeit wegen auch nicht verschwiegen werden, daß das leidige Bewachsen des Bodens bei Eisenschiffen sich auch heutzutage noch nicht ganz beseitigen, sondern nur durch besonders zusammengesetzte Anstrichfarben ziemlich einschränken läßt; indessen kann durch Dockungen in angemessenen Zeitabständen der Schiffsboden stets wieder in völlig guten Zustand versetzt werden. Es ist also mit Recht zu behaupten, daß Eisenschiffe bei guter, zweckmäßiger Behandlung und Beaufsichtigung nur sehr geringer Abnutzung ausgesetzt sind und daher eine recht lange Lebensdauer besitzen.

Die vorstehend erörterten Vorzüge des neuen Baumaterials sind natürlich nicht sofort bei seinem Auftauchen allgemein erkannt und gewürdigt worden; es wurden vielmehr längere Zeit hindurch von vielen und auch von sachkundigen Leuten gewichtige Bedenken dagegen vorgebracht. Hierzu rechnet selbstverständlich nicht der törichte, auf Unkenntnis längst erforschter Naturgesetze beruhende und doch zu jener Zeit vielfach geäußerte Einwand, daß eiserne Schiffe ja gar nicht schwimmen könnten, weil Eisen schwerer sei als Wasser. Aber andere damalige Befürchtungen gegenüber dem neuen Baumaterial sind ganz erklärlich, vor allem bezüglich seiner Einwirkung auf den Kompaß, die man, weil ihre Gesetze und Regeln noch zu wenig erforscht waren, als eine große Gefahr bei der Navigierung auf See ansah. Ferner befürchtete man, daß ein Leck in einem Eisenschiffe schwer mit Bordmitteln zu stopfen sein würde. Auch das Aus-

schwitzen der eisernen Innenwände und das Herabtropfen des Schwitzwassers auf Bewohner, Ladung usw. wurde als großer Übelstand vorausgesehen.

Zu all diesen und sonstigen Bedenken kam noch hinzu, daß die Schiffbauer über die im Vergleich zum Holzbau ganz andersartigen Verbindungsmethoden eiserner Bauteile und über ihre zweckmäßigste Anordnung und Zusammenfügung zu einem widerstandsfähigen Ganzen noch keine Kenntnisse und Erfahrungen haben konnten und erst allmählich „umlernen“ mußten, ehe bei ihren Erzeugnissen die großen Vorzüge eiserner Schiffe so klar zu Tage treten konnten, wie es später mehr und mehr geschah.

So vollzog sich denn auch der Übergang von dem seit undenklichen Zeiten bewährten und durchgebildeten Holzschiffbau zur eisernen Bauweise — wie das bei großen technischen Neuerungen ja häufig geschieht — erst ganz allmählich; schrittweise hat sich das neue Baumaterial in hartem Kampfe seine volle Anerkennung und umfangreichere Anwendung erringen müssen. Man begann mit dem Ersatz derjenigen Bauteile, die beim alten Material am meisten zu wünschen übrig ließen, nämlich der Außenhaut, bei welcher bisher das häufige Undichtwerden der Plankennähte ein großer Nachteil war. Längere Zeit hindurch wurden auch, namentlich da anfangs die Fabrikation von Eisenwinkeln noch unbekannt bzw. wenig ausgebildet war, Spanten, Steven und ähnliche Stücke bisweilen noch von Holz genommen. Dann führte aber der Mangel an geeigneten Krummhölzern mehr und mehr zu dem Wunsche, auch diese Teile aus Eisen herzustellen, und so ging es weiter. Hölzerne Decksbalken waren dann noch bis in die Neuzeit in manchen sonst schon modernen Eisenschiffen anzutreffen. Ebenso ist für die Decks selbst erst nach und nach die Verwendung eiserner Platten statt hölzerner Planken mehr in Aufnahme gekommen. Und so wurde denn schließlich das Holz sogar für nebensächlichere Teile vom Eisen mehr und mehr verdrängt, so daß jetzt bei einem modernen Fahrzeug am eigentlichen Schiffskörper selbst (also natürlich abgesehen von dem inneren Ausbau, den Wohnräumen u. dgl.) kaum noch irgend ein hölzerner Bauteil zu finden ist.

B. Eisenschiffbau.

Wenn wir nun den Eisenschiffbau auf der jetzigen Stufe seiner Vollkommenheit und in seiner weiten Ausbreitung überblicken, scheint es uns kaum glaublich, daß dieser hochentwickelte Industriezweig erst ein Alter von Jahrzehnten besitzen soll. Und doch ist es so: von einem eigentlichen Eisenschiffbau kann frühestens seit den zwanziger Jahren, in größerem Umfange sogar erst seit den vierziger bis

fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts die Rede sein. Die ersten Anfänge reichen allerdings weiter zurück. Schon am Ende des achtzehnten Jahrhunderts hat es einige eiserne Boote und Fahrzeuge gegeben, und noch viel früher wurden bereits diese und jene Bau- und Ausrüstungsteile hölzerner Schiffe aus Eisen hergestellt, wie Balkenknäue, Diagonalbänder, Befestigungsbolzen, Ankerketten, Pumpen u. dgl.

Die Verwendung von Eisen als Schiffbaumaterial im allgemeinen konnte begreiflicherweise solange gar nicht in Frage kommen, als Eisenplatten nur durch Hämmern hergestellt wurden und daher recht teuer und von ungleichmäßiger Güte waren. Eine bedeutsame Änderung trat 1784 ein durch die Erfindung des Walzens von Eisenplatten und Stangeneisen; und sehr bald danach, schon im Jahre 1787, hören wir von dem Bau des ersten eisernen Schiffes, eines in England hergestellten Bootes von 21,3 m Länge und 2,05 m Breite, welches für einen nach Birmingham führenden Kanal bestimmt war. Diesem folgte in den nächsten Jahren eine kleine Zahl ähnlicher Fahrzeuge aus Eisen, meist ebenfalls für Kanalfahrten, zu Vergnügungszwecken u. a. bestimmt; doch blieben diese Boote vorläufig in sehr geringen Abmessungen. Letzteres hing zum Teil damit zusammen, daß sich damals eine andere, sehr wichtige Neuerung im Schiffbau vorbereitete und entwickelte, und daß vor ihrem weiteren Fortschreiten der Bedarf an einem besseren Schiffbaumaterial als Holz noch nicht so dringend bemerkbar wurde als später.

Diese große Neuerung war die Einführung der Dampfmaschine, welche fast genau auf den Beginn des 19. Jahrhunderts zu datieren ist. Die ersten Versuche liegen allerdings auch hierfür weiter zurück; denn wenn auch die weitverbreitete Annahme, daß Denis Papin bereits 1707 mit einem durch Dampf getriebenen Boote die Fulda befahren habe, nach neueren Forschungen hinfällig ist, so haben sich doch bereits um die Mitte des 18. Jahrhunderts Daniel Bernoulli und Albert Euler mit der Frage der Verwendung des Dampfes zur Fortbewegung von Schiffen beschäftigt und hierbei eine solche durch Reaktionspropeller, Räder und Schrauben erörtert. Ja, es sind sogar bald danach einige Versuchsfahrten mit Dampfbooten ausgeführt worden, so 1774 von Auxiron auf der Seine bei Paris, 1775 von Constantin Périer ebendasselbst, 1776 und 1783 vom Marquis Claude Jouffroy auf dem Doubs. In Amerika erprobte zuerst John Fitch, aus Warminster (Pennsylvanien) gebürtig, 1785 ein Boot mit seitlichen Rädern auf einem Teiche bei Davisville, 1787 ein Schraubenboot „Perseverance“ auf dem Delaware und ließ sich seine Ideen patentieren. Fast gleichzeitig stellte auch James Rumsey ein Dampfboot mit Reaktionspropeller zu Versuchen her und erhielt ebenfalls ein Patent. Die Patent-



Fig. 28. Symingtons Dampfschiff. 1788.

streitigkeiten zwischen diesen beiden Amerikanern verhinderten aber weitere Erfolge ihrer Erfindungen. Dann hören wir auch von Versuchen in Schottland: 1788 baute der Bergwerksmechaniker William Symington im Verein mit dem Bankier Patrick Miller ein 7,6 m langes Doppelboot mit zwischenliegenden Rädern (Fig. 28), mit welchem Fahrten auf dem See zu Dalswinton in Dumfriesshire vorgenommen wurden, und ein Jahr darauf noch ein größeres; doch



Fig. 29. „Charlotte Dundas“. 1800.

schließen diese Versuche wieder ein. 1800 stellte Symington dann aber, jetzt von Lord Dundas mit Geld unterstützt, für die Forth Clyde Canal Company einen kleinen Dampfer, die „Charlotte Dundas“ (Fig. 29), her, dessen im Heck angebrachtes Rad von einer Watt'schen Dampfmaschine getrieben wurde. Dieses Schiff bewährte sich sehr gut, vermochte auch zwei Kanalboote mit ziemlicher Geschwindigkeit gegen Wind zu schleppen; trotzdem wurde es, weil man durch die von den Rädern verursachten Wellen Beschädigungen der Kanalufer befürchtete, ein Jahr später wieder abgewrackt, und der schon geplante Bau von mehreren ähnlichen Dampfbooten unterblieb.

Dann aber trat der Amerikaner Robert Fulton mit seinen bahnbrechenden Versuchen auf, und zwar zuerst 1803 auf der Seine,

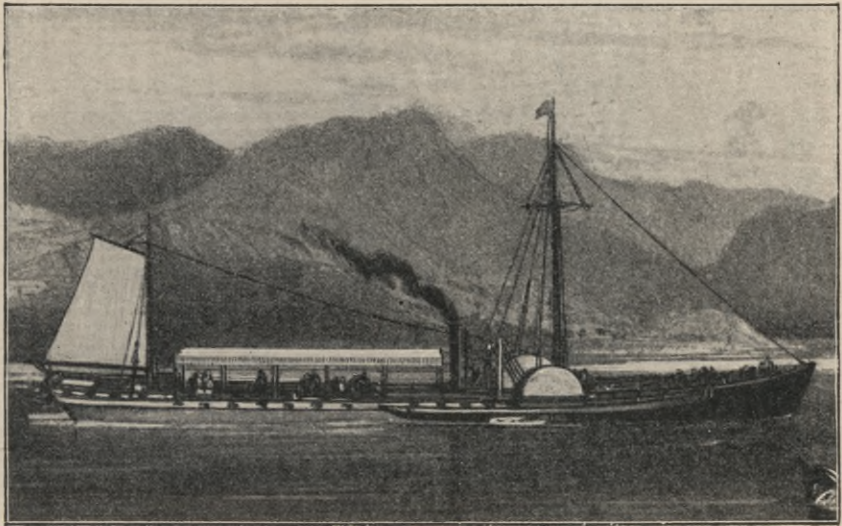


Fig. 30. „Claremont“. 1807.

wo er, nachdem im Frühjahr sein erstes, zu schwach gebautes Dampfboot untergegangen, am 9. August ein zweites, stärkeres mit der alten Maschine erfolgreich laufen ließ. Da Fulton in Frankreich mit seinen Erfindungen (unter denen auch eine Art von Torpedos und von Torpedobooten zu nennen ist und merkwürdigerweise auch schon ein Unterseeboot, welches bereits stundenlang unter Wasser blieb) nicht viel Anerkennung fand, setzte er seine Versuche im August 1807 in New York mit dem „Claremont“ (Fig. 30) fort, einem 40 m langen, 5,5 m breiten, 0,6 m tiefgehenden Raddampfer von 160 Tonnen, für welchen er eine 20pferdige Maschine (Fig. 31) nach seinen Plänen von Boulton & Watt in Soho bei Birmingham hatte bauen und nach

Amerika schicken lassen. Er fuhr von New-York stromauf nach Albany, eine Strecke von 120 Seemeilen, die er in 32 Stunden zurücklegte. Nach dem glänzenden Ergebnis dieser Fahrt wurde das Schiff sogleich für die regelmäßige Passagierfahrt beibehalten, und Fulton baute in den nächsten Jahren noch drei Dampfer, „Karitan“, „Car of Neptune“ und „Paragon“, letztere beide fast doppelt so groß wie „Claremont“, dann 1812 eine Dampffähre für den Verkehr zwischen New York und Jersey City, 1813 zwei Dampffähren für die Linie New York—Brooklyn, so daß eine dauernde Dampferfahrt auf dem Hudson eingeführt wurde. Später baute Fulton auch noch mehrere Dampfer für die Flußschiffahrt im Westen und für den Packetfahrt-dienst zwischen Neuyork und Providence.

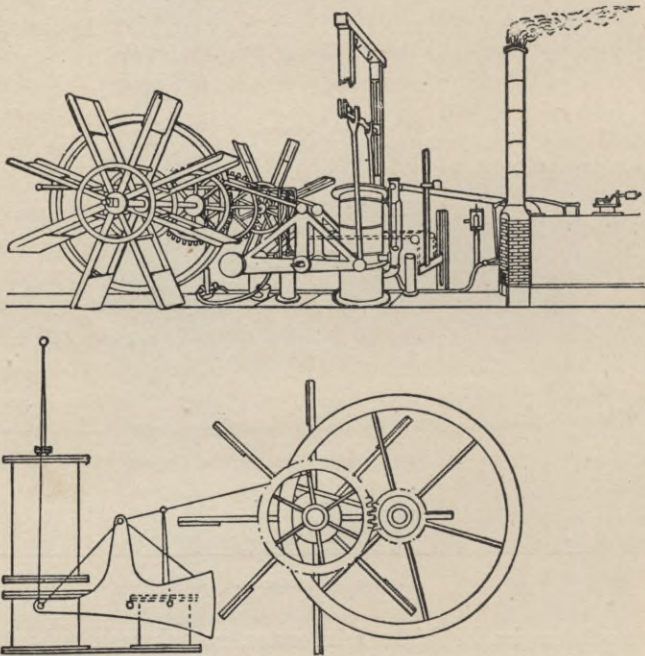


Fig. 31. Maschine des „Claremont“.

Die Erfolge waren derartig, daß die amerikanische Regierung Fulton den Bau einer schwimmenden Batterie von 32 Kanonen übertrug, deren Wasserlinie durch einen 1,5 m dicken Holzpanzer geschützt war (Fig. 32). Ihre Indienstellung im Juli 1815 erlebte Fulton selbst leider nicht mehr, da er bereits am 24. Februar 1815 verstarb. Die Fregatte erhielt den Namen „Fulton the First“ und war ein 66 m langes und 17 m breites Doppelschiff mit einem Schaufelrad in der Mitte und einer Maschine von 120 PS.

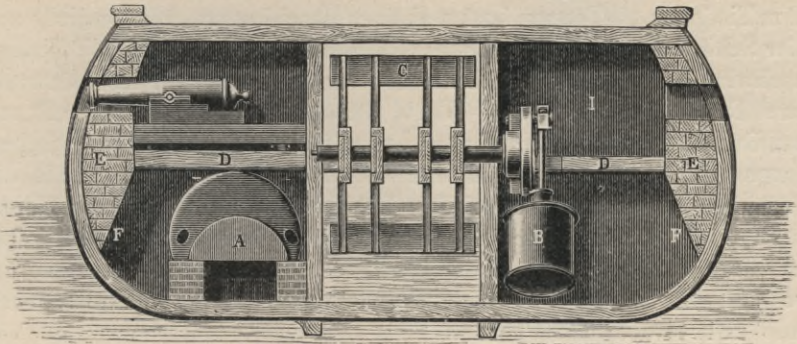


Fig. 32. Querschnitt des „Fulton I.“ 1815.

Inzwischen hatten sich in Amerika die Flußdampfer, namentlich unter Mitwirkung zweier hervorragender Ingenieure, John Stevens und seines Sohnes Robert Stevens, weiter schnell vermehrt (so waren z. B. als erste auf dem St. Lorenzstrom die „Accomodation“ 1809, auf dem Mississippi der „Duc d'Orléans“ 1811 erschienen), und schon 1817 gab es auf den nordamerikanischen Binnengewässern die stattliche Zahl von 131 Dampfern. Im Jahre 1820 schwammen bereits auf dem Mississippi allein 70—80 Dampfer. Aus der Mitte der zwanziger Jahre wird die Zahl der Hudson-Dampfer auf 86 angegeben und von über 300 Dampfern auf den Flüssen, Seen und Küstengewässern Nordamerikas berichtet, welche Zahl 1839 auf rund 700 angewachsen war.

Auch in Großbritannien begann bald ein lebhafter Dampferbau, namentlich auf den Werften an der Clyde. So wurde hier in Port Glasgow von John Wood 1811 für Henry Bell der „Comet“ (Fig. 33) erbaut, ein kleiner Küstendampfer von 12,2 m Länge, 3,2 m Breite,

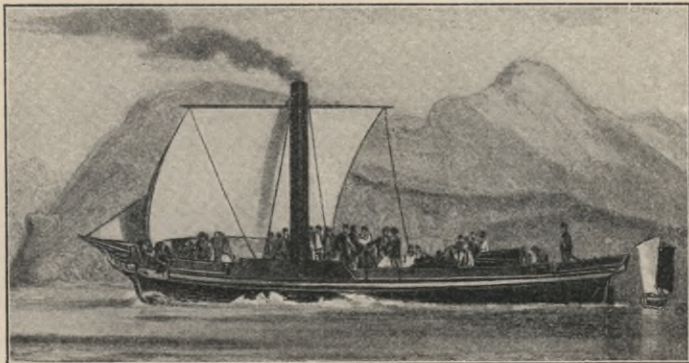


Fig. 33. „Comet“. 1811.

1,2 m Tiefgang, 23 Tonnen Last und einer Maschine von 3 PS., welche auf jeder Schiffsseite zwei vierschaulige Räder bewegte, wodurch 5 Knoten Geschwindigkeit erzielt wurden. Es war dieses der erste brauchbare Dampfer der alten Welt, der auch bereits eine Fahrt um ganz Großbritannien unternahm und von 1812 an den Verkehr zwischen Glasgow und Greenock vermittelte. Smart in Dundee baute 1814 die „Caledonia“ für die Fahrt auf dem Humber zwischen Hull und Gatesburgh und William Denny in Dumbarton im selben Jahre die „Marjory“, die auf dem Mittelkanal nach der Themse überführt wurde. Die Zahl der Dampfer in England und Schottland wuchs nun schnell; Ende 1815 waren ihrer schon 20. Die Küstenfahrten wurden allmählich immer weiter ausgedehnt, so nach Glasgow, Liverpool, Belfast und Dublin. 1817 fuhr Watt mit der „Caledonia“ nach der Schelde hinüber und den Rhein hinauf bis Coblenz, und der 1818 von Denny gebaute „Rob Roy“ wurde bald in die Fahrt zwischen Dover und Calais eingestellt.

Auch auf deutschen Flüssen tauchten bald die ersten Dampfschiffe auf und zwar zunächst von England her. So war von dort 1816 die „Lady of the Lake“ nach Hamburg gekommen, um von jetzt an den regelmäßigen Verkehr zwischen Hamburg und Cuxhaven zu übernehmen, und fast genau gleichzeitig war auch die „Defiance“ (34 PS.) als erster Dampfer auf dem Rhein erschienen und am 12. Juni

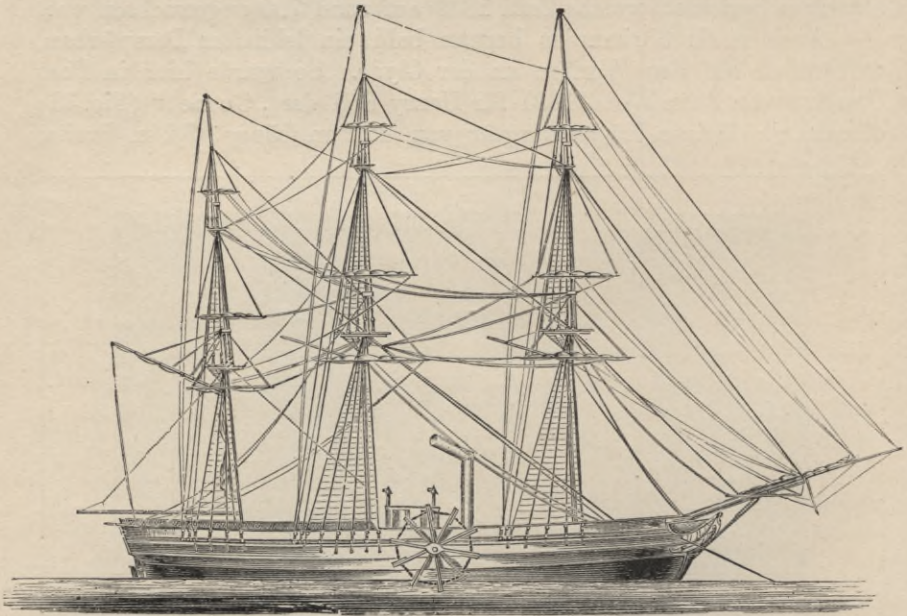


Fig. 34. „Savannah“. 1818.

vor Cöln eingetroffen. Nun begann auch allmählich ein eigener Dampfschiffbau in Deutschland selbst; doch wollen wir dessen weitere Entwicklung später im Zusammenhange betrachten.

Bis 1819 waren Dampfschiffe fast nur für Fluß- und Küstenfahrt verwendet worden; der bedeutende Schritt zur eigentlichen überseeischen Fahrt geschah dann durch die 1818 in New York vom Stapel gelaufene „Savannah“ (Fig. 34), ein dreimastiges Vollschiß von 30,48 m Länge, 7,92 m Breite, 4,27 m Tiefgang und 300 Tonnen Ladefähigkeit, welches mit einer Dampfmaschine und zwei seitlichen Schaufelrädern von 4,9 m Durchmesser ausgerüstet war. Es verließ am 19. Mai 1819 den Hafen von Savannah in Georgia, am 26. Mai New York und traf am 20. Juni in Liverpool ein, den letzten Teil der Fahrt allerdings infolge Kohlenmangels unter Segel zurücklegend. Ähnliche Fahrten, teils mit Dampf, teils mit Segeln, machten bald noch einige Schiffe, so von englischen die „Enterprise“ (470 t, 120 PS.) 1825 von London nach Calcutta und die „Curaçao“ (400 t, 100 PS.) 1829 von Holland nach Westindien, ferner der in Canada gebaute „Royal William“ (120 Reg.-Tons, 180 PS.) 1831 von Quebec nach Liverpool. Das letztgenannte Schiff soll dann auch im Jahre 1833 als erstes die ganze Reise über den Ozean von Picton (Neuschottland) nach England nur unter Dampf zurückgelegt haben.

Anfangs der zwanziger Jahre wurde in England auch die erste Dampfschiffahrtsgesellschaft gegründet, die General Steam Navigation Company, deren erster Dampfer, die 1821 vom Stapel gelaufene „City of Edinburgh“, eine Maschine von 100 PS. besaß, während von einem für dieselbe Gesellschaft 1831 gebauten Dampfer „Monarch“ berichtet wird, daß dieses „gigantic steamboat“ 62,5 m Länge über alles, 11,3 m Breite über Deck, 16,4 m über Radkasten und einen Gehalt von 1200 Tonnen hatte. — Seit 1824 bestand übrigens auch ein regelmäßiger Verkehr zwischen London und Hamburg durch die beiden Londoner Dampfer „Hilton Joliffe“ und „Sir Edward Banks“. Ebenfalls im Jahre 1824 trat eine regelmäßige Dampferverbindung Lübeck-Kopenhagen ins Leben, der nach 4 Jahren eine andere zwischen Lübeck und Petersburg folgte.

Der eigentliche regelmäßige transatlantische Dampferverkehr wurde jedoch erst im April 1838 eröffnet durch die Fahrten zweier noch aus Holz gebauten und durch Räder getriebenen Dampfer, des „Sirius“ der St. George Steam Packet Company und des „Great Western“ der Great Western Steam Ship Company, welche von London bzw. Bristol nach New York dampften und hierzu 17½ bzw. 14½ Tage brauchten. „Great Western“, der größere von den beiden war als der erste speziell für transatlantische Fahrt bestimmte Dampfer von Brunel konstruiert und von Patterson in Bristol 1836 auf Stapel

gelegt; er hatte 64,61 m Länge, 10,77 m Breite, 5,08 m Tiefgang und 2300 Tonnen Displacement bei einer Maschinenstärke von 440 PS. — 1840 folgten die Dampfer „Arcadia“, „Britannia“, „Caledonia“ und „Columbia“ der Royal Mail Steam Ship Company, meist nach ihrem Begründer Cunard-Linie genannt, welche als erste es zu regelmäßigem Verkehr zwischen Liverpool und New York brachte.

Nach diesen Schiffen trat dann 1845 der „Great Britain“ als erster eiserner und durch eine Schraube getriebener Dampfer in die transatlantische Fahrt ein, und wir können nunmehr unsere Blicke von der Entwicklung der Dampfschiffahrt wieder zurückwenden zu unserm eigentlichen Thema und die weiteren Fortschritte des Eisenschiffbaues betrachten. Die Abschweifung war aber wohlbegründet und notwendig; denn erst die Einführung des Dampfes beschleunigte und erhöhte ganz wesentlich das Verlangen nach stärker und widerstandsfähiger gebauten Schiffen deshalb, weil durch das Arbeiten der Maschinen nebst Rädern und Schrauben die Beanspruchungen des Schiffskörpers bedeutend gesteigert wurden, so daß Holz als Baumaterial nunmehr bald ganz allgemein als ungenügend erkannt werden mußte.

Vor Einführung des Dampfes in die Schiffahrt war, wie oben erwähnt, von eisernen Schiffen noch nicht viel die Rede; nur einige wenige eiserne Kanalboote waren bis dahin in England gebaut worden. Da fand im Jahre 1821 das Eisen zum erstenmal Anwendung für den Bau eines Seedampfers. Es war dieses der „Aron Manby“, welcher, nachdem er in Staffordshire von der Horsley Company in seinen einzelnen Teilen hergestellt und montiert, dann zerlegt, nach London verschickt und wieder zusammengebaut war, von dort unter Führung des Kapitäns Napier (des späteren Admirals) nach Havre und die Seine hinauf nach Paris fuhr, um dort von 1822 an längere Zeit mit Erfolg Dienst zu tun. 1824 wurde ebenfalls in Horsley ein größerer eiserner Flußdampfer und bald darauf noch fünf andere für die Shannon Steam Packet Company erbaut, und bald folgte eine Reihe weiterer Kanal- und Flußdampfer aus Eisen. Da diese alle sich gut bewährten, wurde nunmehr in den nächsten Jahren das Interesse für den Eisenschiffbau und die Anerkennung seiner Vorzüge gegenüber dem Holzschiffbau allgemeiner. Infolgedessen entstanden in England bald nacheinander mehrere Werften, die sich speziell dem neuen Baumaterial widmeten, so die Firmen Fawcett & Preston in Liverpool, Laird Brothers in Birkenhead, Fairbairn in Millwall bei London, Miller & Ravenhill und Ditchburn & Mare an der Themse u. a. — Die englische Dampferflotte, welche 1823 nur 160 Fahrzeuge zählte, war bereits 1830 auf 315 Dampfer mit 33400 Reg.-Tons und

1835 sogar schon auf 538 Dampfer mit 60500 Reg.-Tons Raumgehalt angewachsen. — Von bemerkenswerten Bauten sind aus dieser Zeit-epoche folgende eiserne Raddampfer zu nennen: 1831 „Albukhar“ von 21 m Länge, bei Laird für den Niger erbaut, 1833 „John Randolph“ (850 Tonnen), 1834 „Harry Owen“, der erste mit den von Williams erfundenen wasserdichten Schotten, 1837 „Rainbow“ (580 Tonnen), 1839 „Nemesis“ (600 Tonnen).

Bis zu dieser Zeit hatte man sich, da wegen der Beeinflussung des Kompasses durch das Eisen Unklarheiten und Befürchtungen herrschten, vorläufig noch von dem Bau eiserner Schiffe für atlantische Fahrt zurückgehalten. Im Jahre 1838 erst entstand das erste größere eiserne Segelschiff, die „Ironsides“, bei Jackson & Jordan in Liverpool. Bald darauf baute auch die Firma Todd & Mc. Gregor an der Clyde einige größere Segelschiffe (für etwa 300 Tonnen Ladung) und einige 40—60 m lange Dampfer von bemerkenswerter Geschwindigkeit, z. B. 1841 die „Princeß Royal“ von 59 m Länge, 7,95 m Breite, 5,12 m Tiefgang, 800 Tonnen Ladung und 400 PS.

Alle diese Dampfer waren durch Räder angetrieben. Von der Anwendung der Schraube als Treibmittel war, trotzdem die theoretischen Kenntnisse darüber schon ältere waren (Bernoulli und Euler im 18. Jahrhundert), jahrzehntelang kaum etwas zu hören außer einigen unbedeutenden Versuchen, wie z. B. dem oben erwähnten von Fitch im Jahre 1787. Ferner machte 1804 der bereits erwähnte Amerikaner John Stevens eine Versuchsfahrt mit einem kleinen Schraubendampfer von Hoboken nach New York; doch kann von einem Erfolge keine Rede sein, da nichts mehr von diesem Fahrzeuge oder etwaigen Nachfolgern verlautet. 1812 arbeitete dann der Österreicher Joseph Ressel genaue Pläne eines Schraubenpropellers aus; aber erst 1829 unternahm er mit einem Schraubendampfer von etwa 14 m Länge und 3,4 m Breite, der „Civetta“, welche etwa 40 Personen fassen konnte und von einer 6pferdigen Maschine getrieben wurde, einige Probefahrten. Leider aber fanden diese durch die Havarie eines Dampfrohres und das dadurch verursachte Einschreiten der Polizei ein frühzeitiges Ende und zeitigten daher ebenfalls keinen nachhaltigen Erfolg.

Bedeutend größeren Einfluß auf die Entwicklung der Schiffs-schraube hatte der englische Landwirt Frances Pettit Smith, der 1836 mit einem etwa 6 Tonnen großen Boot, dessen 6pferdige Maschine eine hölzerne Schraube betätigte, auf der Themse und dann nach den Häfen des Kanals Fahrten unternahm (Fig. 35). Das gute Gelingen derselben veranlaßte die englische Admiralität, Smith den Bau des „Archimedes“ (Fig. 36) zu übertragen, des ersten größeren Schraubendampfers; er besaß bei 38 m Länge, 6,7 m Breite, 2,9 m

Tiefgang 232 Tonnen Fassungsvermögen und eine Maschine von 80 PS., welche ihm bei seinen Probefahrten 1839 eine Geschwindigkeit von $9\frac{3}{4}$ Knoten verlieh. — Die Schraubenversuche wurden 1843 von der englischen Admiralität dann noch an dem Dampfer „Rattler“ fortgesetzt, welcher etwa 54 m lang war, 880 Tonnen faßte und mit einer 200pferdigen Maschine $9\frac{1}{2}$ Knoten erreichte; man ermittelte hierbei schließlich einen bronzenen Propeller mit zwei Flügeln und etwa 3 m Durchmesser als den günstigsten.

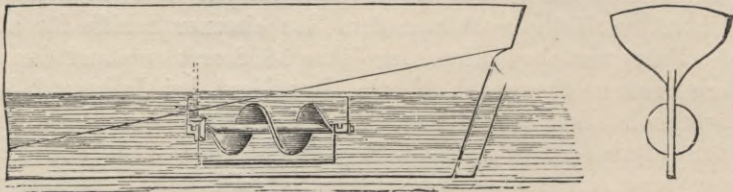


Fig. 35. Smithsche Schiffsschraube. 1836.

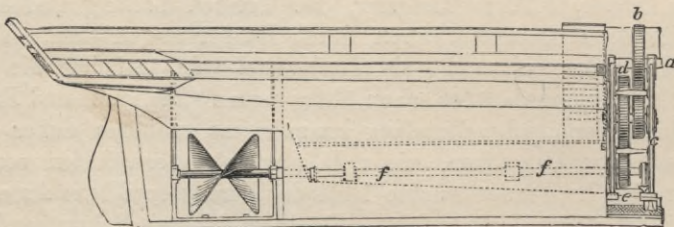


Fig. 36. Schiffsschraube des „Archimedes“. 1839.
(Verbindung der Dampfmaschine durch Zahnradvorgelege.)

Im Jahre 1838 hatte auch der Schwede John Ericsson in England ein Schiff mit einem von ihm konstruierten Schraubenpropeller, den „Frances Ogden“, welcher 14 m lang war und 10 Knoten lief, erbaut und bald darauf den „Robert Stockton“, welchen er, da seine Sache in England zunächst nicht genügend Anklang fand, unter Segeln nach Amerika brachte und dort längere Zeit in Fahrt hielt. Auf Grund seiner Erfolge übertrug ihm die amerikanische Regierung 1843 den Bau ihres ersten Schraubenkriegsschiffes „Princeton“, bei dem mit der Ericssonschen Schraube so günstige Resultate erzielt wurden, daß innerhalb der nächsten 3—4 Jahre bereits 41 amerikanische Kriegsfahrzeuge damit ausgerüstet wurden.

Etwa bis Ende der dreißiger Jahre hatte sich der Räderantrieb für Schiffe in der Binnen- und Küstenfahrt gut bewährt und war auch noch durch Einführung beweglicher Schaufeln an Stelle der festen (1813 Konstruktion von Buchanan, 1829 Galloway-Morgan-Räder) weiter vervollkommenet worden. Als nun aber Dampfschiffe auch in die überseeische Fahrt eingestellt wurden, begann man doch

mehr und mehr die Nachteile des Räderantriebs für die Ozean-schiffahrt zu erkennen. Bei bewegter See sind die Räder ungleich-mäßig tief im Wasser, das eine zu viel, das andere zu wenig; auch tauchen sie nach längerer Fahrt infolge des Kohlenverbrauchs weniger ein als zu Anfang; aus beiden Gründen arbeiten sie meistens mit zu geringem Nutzeffekt. Fährt das Schiff mit Stützsegeln, so ist ein Rad beständig aus dem Wasser und wirkungslos; das andere, zu tief eingetauchte, bringt eine Drehung des Schiffes hervor; zu deren Ausgleichung ist dann ein Legen des Ruders erforderlich, wodurch die Geschwindigkeit beeinträchtigt wird. Auch werden die Räder durch Seegang leicht wrack geschlagen, nutzen sich überhaupt schnell ab und erfordern daher viel Unterhaltungskosten. Bei vorkommendem Wellenbruch ist nicht nur der Verlust eines ganzen Rades möglich, sondern dann auch die Gefahr des Kenterns sehr groß. Der Vergleich mit Schraubenschiffen ergibt außerdem, daß die Räder wegen ihrer großen seitlichen Entfernung von der Mitte und durch die Stöße beim Ein- und Austritt der Schaufeln den Schiffskörper stärker als Schrauben beanspruchen, ferner, daß Rädermaschinen stets schwerer und in der Unterhaltung teurer sind, auch mehr von dem Schiffsraum einnehmen und zwar gerade den besten, in der Mitte des Schiffes gelegenen Teil. Schließlich ist noch die größere Breite der Radschiffe für das Manövrieren in engen Hafeneinfahrten u. dgl. als Mangel zu bezeichnen. All den genannten Nachteilen der Radschiffe können die Vorteile, die in ihrem geringeren Schlingern und dem schnelleren An-gehen und Stoppen bestehen, nicht die Wage halten.

Es kann daher nicht Wunder nehmen, daß man nunmehr die Vorzüge des im kleinen bereits erprobten neuen Treibapparates, der Schraube, auch für größere Schiffe und namentlich auf der über-seeischen Fahrt auszunutzen begann. So wurde denn auch der erste eiserne transatlantische Dampfer mit einer Schraube versehen. Es war dieses, wie schon erwähnt, der „Great Britain“, welcher zunächst für die Great Western Steam Ship Company bestellt war, aber bald an die Cunard-Linie verkauft wurde. Er ist 1839 von Brunel konstruiert und von Patterson in Bristol erbaut worden und erhielt eine bis dahin noch nie erreichte Größe. Bei 98,14 m Länge, 15,55 m Breite, 9,85 m Rauntiefe und 5,85 m Tiefgang hatte er ein Displacement von 3900 Tonnen, konnte außer 1000 Tonnen Kohlen noch 500 Tonnen Ladung und 300 Passagiere aufnehmen, war mit 2 Maschinen von je 500 PS., die mit Räderübersetzung arbeiteten, ausgerüstet und außerdem noch mit 6 Masten und Hilfssegeln versehen. Seine Geschwindigkeit betrug bis zu $9\frac{1}{4}$ (nach anderen Angaben nur $8\frac{1}{2}$) Knoten. Er lief 1843 vom Stapel, wurde 1845 in Dienst gestellt und brauchte zur Fahrt nach New York 15 Tage. Leider

strandete er schon auf der dritten Ausreise in der Dundrum-Bay an der irischen Küste und war einen ganzen Winter hindurch dem Anprall der Wogen und sehr heftigen Stürmen preisgegeben. Trotzdem wies er, als er erst nach fast einjährigem Festsitzen wieder abgebracht wurde, nur wenig Beschädigungen auf. Nach gründlicher Ausbesserung wurde er verkauft und in die Tour Liverpool-Australien eingestellt. Später in ein Segelschiff verwandelt, geriet er 1886 bei den Falklandsinseln nochmals auf Strand, wurde aber wieder abgeschleppt und fand schließlich noch als Hulk Verwendung.

Ogleich dieses erste große Eisenschiff also wenig vom Glück begünstigt war, hat es doch dadurch, daß es die mehrfachen schweren Strandungen so gut überstand und trotz derselben recht lange brauchbar blieb, für die Widerstandsfähigkeit des neuen Baumaterials ein vortreffliches Zeugnis abgelegt und viele Gegner desselben eines besseren belehrt. So gewann denn auch der Eisenschiffbau mehr und mehr an Bedeutung, namentlich für die Herstellung von Dampfern. Diese wurden bereits in recht großer Zahl aus Eisen gebaut, ihre Abmessungen erreichten jedoch zunächst nur selten die des „Great Britain“. Bezüglich der Bauweise hielt man sich noch immer ziemlich eng an die vom Holzschiffbau her übliche Anordnung der Verbände — eiserner Kiel mit Spantengerippe und eiserner Beplattung —, verstand es also noch nicht, die Konstruktion den charakteristischen Eigenschaften des Eisens anzupassen und dadurch noch günstigere Erfolge für die Festigkeit des Schiffskörpers und für die Gewichtsersparnis zu erzielen.

Hierin trat erst über ein Jahrzehnt später bei dem Bau des auch seiner Abmessungen wegen berühmten Riesendampfers „Great Eastern“ (Fig. 37—40) ein bedeutender Fortschritt ein. Seine Pläne rührten von Isambard Brunel her, welcher sich bereits als Konstrukteur eiserner Brücken einen Namen gemacht hatte. Für die Bauart dieses Schiffes soll er namentlich die über die Menai-Straße von Wales nach der Insel Angelsey führende Britanniabrücke als Vorbild vor Augen gehabt haben. Der Bau selbst wurde von Scott Russell auf der Werft zu Millwall bei London ausgeführt und begann im Jahre 1853. Leider traten die pekuniären Schwierigkeiten, die dieses technische Meisterwerk während seines ganzen Daseins verfolgten, bereits auf, als es noch auf Stapel stand: 1855 mußte wegen Geldmangels sein Bau unterbrochen werden, und das etwa zu einem Drittel fertige Schiff wurde verkauft. Endlich im Jahre 1857 war es zum Stapellauf fertig, wobei es bereits das enorme Gewicht von etwa 11000 Tonnen aufwies, zu denen der Schiffskörper mit 8750 (davon für Eisenbau 6250, für Holzdecks 2500), 10 Kessel mit je 40, die Rädermaschine mit 836, die Schraubenmaschine mit 500 Tonnen usw.

beitragen. Wiederum traf das Schiff hierbei ein neues Mißgeschick: es wollte nicht ablaufen, was wohl darauf zurückzuführen war, daß man des riesigen Gewichtes wegen Ablaufbahn und Schlitten aus Eisen hergestellt hatte. Erst nach $2\frac{1}{2}$ Monate dauernder, mühseliger Anwendung von hydraulischen Pressen gelang das Zuwasserbringen, was natürlich eine enorme Summe gekostet hatte. Zwei Jahre später, 1859, war das Schiff dann endlich fahrbereit. Es hatte bei 207,25 m Länge, 25,14 m Breite, 17,69 m Raumentiefe und 7,8 m Tiefgang in beladenem Zustande ein Displacement von 27400 Tonnen; die Vermessung ergab einen Brutto-Raumgehalt von 18915 Reg.-Tons. Durch den von 10 Kofferdoppelkesseln gelieferten Dampf von 1,4 kg/qcm Überdruck wurden eine Räder- und eine Schraubenmaschine angetrieben, von denen die erstere zu 3600, die letztere zu 3800 PS. entworfen war; doch sollen sie später zusammen etwa 8400 PS. indiziert und dem Schiffe eine Geschwindigkeit von durchschnittlich 14 Knoten verliehen haben. Die Räder hatten zuerst den enormen

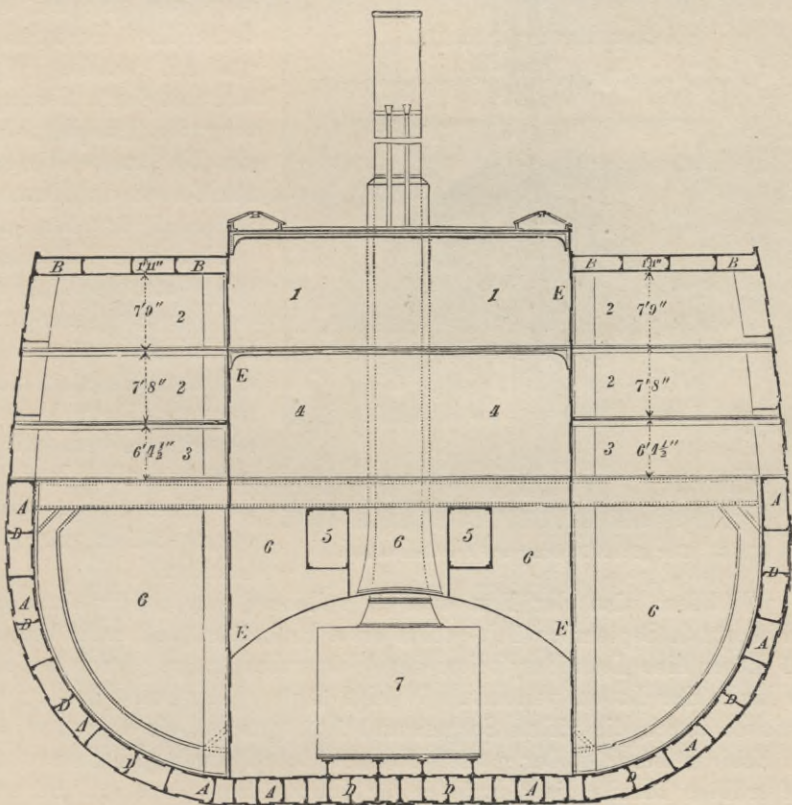


Fig. 37. Hauptpant des „Great Eastern“.

Durchmesser von 17,07 m und wogen 370 Tonnen; später wurde ihr Durchmesser auf 16,15 m, schließlich auf 14,63 m verringert. Der Durchmesser der Schraube betrug 7,315 m und ihr Gewicht 36 Tonnen. An Kohlen konnten 10000 Tonnen verstaут werden; außerdem war das Schiff imstande, 800 Passagiere I., 2000 II. Klasse, 1200 Zwischen-decker und 6000 Tonnen Ladung zu befördern.

Ein Meisterwerk der Eisenschiffbautechnik war, wie schon gesagt, mit dem „Great Eastern“ geschaffen, indem bei seinem Bau



Fig. 38. Der „Great Eastern“ auf der Themsefahrt.

nicht nur gegenüber allen Vorgängern eine gewaltige Steigerung sämtlicher Größenverhältnisse erreicht, sondern zugleich auch in der zweckmäßigen Anordnung der Konstruktionsteile ein ganz bedeutender Fortschritt gemacht wurde. Wie sich mit dieser Behauptung die Tatsache, daß das berühmte Riesenschiff stets ein Schmerzenskind für seine oft wechselnden Besitzer blieb und schließlich ein recht unrühmliches Ende nahm, vereinbaren läßt, kann man nur nach näherer Kenntnis seiner Lebensschicksale begreifen, und es ist daher nötig, diese etwas näher zu betrachten.

Nachdem also der Bau endlich vollendet war, unternahm das Schiff am 9. September 1859 seine erste Probefahrt und erlitt bereits auf dieser eine Dampfexplosion des Wasservorwärmers, durch welche 10 Mann ihr Leben verloren. Wenige Tage später starb auch, aufgegeben durch die vielen Sorgen und Aufregungen, die ihm der Bau des Schiffes bereitet, der geniale Konstrukteur Brunel. Im Jahre darauf mußten bereits die Holzdecks für 560000 Mark erneuert und umfangreiche Verbesserungen an den Maschinen vorgenommen werden.

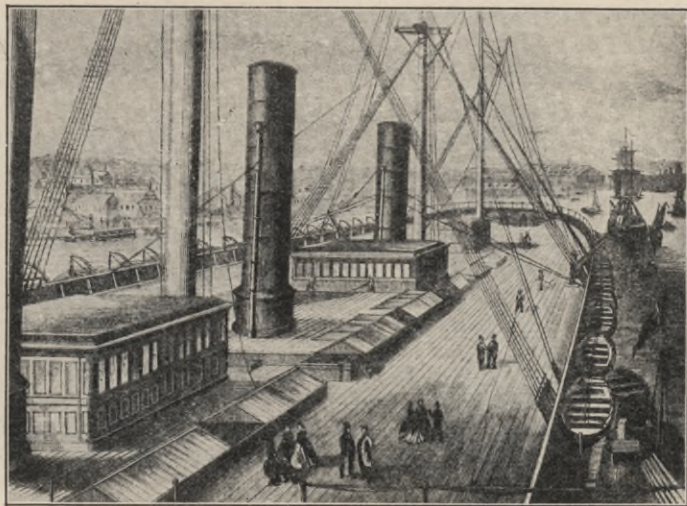


Fig. 39. Hinterdeck des „Great Eastern“.

Dann kam im Juni 1860 die erste Reise nach New York, auf welcher der bewährte Kapitän Harrison, der schon während des Baues die Ausrüstung geleitet hatte, erkrankte, und im August folgte die zweite

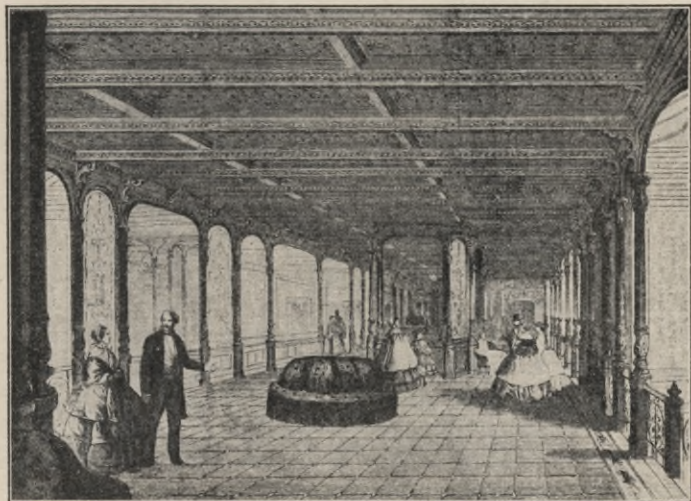


Fig. 40. Salon des „Great Eastern“.

Reise. Auf letzterer hatte das Schiff am 26. August einen kolossalen Sturm zu bestehen und geriet — ganz wider die Voraussage seiner Erbauer — in ein so furchtbares Schlingern, daß viele Innenteile, Möbel u. dgl. sich lösten und beschädigt wurden und mehrere Menschen dabei zu Schaden kamen. Schließlich lief das Schiff vor New York auf ein Felsenriff auf und erlitt zwei lange Risse im Boden, konnte jedoch, dank seiner Doppelbodenkonstruktion, noch den Hafen erreichen und wurde durch Taucher ausgebessert, was bis zum März 1861 dauerte. Diese Havarie verschlang wiederum, zusammen mit dem Zinsverlust infolge des Stilliegens, nahezu 1 Million Mark. Auf seiner dritten Reise im Sommer 1861 wurden dem Schiffe vom Sturm sämtliche Radschaukeln zerschlagen und der Ruderstevn gebrochen, sodaß es bis zur Herstellung eines Notruders drei Tage lang in größter Gefahr hilflos umhertrieb. Es machte nun noch fünf weitere Reisen nach New York, mußte dann jedoch, da es sich absolut nicht rentierte und deshalb seine Besitzer in ungeheuere Schulden stürzte, verkauft werden. Zur Passagier- und Frachtbeförderung ist es seitdem nicht mehr verwandt worden, weil sich nie eine so große Anzahl Fahrgäste und Güter zusammenfand, daß sich die enormen Indienstaltungskosten des Riesenschiffes lohnten. Auch hatte das reisende Publikum bald eine unüberwindliche Abneigung gegen die Benutzung dieses Schiffes wegen seiner häufigen Unfälle und heftigen Schlingerbewegungen. — Die Hoffnung seiner Besitzer, es zum Transport von Truppen, deren es bis zu 10000 Mann hätte beherbergen können, nach den Kolonien an die Regierung zu verchartern, schlug fehl, da diese sich scheute, eine so große Zahl von Menschenleben einem einzigen Schiffe anzuvertrauen.

Glücklicherweise fand sich für den Riesendampfer wenigstens noch einige Zeit lang Verwendung als Kabelleger, wozu er sich bei seinen riesigen Räumen, die durch Herausnehmen einiger Schotte u. dgl. noch zweckentsprechend hergerichtet wurden, einigermaßen eignete. In dieser Eigenschaft war er etwa zehn Jahre lang, von 1865 bis 1875, in verschiedenen Meeren tätig, bis ihm auch dieser Verdienst durch eigens für das Kabellegen konstruierte Spezialdampfer genommen wurde.

Das Schiff ist dann noch ab und zu zu allerlei Gelegenheitszwecken verwandt worden, so einige Male als Ausstellungsobjekt, schwimmendes Hotel und als Kohlendepot, bis es dann schließlich 1888 von einem gewissen Bates erworben wurde, der es mit riesigem Verdienst sofort auf Abbruch an Teilunternehmer weiter verkaufte. So wurde es denn von Anfang 1889 bis Herbst 1891 auseinander geschlagen und fand ein ruhmloses Ende seines — für seine zahlreichen Besitzer — recht schmerzreichen Daseins.

Der entsetzliche wirtschaftliche Mißerfolg dieses Schiffes war vor allen Dingen darin begründet, daß es in seinen Größenverhältnissen seiner Zeit weit voraus geeilt war. Es bestand, wie schon erwähnt, damals noch kein Bedürfnis für die Beförderung so zahlreicher Passagiere und Güter, so daß das Zusammenbringen einer nur einigermaßen vollen Ladung die größten Schwierigkeiten machte. Die Hafeneinrichtungen waren noch nirgends darauf zugeschnitten, das Verladen und Entlöschten so großer Lasten in wenigen Tagen zu bewirken, so daß z. B. auch zum Kohlennehmen jedesmal 10 bis 12 Tage gebraucht wurden. Dazu zwangen die Tiefenverhältnisse der meisten Häfen das Schiff, weit außerhalb zu ankern und seine Ladung durch Leichterfahrzeuge an und von Land befördern zu lassen. Das gänzliche Fehlen genügend großer Docks gestaltete außerdem jede Havarie zu einer großen Gefahr für das Schiff und verteuerte die Reparaturkosten jedesmal ins Ungeheure. Schließlich waren auch infolge der langen Bauzeit des Schiffes seine Niederdruckmaschinen bald gänzlich veraltet und fraßen im Vergleich zu den inzwischen aufgetauchten Verbundmaschinen eine enorme Kohlenmenge, welche zusammen mit der Unterhaltung der 400köpfigen Besatzung usw. die Betriebskosten so immens steigerten, daß stets nur mit Verlust gearbeitet werden konnte.

Im völligen Gegensatz zu diesem finanziellen Fiasko steht aber, wie schon hervorgehoben, der hohe technische Wert dieses Riesenbauwerkes, welches, nachdem in seinen Kinderjahren einige nebensächlichere Mängel beseitigt waren, trotz mehrerer großer Havarien, die noch dazu bei dem Mangel an geeigneten Docks nur sehr schwierig und unvollkommen auszubessern waren, doch ein Alter von fast 40 Jahren erreicht hat und in seiner genial durchdachten Anlage ein glänzender Beweis dafür war, welche großartigen Schiffsbauten man mit Hilfe des neuen Baumaterials, des Eisens, herzustellen vermochte.

Wenn nun auch der „Great Eastern“ mit seiner neuartig durchkonstruierten Bauweise für die Zukunft ein Fingerzeig wurde, auf welchem Wege die Eisenschiffbauten zu vervollkommen waren — Losreißen von den alten Methoden des Holzschiffbaus, sorgfältigere Berücksichtigung der Längsverbände, Anwendung eines Doppelbodens u. dgl. — so hat andererseits doch sein vielfaches Mißgeschick es für längere Zeit verhindert, daß er Nachfolger erhielt, welche ihm bezüglich seiner Größe auch nur einigermaßen gleich kamen. Im Gegenteil, man blieb einstweilen bei den vorher üblichen Abmessungen und steigerte sie nur sehr allmählich. Es kann hier vorweg genommen werden, daß fast ein halbes Jahrhundert verging, bis wieder einmal ein Schiff von der Länge des „Great Eastern“ erbaut wurde.

Aus der nun folgenden Periode ist also eigentlich nur zu berichten, daß der Holzschiffbau mehr und mehr überflügelt wurde, daß die Zahl der Eisenschiffe sich stetig vermehrte, und daß ihre Konstruktionen allmählich immer besser durchgearbeitet wurden. Allerdings wurde auch bereits — und zwar fast gleichzeitig mit der Erbauung des „Great Eastern“ — der Versuch gemacht, eine Verbesserung der Güte des Baumaterials anzustreben durch Verwendung von Stahl statt Eisen. Doch dauerte es noch etwa zwei Jahrzehnte, bis diese Idee in größerem Umfange zur Geltung kam. Wir wollen daher hier eine Betrachtung darüber einschalten, wieweit unser eigenes Vaterland es inzwischen im Schiffbau gebracht hatte.

Die ersten auf deutschen Gewässern auftauchenden Dampfschiffe stammten, wie wir schon hörten, aus England, und zwar geschah dieses zu einer Zeit (1816), wo das letztgenannte Land ebenso wie Amerika bereits über eine größere Anzahl Dampfer verfügte. Dann aber erfolgte noch im selben Jahre (was nur wenig bekannt zu sein scheint) der Bau des ersten deutschen Dampfers: am 21. Juni 1816 wurde nämlich, wie aus damaligen Berliner Zeitungen hervorgeht, bei Spandau der Kiel gelegt für ein Radschiff von 39,7 m Länge und 5,9 m Breite, die „Prinzessin Charlotte“, welche einige Zeit den Postverkehr zwischen Berlin, Charlottenburg und Potsdam vermittelte. Ihr folgten bald der „Kurier“ und der „Fürst Blücher“ für die Fahrt zwischen Berlin, Magdeburg und Hamburg. Dieses Unternehmen der Post schloß aber nach kurzem Bestehen wieder ein, weil es sich nicht rentierte. — Meistens wird als erster deutscher Dampfer „Die Weser“ genannt (Fig. 41), welche im Herbst 1816 auf der Werft von Johann

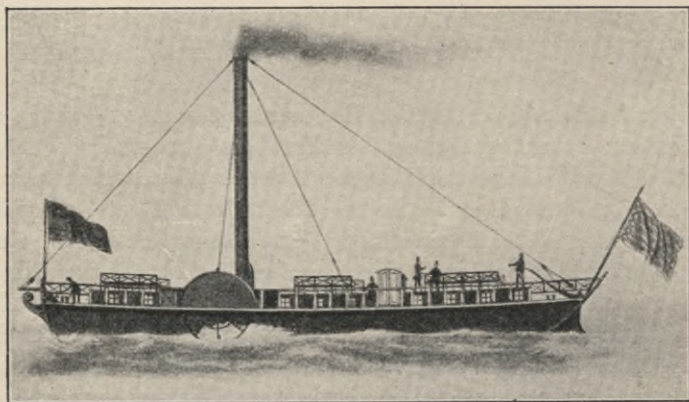


Fig. 41. „Die Weser“. 1816.

Lange (dem jetzigen Bremer Vulkan) in Vegesack aus Holz erbaut war und am 30. Dezember 1816 vom Stapel lief. Der Dampfer war 26 m lang, auf Außenseite Planken 4,26 m, über alles 7 m breit, bis zum Deck 2,44 m hoch und ging 0,9 m tief. Seine Maschine war von Boulton, Watt & Co. in Soho bei Birmingham gebaut und besaß etwa 14 PS., womit $5\frac{1}{2}$ Knoten Geschwindigkeit erzielt wurden. Die „Weser“ eröffnete am 20. Mai 1817 ihre regelmäßigen Fahrten zwischen Bremen und Brake, bewährte sich sehr gut und blieb bis 1833 auf der Unterweser im Betrieb.

Die eigentliche Rheindampfschiffahrt wurde erst 1825, also neun Jahre, nachdem der erste englische Dampfer auf dem Rhein

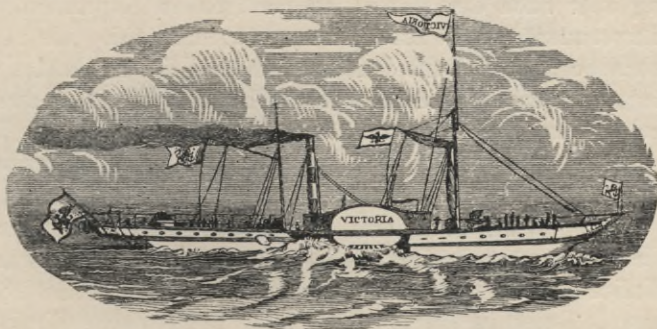


Fig. 42. Rheindampfer „Victoria“, 1839.

erschienen war, eröffnet, und zwar durch eine auch vom König Friedrich Wilhelm III. mitgemachte Probefahrt des Dampfers „Der Rhein“, welcher dann den Namen „Friedrich Wilhelm“ erhielt. Zwei Jahre darauf wurde die Preußische Rheindampfschiffahrtsgesellschaft gegründet. Sie begann ihre Fahrten zunächst mit dem „Friedrich Wilhelm“ und der „Konkordia“ zwischen Köln und Mainz und stellte unter ihren Dampfern auch bald einige in Dienst, die in Deutschland erbaut waren, und zwar von der Ruhrorter Werft und Sterkrader Maschinenwerkstatt der Gutehoffnungshütte (Jacobi, Haniel & Huysen). Dieses war um jene Zeit die wichtigste deutsche Flußschiffwerft; sie ließ schon 1830 ihr erstes noch aus Holz gebautes Dampfschiff vom Stapel laufen und ungefähr fünf Jahre später auch bereits einen eisernen Dampfer. Fig. 42 stellt den 1839 in Dienst gestellten, für die Düsseldorfer Dampfschiffahrtsgesellschaft in London erbauten Dampfer „Victoria“ dar.

1836 wurde die Sächsisch-Böhmische Dampfschiffahrtsgesellschaft gegründet und ein Jahr darauf nahmen ihre ersten Dampfer die regelmäßige Personenbeförderung auf der Oberelbe auf. Es waren dieses die „Königin Maria“ (Fig. 43) und der „Prinz Albert“, welche nach

den Plänen des Professors Schubert in Übigau bei Dresden aus Eisen erbaut waren und von Egells konstruierte Maschinen hatten.

Wie aus dem eben gesagten zu ersehen ist, waren in Deutschland die ersten Dampfer überhaupt und auch die ersten aus Eisen erbauten für die Flußschiffahrt bestimmt, und sie traten außerdem bedeutend später in die Erscheinung als in England. Die Gründe für diese Verzögerung, namentlich auch bezüglich des Überganges vom Holz zum Eisen, waren mannigfacher Art. Es sprachen dabei besonders die Nachwehen der Franzosenherrschaft und der Freiheitskriege, überhaupt die gesamte politische Lage mit, welche namentlich die wichtigsten Seestädte vom Anschluß an den Zollbund abhielt. Dann trug aber auch der Mangel an genügenden Kapitalien, welcher größere Experimente nicht zuließ, wesentlich dazu bei. Als man dann endlich doch begann, sich die Errungenschaften des Auslandes zunutze zu machen, standen die deutschen Schiffbauer nun sofort zwei wichtigen Neuerungen zugleich gegenüber, der Einführung des Dampfes und des Eisens, so daß die Anforderungen an ihre Kenntnisse und Leistungen ganz plötzlich erheblich gesteigert wurden.

So verging denn auch erst eine geraume Zeit, bis der erste eiserne Seedampfer in Deutschland erbaut wurde. Es war dieses wahrscheinlich der Dampfer „Willem I.“, welcher im Jahre 1838 von Gleichmann & Busse in Hamburg für eine holländische Firma erbaut wurde. Bald darauf lieferte dieselbe Werft auch für deutsche Rechnung

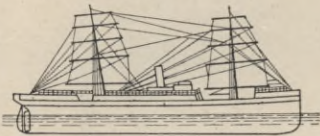


Fig. 43. Elbdampfer „Königin Maria“. 1837.

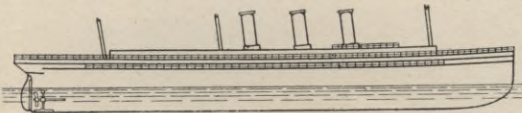
einen Dampfer, die „Alexandrine“, die später den Namen „Phönix“ führte und lange Zeit zur Personenbeförderung zwischen Hamburg und Harburg diente. — Die im Jahre 1851 durch zwei Hamburger Ingenieure, Fruchtenicht & Brock, erfolgte Gründung der ersten deutschen, ausschließlich dem Eisenschiffbau gewidmeten Werft in Bredow bei Stettin, welche im nächsten Jahre den Raddampfer „Die Dievenow“ fertigstellte, ist insofern von besonderem Interesse, als aus diesem kleinen Unternehmen die bald zur höchsten Blüte gelangte Aktiengesellschaft „Vulcan“ hervorgegangen ist. — Fast gleichzeitig mit dieser Werft widmete sich die im Jahre 1837 von F. Schichau in



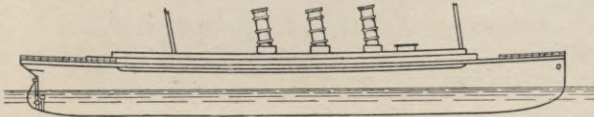
„Die Dievenow“. 1852.



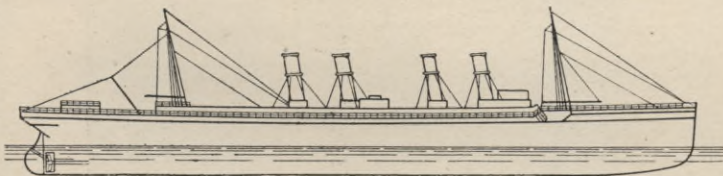
„Stettin“. 1881.



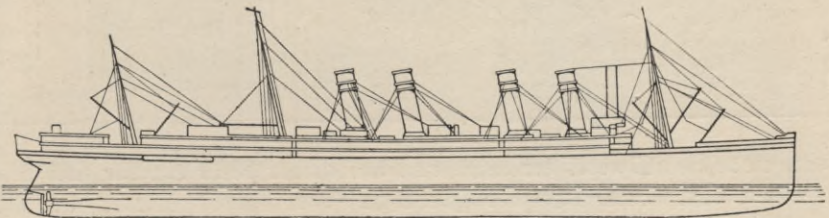
„Auguste Victoria“. 1889.



„Fürst Bismarck“. 1890/91.



„Kaiser Wilhelm der Große“. 1897.



„Kronprinzessin Cecilie“. 1905.

Fig. 44.
Entwicklung des Schiffbaues
im Stettiner „Vulcan“.

Elbing begründete Maschinenbauanstalt dem Eisenschiffbau, nachdem sie schon 1841 den ersten deutschen Dampfbagger (Fig. 45) hergestellt hatte. Zu Anfang der fünfziger Jahre wurde von Schichau

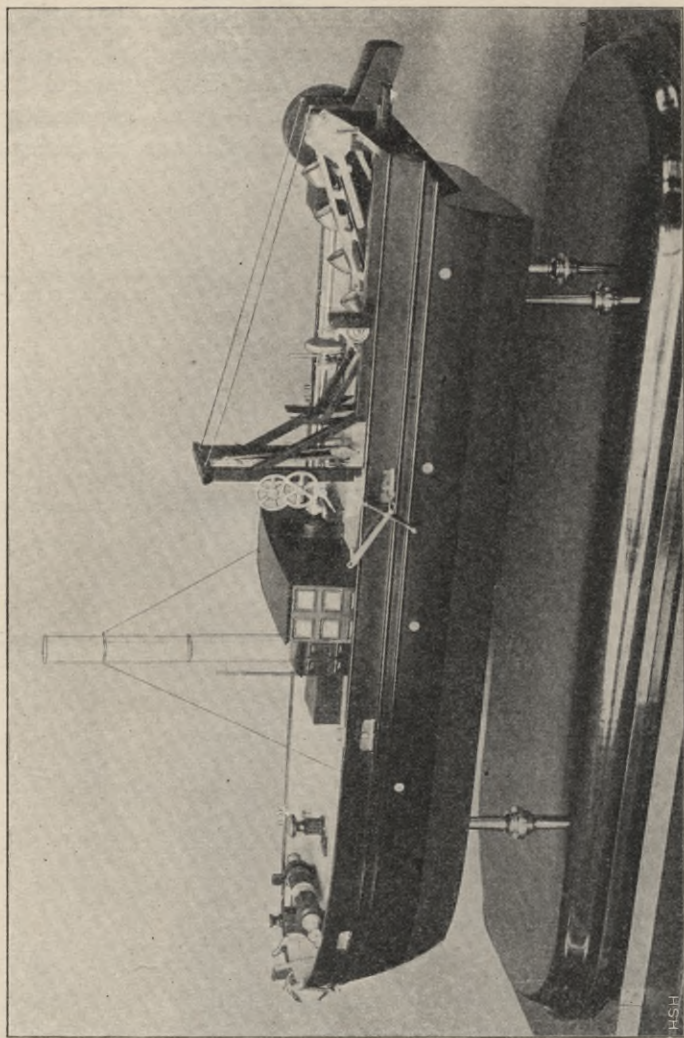


Fig. 45. Modell des ersten deutschen Dampfbaggers, erbaut von Schichau 1841.

eine neue Schiffswerft errichtet und auf dieser 1855 ein für den Seeverkehr bestimmter Dampfer „Borussia“ vom Stapel gelassen, der der erste in Preußen erbaute Schraubendampfer war.

Die folgenden Jahre ließen an der deutschen Seeküste eine ganze Reihe von Eisenschiffswerften, die größtenteils noch heute bestehen, ins Leben treten. So entstand in Rostock die Firma Zeltz & Tischbein, welche 1851—52 die ersten in Deutschland erbauten eisernen Schraubendampfer „Erbgroßherzog Friedrich Franz“ und „Großfürst Konstantin“ (von 170 Tonnen Ladefähigkeit und 60 PS.) für die Fracht- und Passagierfahrt zwischen Rostock und St. Petersburg lieferte. Bald folgte in Stettin die aus einer Eisengießerei entstandene Werft von Möller & Holberg (die späteren Oderwerke), die 1854 den Dampfer „Prinzeß Karl“ erbaute. In Danzig entstand 1858 die Eisenschiffswerft von Devrient (später Johannsen). Ebenso gingen mehrere ältere Holzschiffswerften zum Dampfer- und Eisenschiffbau über, an ihrer

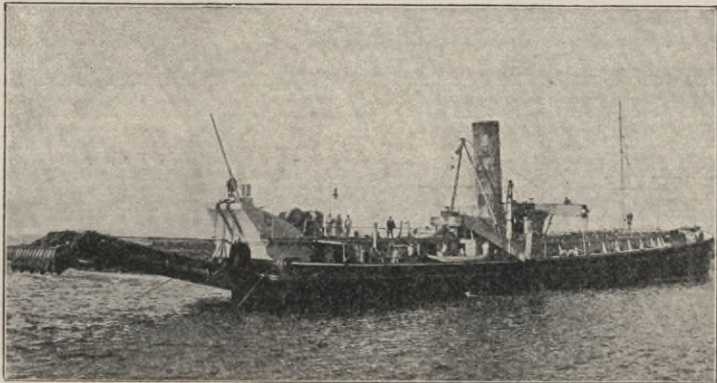


Fig. 46. Saugbagger, System Fröbling, „Bagger VII“ für die Kaiserliche Werft Wilhelmshaven. Erbaut von F. Schichau, Elbing-Danzig 1904.

Spitze J. W. Klawitter in Danzig, der die beiden ersten eisernen Frachtdampfer für Danziger Rhedereien 1855 lieferte, und die Godeffroysche Holzschiffswerft (die jetzige Reiherstieg-Schiffswerft und Maschinenfabrik), welche die ersten eisernen Flußfahrzeuge auf der Unterelbe und die ersten Eisendampfer an der Nordsee herstellte, auch 1856—1857 den ersten deutschen eisernen Segler, das Vollschiff „Deutschland“, erbaute. Die Werft von Johann Lange in Vegesack, die Erbauerin des Dampfers „Die Weser“, hatte sich bereits 1846 für den Eisenschiffbau eingerichtet und 1847 ihren ersten eisernen Flußdampfer „Bremen“ gebaut.

Diese eben genannten und noch einige Gründungen von Eisenschiffbaubetrieben fallen in die Zeit bis zum Ende der fünfziger Jahre. Danach kamen längere Zeit keine weiteren mehr hinzu, außer der im

Jahre 1865 entstandenen Norddeutschen Schiffbaugesellschaft (der jetzigen Fried. Krupp A. G. Germaniawerft) in dem ein Jahr zuvor an Preußen gekommenen Kiel mit seinem neu geschaffenen Kriegshafen. Es ist nur noch zu erwähnen, daß 1869 auch die früher Königlich Preussische, nun Norddeutsche Bundeswerft in Danzig zum Eisenschiffbau übergang und im selben Jahre die beiden neuen Bundeswerften in Kiel und Wilhelmshaven eröffnet wurden und sofort mit dem Bau von eisernen Panzerschiffen begannen. Im übrigen ging der deutsche Schiffbau vorläufig ruhige Bahnen, und seine Erzeugnisse wurden allmählich denen anderer Länder mehr und mehr ebenbürtig.

Um diese Zeit hatte das Dampfschiff schon eine ziemlich große Überlegenheit gegenüber dem Segelschiff erlangt, und in noch höherem Maße hatte der Eisenschiffbau dem Holzschiffbau Terrain abgewonnen. Allerdings versuchten die Amerikaner, die ja in ihren riesigen, noch wenig gelichteten Wäldern über einen großen Reichtum an guten Hölzern verfügten, noch einmal das Holz für große schnelle Schiffe zu Ehren zu bringen, indem sie in den sechziger Jahren sieben schnelle Kreuzer, die Wampanoagklasse, aus Holz erbauten. Diese hauptsächlich zum Kapern und Zerstören von Handelsfahrzeugen bestimmten Schiffe von 104,54 m Länge, 13,78 m Breite, 5,80 m Tiefe und einem Displacement von 4200 Tonnen waren ja auch zunächst gut und leisteten an Geschwindigkeit Vorzügliches (17 Knoten), zeigten aber bald so erhebliche bleibende Formveränderungen des Schiffskörpers, daß sie trotz erfolgter Umbauten und Verstärkungen nach kurzer Zeit unbrauchbar wurden. — Ähnliche Erfahrungen machte man mit den um jene Zeit auftauchenden Klippern, falls man sie aus Holz baute. Die für diese verlangte größere Geschwindigkeit erforderte lange schlanke Schiffe, eine bedeutende Steigerung der Länge im Verhältnis zur Breite (Länge : Breite = 6 und mehr statt bisher nur 3 bis 3,5), und hierfür waren die hölzernen Schiffe viel zu weich, ihre Längsfestigkeit zu gering. Die Schiffsenden mit geringer Wasserverdrängung, aber erheblichem Gewicht sackten zu häufig durch, und auch sonst zeigten solche Schiffe ein Nachlassen der Verbände. Namentlich aber erwies sich das Holz für Dampfer bei den mehr und mehr anwachsenden Schiffsabmessungen und Maschinenstärken immer deutlicher als gänzlich ungeeignet.

Noch ein anderer Versuch, das Holz nicht gänzlich aus dem Bau des Schiffskörpers zu verbannen, also ein Mittelding zwischen Holz- und Eisenschiff zu schaffen, tauchte in dieser Zeit auf. Man wollte gern den Vorzug hölzerner Schiffe, den Boden durch Kupfer-, Gelbmetall- oder Zinkbeschlag gegen Anwuchs schützen zu können, verwerten, dabei aber diejenigen Bauteile, für welche sich die erforderlichen Krummhölzer mit der Zeit immer schwerer beschaffen ließen

C. Stahlschiffbau.

Man hatte dort vielmehr inzwischen einen anderen Weg zur Verbesserung der Güte des Baumaterials ins Auge gefaßt, indem man an Stelle des Eisens Stahl zu verwenden suchte. Damit war man an der Schwelle einer weiteren großen Entwicklungsepoche des Schiffbaues angelangt. Allein damals verstand man den Stahl noch nicht anders als im Puddelofen herzustellen, und dieser Puddelstahl besaß zwar eine bedeutend größere Festigkeit als das Eisen, aber dabei doch auch sehr viele Mängel. Erst die gewaltigen eisenhüttentechnischen Fortschritte in der Fabrikation des Stahls während der nächsten zwei Jahrzehnte haben diesem Material seine große Rolle im modernen Schiffbau ermöglicht.

Die ersten Versuche mit Stahl sind in England gemacht worden und zwar wahrscheinlich an der Themse von der Firma Samuda Brothers und J. & G. Rennie, welche im Jahre 1857 die ersten stählernen Dampfer bauten. Das Material dieser Schiffe war tatsächlich „Stahl“ im eigentlichen Sinne des Wortes, wie es in der Eisenhüttentechnik allgemein gebraucht wird, d. h. eine kohlenstoffreichere, mehr oder weniger härtbare Eisensorte. Auch in Deutschland wurde schon im Anfang der sechziger Jahre dieses Material bisweilen verwendet, u. a. hier und da zum Bau von Flußfahrzeugen. Allein der Stahl war vorläufig noch sehr teuer und besaß die seinem hohen Preise entsprechenden besseren Eigenschaften noch nicht in dem Maße, daß seine Verwendung eine allgemeinere werden konnte.

Als dann nach einigen Jahren der Bessemer-Prozeß erfunden war und sich immer mehr verbreitete, machte man auch mit weicherem und kohlenstoffärmeren Bessemer-Stahl bzw. Bessemer-Eisen für Schiffbauzwecke Versuche. Aber während die Erzeugnisse der Bessemer-Birne sich sonst in vielen Zweigen der Technik schnell einführten und namentlich dort gut bewährten, wo sie direkt so, wie sie vom Walzwerk kamen, ohne größere Bearbeitung verwendet werden konnten, versagten sie im Schiffbau, da sie bei der hier unvermeidlichen Verarbeitung (Biegen und Schmiegen der Spanten, Schweißen der Decksbalkenenden, Formgebung mancher Platten u. dgl.) sich als wenig zuverlässig erwiesen.

Die Verbesserung des Bessemer-Eisens durch das basische Verfahren, der Thomas-Prozeß, hat das in der Birne erzeugte Eisen zwar von vielen Mängeln befreit, so daß nach Ansicht mancher Fachleute seiner Verwendung auch bei Schiffskonstruktionen eigentlich nichts im Wege stände; dennoch hat auch das Thomas-Eisen im Schiffbau wenig Verbreitung gefunden.

Erst die in der Mitte der sechziger Jahre erfolgte Erfindung des Siemens-Martin-Prozesses und seine weitere Ausgestaltung in den siebziger Jahren schuf ein Material, das eine neue Ära des Schiffbaues herbeiführte. Schon bei den Versuchen mit Bessemer- und Thomas-Eisen war man, wie erwähnt, von dem kohlenstoffreicheren, härtbaren Material abgegangen und hatte sich dem kohlenstoffärmeren und unhärtbaren zugewandt. Daß hierbei der eigentlich nicht zutreffende Name „Stahl“ beibehalten wurde, stammte wohl von der im Englischen geltenden Bezeichnung „mild steel“ her und hat sich durch langjährigen Gebrauch im Schiffbau vollgültiges Bürgerrecht erworben; es wird also unter dem Namen „Schiffbaustahl“ oder kurz „Stahl“ ein kohlenstoffarmes, im Siemens-Martin-Ofen erzeugtes Flußeisen verstanden.

Dieser Schiffbaustahl also hatte nun wirklich die guten Eigenschaften, die ihn für Schiffbauzwecke hervorragend geeignet machten. Er verträgt vor allen Dingen jegliche kalte und warme Bearbeitung gut, so daß man die aus ihm gewalzten Platten und Profile ohne Verschlechterung ihrer Eigenschaften in jede gewünschte Form bringen kann. In kaltem Zustande lassen sich die Platten anstandslos um 180° biegen und die Schenkel der Winkel und Profile sowohl völlig auseinander- als auch ganz zusammenschlagen, ohne daß Brüche oder Risse eintreten. Diese Eigenschaften sind natürlich von großem Werte bei allerlei Havarien, Strandungen, Grundberührungen, Zusammenstoßen, wie schon oft durch Fälle der Praxis erwiesen ist. Auch die Bearbeitung im Feuer verträgt der Schiffbaustahl heutzutage, nachdem seine Fabrikation bedeutend vervollkommenet ist, im weitesten Maße. Zu Beginn seiner Verwendung ging es damit allerdings noch nicht so gut. Besonders die Spanten, die ja im Feuer gebogen werden müssen, bekamen oft nachträglich, manchmal sogar erst, nachdem sie schon festgenietet waren, Risse und mußten verworfen werden. Daher machte man in dieser ersten Zeit häufig nur diejenigen Bauteile aus Stahl, welche keiner oder nur geringer Feuerbearbeitung bedurften, also die Außenhautplatten, soweit sie nicht allzusehr gebogen sein mußten, ferner die Stringerwinkel, Seiten-, Luken-, Diagonalstringerplatten, Schotte usw.; für die übrigen Teile dagegen, besonders die Spanten, Decksbalken und alle stark gekrümmten Platten, nahm man Eisen. — Andererseits wurde die Beobachtung gemacht, daß sich Stahl bei der Berührung mit Seewasser ungünstiger verhält als Eisen, da er schneller oxydiert und zerstört wird; manche Konstrukteure zogen es daher eine Zeit lang vor, nur die inneren Teile aus Stahl herzustellen, dagegen die Außenhaut aus Eisen. Aber auch diese Bedenken wurden allmählich überwunden, und etwa vom Jahre 1882 ab war man soweit, daß die alleinige Verwendung von Stahl keine Schwierigkeiten mehr machte.

Außer der guten Bearbeitungsfähigkeit sei hier noch auf einen anderen Vorzug der stählernen Bauteile, speziell der Platten hingewiesen. Da das Material ja Flußeisen ist, also aus einem gegossenen Block durch Walzen geformt, tritt bei ihm ein Unterschied der Festigkeit in der einen oder anderen Richtung gar nicht zutage oder jedenfalls viel weniger als bei dem früher verwendeten Schweißeisen. Man hat infolgedessen natürlich beim Bau viel freiere Wahl in der Anbringung der einzelnen Platten und kann die Konstruktion mancher Bauteile zweckmäßiger anordnen.

Nachdem nun die Verwendbarkeit des Stahls für den Schiffbau klar erwiesen war, bediente man sich immer allgemeiner dieses Materials, da es ja infolge seiner höheren Festigkeit eine Verringerung der Stärke aller Bauteile zuließ und somit eine weitere Gewichtsersparnis ergab. Nach einiger Zeit tauchten jedoch nochmals Bedenken gegen die stählernen Schiffe auf, weil man zu bemerken glaubte, daß sie sich stark deformierten. Anfangs vermutete man, daß dieses in der allzu großen Dehnbarkeit des Stahls begründet war, und wollte diese zugunsten einer noch größeren Materialfestigkeit einschränken. Die Ergebnisse dieser Versuche waren jedoch keine günstigen, und so fand man denn die Veranlassung jenes Übelstandes darin, daß man in der Verringerung der Materialstärken zu weit gegangen war. Aus verschiedenen, durch die Praxis zutage getretenen Gründen ist es nämlich nicht zulässig, bei Stahlschiffen eine solche Verminderung der Materialstärken gegenüber den Eisenschiffen eintreten zu lassen, wie sie dem Unterschied in den absoluten Festigkeitszahlen, die sich etwa wie 100 : 70 verhalten, entsprechen würde. Die Verminderung darf also — das war der im Anfang häufig gemachte Fehler gewesen — keinesfalls bis zu 30% gehen, sondern allerhöchstens bis zu 25%; meistens begnügt man sich mit 16 bis 20% Verminderung. Aber selbst bei Einhaltung dieses Grundsatzes erzielt man durch Verwendung des Stahls an Stelle des Eisens eine recht beträchtliche Herabsetzung des Schiffskörpergewichts; ihre Größe wird meistens auf etwa 15%, bisweilen sogar bis zu 20% geschätzt.

Genauere Zahlen hierüber sind von einigen der ersten stählernen Kriegsschiffbauten ermittelt und bekannt gegeben worden, und es ist auch von Interesse, zu hören, welches diese ersten Kriegsschiffe aus Stahl gewesen sind. Zunächst ist Frankreich zu nennen, welches 1873—1876 die Panzerschiffe „Redoutable“, „Tonnerre“ und „Tempête“ erbauen ließ und für alle Bauteile Stahl vorschrieb mit Ausnahme der unterhalb des Panzergürtels liegenden Außenhautteile. Der Stahl soll größtenteils im Siemens-Martin-Prozeß hergestellt worden sein. England vollzog den Übergang zum Stahl erst 1877 bei der Erbauung der Rapidkorvetten „Iris“ und „Mercury“, und zwar wurden die Platten

aus Siemens-Martin-Stahl, die Winkel und Profile aus Bessemer-Stahl hergestellt. Bei der „Iris“ wurden durch die Verwendung von Stahl 12% Gewichtsersparnis für den Schiffskörper erzielt. Die Franzosen rechneten bei dem 1881 vom Stapel gelaufenen Panzerschiff „Courbet“, bei dem wieder der Unterwasserteil der Außenhaut noch aus Eisen, alles übrige aus Stahl bestand, eine Gewichtsersparnis von 17,5% und eine Kostenersparnis von 7,95% heraus. Die deutsche Marine ging 1880 zum Stahlschiffbau über, und zwar waren die beiden Avisos „Blitz“ und „Pfeil“ die ersten stählernen Schiffe unserer Kriegsflotte.

Etwa im Jahre 1877 folgte den Kriegsmarinen in der Verwendung des Siemens-Martin-Flußeisens auch der Handelsschiffbau. Von ihm liegen keine ganz zuverlässigen Daten über die Ersparnis an Gewicht beim Übergang vom Eisen zum Stahl vor. Doch seien außer den Prozentzahlen, welche schon bei der Einführung des Eisens an Stelle des Holzes und dann später bei der des Stahls als Schätzungswerte genannt sind, noch folgende von Fachleuten veranschlagte Zahlen mitgeteilt. Das Gewicht eines hölzernen Schiffskörpers beträgt etwa 46—50% des Gesamtgewichts (Displacements), das eines Eisenschiffes nur 36—44%. Die jährlichen Unterhaltungskosten für ein Holzschiff wurden noch in den sechziger Jahren auf 7½—10% des Wertes veranschlagt, während man mit 5% bei einem Eisenschiffe reichlich auskommt, wobei noch des letzteren erheblich größere Lebensdauer zu bedenken ist gegenüber dem oft nach wenigen Jahren ganz unerwartet (durch Fäulnis oder dgl.) eintretenden Verfall eines Holzschiffes. — Beim Übergang zum Stahl trat infolge der zulässigen Verminderung der Materialstärken nochmals eine Ersparnis am Schiffskörpergewicht ein, welche eine Zunahme der Tragfähigkeit um etwa 14% ergab. — Alles zusammengenommen schätzt man den durch geringeres Eigengewicht erzielten Gesamtgewinn an Tragfähigkeit beim Übergange vom Holz- zum Stahlschiff auf 24%.

Ungefähr gleichzeitig mit der ersten umfangreicheren Verwendung des Stahls trat aber ein anderer Umstand hinzu, der diese Gewichtsersparnisse noch erhöhte, nämlich die Einführung der Maschinen mit dreifacher Expansion, denen später die mit vierfacher Expansion folgten. Dadurch verminderte sich natürlich nicht nur das Gewicht der gesamten Maschinenanlage, sondern auch das der mitzunehmenden Kohlenmenge, da der Kohlenverbrauch pro PS. herabgesetzt wurde. Beide Ersparnisse lassen sich für die Vierfach-Expansionsmaschine im Vergleich zur alten Niederdruckmaschine so hoch einschätzen, daß etwa 50% Gewinn an Ladefähigkeit neben einer ganz beträchtlichen Betriebskosteneinschränkung eintritt. Bedenkt man außerdem, daß die mit Maschinen ausgerüsteten Schiffe ganz unabhängig vom Winde

einen viel schnelleren Transport der Waren ermöglichen und auch das Laden und Löschen mit ihren besseren Hilfsmitteln viel schneller von statten geht, so kann man, abgesehen von der meist größeren Ladefähigkeit eines modernen Dampfschiffes, seine Transportleistungsfähigkeit als drei- bis vierfach so hoch wie die eines Segelschiffes veranschlagen.

Trotz dieser zuletzt erwähnten Tatsachen sind jedoch die Segelschiffe auch jetzt noch nicht vollkommen von den Dampfern verdrängt und werden es in absehbarer Zeit auch nicht werden. Denn für die Beförderung gewisser Frachten und Güter, namentlich solcher, bei denen es auf den um wenige Tage beschleunigten Transport aus fernen Weltgegenden nicht ankommt, hat sich die Beibehaltung der Segelschiffahrt infolge der geringeren Betriebskosten als rentabel erwiesen, und es sind hierfür in letzter Zeit die Dimensionen der Segler recht erheblich angewachsen. Aber auch für diese Schiffe hat sich, nachdem eine Zeit lang die Kompositbauart vielfach verwendet worden war, überall, abgesehen von dem mit Holzreichtum sehr gesegneten Amerika, die Verwendung des Stahls als Baumaterial schon seit den achtziger Jahren dem Holze so überlegen gezeigt, daß letzteres namentlich für die größeren Typen ganz verschwunden ist. Auch in der Takelage ist an Stelle des Holzes für Masten, Stängen und Raaen fast überall Stahlrohr getreten, und für das stehende Gut wird jetzt durchweg, für das laufende ebenfalls, mit Ausnahme der Handtalen, Stahldraht statt Hanf verwendet.

Mit der Einführung des Stahls war man denn nun endgültig auf der neuesten Entwicklungsstufe des Schiffbaues angelangt, und dieses Baumaterial hat sich seitdem in unaufhaltbarem Siegeszuge die fast völlige Alleinherrschaft angeeignet. Daß das Holz mit der Zeit immer mehr verschwinden und nur in geringem Umfange für gewisse Sonderzwecke beibehalten werden würde, war ja schon während der Epoche des Eisenschiffbaues vorauszusehen; aber auch dem Eisen hat der Stahl immer mehr Terrain abgewonnen, ja das Eisen ist bis zur heutigen Zeit schließlich noch völliger als das Holz verdrängt worden, so daß es selbst für untergeordnete Schiffsbauten kaum noch eine Rolle spielt.

Eine nochmalige Umwälzung im Schiffbau, etwa ähnlich dem Übergange vom Eisen zum Stahl oder gar dem vom Holz zum Eisen, ist seither nicht wieder eingetreten. Zwar hat es an einigen derartigen Versuchen nicht ganz gefehlt, wie z. B. mit dem durch sein spezifisches Gewicht ausgezeichneten Aluminium und seinen Legierungen; doch ist die Verwendung dieser Materialien wegen der schlechten Ergebnisse von kaum nennenswertem Umfange gewesen. Auch die Legierungen von Nickel mit Stahl haben — außer bei der

Fabrikation von Panzerplatten für Kriegsschiffe — es zu keiner besonderen Bedeutung gebracht. Die ganze weitere, trotzdem sehr wichtige Entwicklung hat vielmehr darin beruht, daß man einerseits der gesteigerten Verbesserung des Stahlmaterials seine Aufmerksamkeit zugewandt und die Anordnung der gesamten Konstruktionsteile immer zweckmäßiger, den speziellen Beanspruchungen entsprechender zu gestalten sich bemüht hat und andererseits den Schiffen einen immer größeren Schutz gegen alle Arten von Seegefahr, Kollisionen, Strandungen, Grundberührungen usw. zu geben suchte.

Bezüglich des ersten Gesichtspunktes boten die hervorragenden Fortschritte des Eisenhüttenwesens den Konstrukteuren die Möglichkeit, die Materialeigenschaften betreffs Festigkeit und Dehnung viel mehr zu variieren als früher, wo es einfach entweder nur festeres, aber sprödes oder weniger festes und dafür elastischeres Eisen gab. Jetzt schreibt man häufig die Festigkeits- bzw. Dehnungszahlen für die einzelnen Bauteile je nach der hauptsächlichsten Art ihrer Beanspruchung verschieden vor. Es geschieht dieses sowohl seit einigen Jahren in den Kriegsmarinen, als auch seit neuester Zeit im Handelsschiffbau, in letzterem allerdings bisher nur für die Schnell dampfer (z. B. für die „Lusitania“) oder die Riesenfrachtdampfer, bei denen es sich verlohnt, die ganze Konstruktion bis ins einzelne genau zu durchdenken und dem speziellen Falle anzupassen. Dagegen muß bei den einfacheren Schiffstypen, gewöhnlichen Frachtdampfern u. dgl., welche fast sozusagen Handelsware sind (und z. B. von größeren englischen Firmen direkt auf Vorrat angefertigt werden), möglichst billig und daher nach bewährten Schablonen gebaut werden. Daß sich aber auch hierbei gewisse Spezialtypen herausgebildet und sogar zu hoher Vollkommenheit entwickelt haben, soll weiter unten noch kurz berührt werden.

Was den zweiten vorher erwähnten Punkt anbetrifft, in welchem eine Vervollkommnung in den letzten Jahren angestrebt ist, nämlich die Vorkehrungen gegen Seegefahr, so haben diese hauptsächlich auf richtige Stauung der Ladung, Höhe des Minimal-Freibords, Teilung des Schiffsraumes durch die nötige Anzahl wasserdichter Schotte, Mitführung von Rettungsapparaten und -booten in genügender Menge, Sicherheitseinrichtungen gegen Feuersgefahr u. dgl. bezug gehabt. An diesen Bestrebungen haben sich sowohl die einzelnen Regierungen durch Erlaß von Gesetzen als auch die Klassifikations- und Versicherungsgesellschaften durch Berücksichtigung dieser Punkte in ihren Vorschriften beteiligt.

In vorstehendem sind die Klassifikationsgesellschaften genannt worden, deren bedeutender Einfluß auf die Entwicklung und Verbesserung der Schiffskonstruktionen nicht unerwähnt bleiben darf.

Die Wichtigkeit ihrer Mitwirkung trat schon in erfreulicher Weise zutage, als es sich um den Übergang vom Holz- zum Eisenschiffbau handelte. Damals war es, wie schon oben einmal gesagt, keine leichte Aufgabe für die Schiffbauer, sowohl für die leitenden Ingenieure als auch die Werkmeister und Arbeiter, sich den ganz neuartigen Aufgaben des Eisenschiffbaus anzupassen: manche Fehler oder wenigstens manche Unzweckmäßigkeiten bei der Bauausführung werden in dieser Übergangszeit nicht zu vermeiden gewesen sein. Da machten sich die Klassifikationsgesellschaften, von denen Lloyd's Register of British and Foreign Shipping, meist kurz „Englischer Lloyd“ genannt, in seiner ältesten Gestaltung schon aus dem achtzehnten Jahrhundert stammte, während das Bureau Veritas 1828 in Paris gegründet wurde, um Schiffbauindustrie und Schifffahrt sehr verdient dadurch, daß sie ihre Bestimmungen, sobald es erforderlich wurde, der neu aufgetauchten Bauart anpaßten und durch genau durchdachte Bauvorschriften die zweckmäßige Ausführung und solide Konstruktion der eisernen Schiffe förderten. Aus der Tätigkeit der drei bedeutendsten Gesellschaften, zu denen außer den beiden genannten noch der für uns Deutsche besonders wichtige, 1867 gegründete Germanische Lloyd zu rechnen ist, seien bezüglich ihrer Einwirkung auf den Eisenschiffbau folgende Daten hervorgehoben.

Nachdem der Englische Lloyd 1834 seine ersten Bauvorschriften für Holzschiffe herausgegeben hatte, nahm er in sein Klassifikationsregister schon 1837 das erste eiserne Schiff auf, den in London für Marseiller Rechnung gebauten Dampfer „Sirius“ von 180 Tonnen Rauminhalt. Am 10. Februar 1854 erschien die erste Ausgabe von Lloyd's Bauvorschriften für eiserne Schiffe. Hierin folgte ihm das Bureau Veritas 1858, der Germanische Lloyd 1877. Das erste Kompositschiff wurde vom Englischen Lloyd 1851 klassifiziert, die erste Bauvorschrift für Kompositschiffe 1877 herausgegeben. 1869—70 machte das Bureau Veritas bereits in seinen Vorschriften einen Unterschied für Eisen besserer Qualität, bei dessen Verwendung es eine bestimmte Verringerung der Materialdicken zuließ. Diesem Vorgehen schloß sich der Germanische Lloyd mit ähnlichen Bestimmungen bald an. Etwa 1878 gestattete der Englische Lloyd bei Verwendung von Stahl eine Verminderung der Stärken um 20 % gegen Eisen gewöhnlicher Qualität. Seit 1885 gibt das Bureau Veritas, abgesehen von den Vorschriften für Holz, drei gesonderte Tabellen heraus: für Eisen gewöhnlicher, für solches besserer Qualität und für Stahl. Der Englische und der Germanische Lloyd dagegen beschränken sich, seitdem der eigentliche Eisenschiffbau fast gänzlich zurückgetreten ist, nur noch auf die Herausgabe von Tabellen für Holz und für Stahl. Die Gesellschaften haben sich, wie schon oben

erwähnt, auch große Verdienste um die Verbesserung der Sicherheitseinrichtungen erworben, worunter besonders die ausführlichen Vorschriften über Zahl, Anordnung und Bau der wasserdichten Schotten zu nennen sind.

D. Statistische Angaben.

Interessant ist es, statistische Angaben über das Anwachsen der Welthandelsflotte aufzusuchen und hierbei namentlich das Verhältnis zwischen Segel- und Dampfschiffen einerseits und das zwischen Holz-, Eisen- und Stahlschiffen andererseits zu verfolgen. Aus den ersten zwei Dritteln des vorigen Jahrhunderts liegen allerdings bei weitem nicht von allen Ländern sichere Daten zur Benutzung vor, so daß die Gesamtzahlen aus dieser Zeit durch mancherlei Schätzungen zu ergänzen waren. Erst vom Anfange der siebziger Jahre an setzt fast überall eine eingehendere Schiffbaustatistik ein, so daß man wenigstens für die ganze Epoche des modernen Schiffbaues auf recht zuverlässige Zahlen aufbauen kann. Wir entnehmen einige diesbezügliche, bis zur Jahrhundertwende reichende Daten dem Werke „Die Schiffbauindustrie in Deutschland und im Auslande“ von Schwarz & von Halle, welches seinerseits wieder in seinen Angaben zum Teil auf die internationalen statistischen Werke des Norwegers Kiaer zurückgreift.

Zunächst sei eine Übersicht wiedergegeben über den

Bestand der Welthandelsflotte von 1821—1910.

Im Jahre	Registertonnen				Zunahme in Verhältnis- zahlen
	Dampfer	Segelschiffe	Gesamt- Tonnen- raum	Gesamt- Transport- leistungs- fähigkeit	
1821	11 500	5 240 000	5 251 500	5 263 000	100
1831	43 000	5 085 000	5 128 000	5 171 000	98
1841	140 500	6 377 000	6 517 500	6 658 000	127
1851	329 500	9 425 000	9 754 500	10 084 000	192
1861	1 003 500	13 420 000	14 423 500	16 430 500	312
1871	2 443 000	15 260 000	17 703 000	22 589 000	429
1881	5 006 100	12 885 800	17 891 900	27 904 100	530
1891	9 483 100	10 626 000	20 109 100	48 558 400	923
1901	13 856 500	8 205 100	22 061 600	63 631 100	1219
1910 ^{*)}	21 680 100	6 411 600	28 091 700	93 132 000	1770

^{*)} Für 1910 vervollständigt nach Angaben aus Nauticus, Jahrbuch für Deutschlands Seeinteressen, Jahrgang 1911.

Hierbei ist aus den schon früher angeführten Gründen die Leistungsfähigkeit der Dampfer im Vergleich zu den Seglern als größer und außerdem als zunehmend angesetzt worden und zwar in der Weise, daß man sie für die Zeit bis 1851 wie 2 : 1, dann bis 1881 wie 3 : 1 und seitdem wie 4 : 1 in Rechnung stellt und auf diesem Wege die Gesamttransportleistungsfähigkeit errechnet.

Über die Vergleiche zwischen Holz, Eisen und Stahl lassen sich folgende Angaben zusammenstellen: Schon 1879, also erst wenige Jahre nach Einführung des Schiffbaustahls (Siemens-Martin-Flußeisens), betrug seine Verwendung im Weltdampfschiffbau schon etwa $10\frac{1}{4}\%$, 1885 sogar 48 %. — Von allen in den Jahren 1889—91 erbauten Schiffen waren 10 % aus Holz, 5 % aus Eisen und 85 % aus Stahl hergestellt. Verfolgen wir die Verteilung der drei Baumaterialien auf die Segelschiffe bzw. Dampfer, so finden wir in dem genannten Zeitraum, daß von den Segelschiffen zwischen 40 und 50 % noch aus Holz, etwa ebensoviel aus Stahl und nur ein kleiner Rest aus Eisen erbaut wurde; das Material für die Dampfer dagegen war bei nur wenig über 1 % Holz, bei etwa 6 % Eisen und bei allen übrigen Stahl.

Ein Jahrzehnt später, nämlich für die Jahre 1898—1900 ergeben sich folgende Werte: Eisen ist bei Segelschiffen überhaupt nicht mehr anzutreffen und bei kaum 1 % der Dampfer. Die Verwendung von Holz hat bei Segelschiffen, namentlich kleineren, kaum nachgelassen, bei Dampfern aber ist sie noch seltener geworden als zehn Jahre zuvor. Der vollständige Sieg des Stahls tritt darin deutlich hervor, daß um diese Zeit bereits 95 % aller Schiffe aus diesem Material bestehen, nämlich weit über die Hälfte aller Segelschiffe, darunter sämtliche größeren, und von den Dampfern sogar 98—99 %.

In dem ersten Jahrzehnt des neuen Jahrhunderts ist — soweit überhaupt noch möglich — der Sieg des Stahls als Baumaterial noch vollständiger geworden.

E. Wichtigste Handels- und Kriegsschiffstypen.

Um nun zum Schlusse zu zeigen, zu welchen Ergebnissen die Entwicklung des Schiffbaues bis zum heutigen Tage gekommen ist, möge hier noch eine kurze Aufzählung der wichtigsten Typen des modernen Handels- und Kriegsschiffbaues folgen und durch die Erwähnung einiger ihrer hervorragendsten Vertreter erläutert werden.

a. Handelsschiffstypen.

Der vollendetste Typ unter sämtlichen Handelsschiffen ist unzweifelhaft der transatlantische Schnelldampfer. Er ist für den Passagier-Eilverkehr zwischen Europa und Nordamerika bestimmt und von jeder Beförderung von Frachtgütern gänzlich befreit. Seinen ersten Vertreter hat er in der „Elbe“, welche vom Norddeutschen Lloyd 1881 in Fahrt gesetzt wurde.

Es dürfte hier der geeignetste Platz sein, darauf hinzuweisen, daß die Fortschritte des Eisenschiffbaues bis auf wenige Ausnahmefälle (z. B. „Great Eastern“) innig verknüpft waren mit den Namen der großen Dampfergesellschaften und daß besonders die transatlantische Passagierfahrt, für die fast stets die größten und schnellsten Schiffe der betreffenden Zeit gebaut wurden, in den Händen solcher Gesellschaften lag. In diesen Wettbewerb um den Personen- und Frachtverkehr zwischen Europa und Nordamerika traten erst etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts auch zwei deutsche Rhedereien ein, denen es beschieden war, bald die ersten der ganzen Welt zu werden und auch einen hervorragenden Einfluß auf die Entwicklung der wichtigsten Handelsschiffstypen auszuüben.

Die Hamburg-Amerikanische-Packetfahrt-Aktien-Gesellschaft, jetzt meistens Hamburg-Amerika-Linie genannt, wurde 1847 gegründet und machte ihre ersten Fahrten für Auswanderer und Güter über den Ozean mit Segelschiffen. Von Januar 1856 ab ließ sie ihre ersten beiden Dampfer „Hammonia“ (Fig. 48) und „Borussia“ zwischen Hamburg und New York laufen und zwar mit so großem Erfolge, daß sie bald mehrere Dampfer in diesen Dienst einstellen mußte. — Etwa um diese Zeit, 1857, wurde in Bremen der Norddeutsche Lloyd gegründet, und seine ersten transatlantischen Dampfer „Bremen“, „New York“, „Hudson“ und „Weser“ begannen ihre Fahrten 1858. Beide Rhedereien entwickelten sich, nachdem in den ersten Jahren manche Schwierigkeiten zu überwinden waren, immer mehr und vergrößerten ihre Flotte beständig. Sie hatten das gute Prinzip, regelmäßig das alte Material an Schiffen, wenn auch mit Verlust zu verkaufen, um stets das beste und neueste an seine Stelle zu setzen und so mit ihrem Schiffsbestande stets auf der Höhe zu bleiben. Um einen Begriff von der heutigen Bedeutung beider Gesellschaften zu geben, sei hier eingeschaltet, daß am 1. Januar 1908 die Hamburg-Amerika-Linie eine Seeschiffsflotte von 824009, der Norddeutsche Lloyd eine solche von 730069 Brutto-Reg.-Tons besaß bei einem Aktienkapital von je 125 Mill. Mark.

Damals, am Ende des Jahres 1880, hatte die Hamburg-Amerika-Linie 20, der Norddeutsche Lloyd 26 transatlantische Dampfer. — Von diesem Zeitpunkte ab schlugen die beiden Gesellschaften für einige Jahre getrennte Wege ein. Der Lloyd ging nämlich von der bisher üblichen Art der Dampfer, deren Geschwindigkeit allmählich auf 13—14 Knoten gekommen war, dazu über, Schnell-

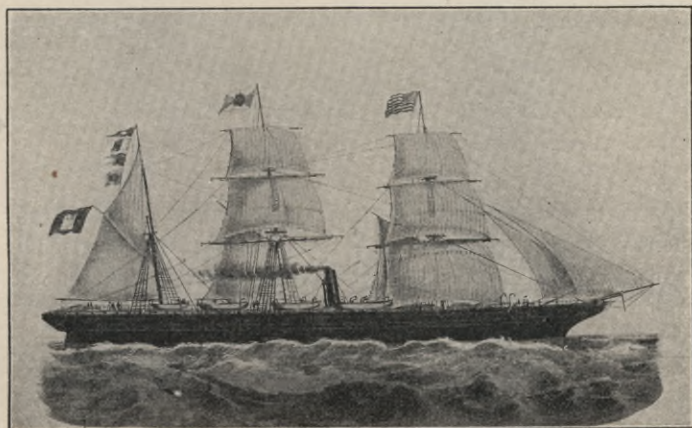


Fig. 48. „Hammonia“. 1855.

dampfer zu bauen, deren erster, wie erwähnt, die 1881 in Dienst gestellte „Elbe“ war (siehe Figur 51 Seite 82). Sie wurde bei John Elder & Co. in Glasgow erbaut und besaß bei einer Länge von 128 m, einer Breite von 13,7 m und einer Tiefe von 10,7 m einen Raumgehalt von 4510 Reg.-Tons; eine Maschine von 5600 PS. verlieh ihr eine Geschwindigkeit von 16 Knoten. Der Lloyd ließ infolge der vorzüglichen Ergebnisse dieses ersten Schnelldampfers bald eine ganze Reihe weiterer folgen, so daß er bereits 1891 deren 11 besaß, die noch sämtlich in England hergestellt waren.

Die Hamburg-Amerika-Linie ging erst 1889 zum Schnelldampferbau über, erwarb sich aber das Verdienst, daß sie schon ihren ersten Schnelldampfer, die „Auguste Victoria“, auf einer deutschen Werft, der des Vulcan in Bredow bei Stettin, erbauen ließ. Dieses Schiff hatte 104,2 m Länge, 17 m Breite, 6,95 m Tiefgang, 11,6 m Tiefe, 9500 Tonnen Wasserverdrängung und eine Maschine von 12500 PS., welche ihm 18 Knoten Geschwindigkeit verlieh, und war als erster

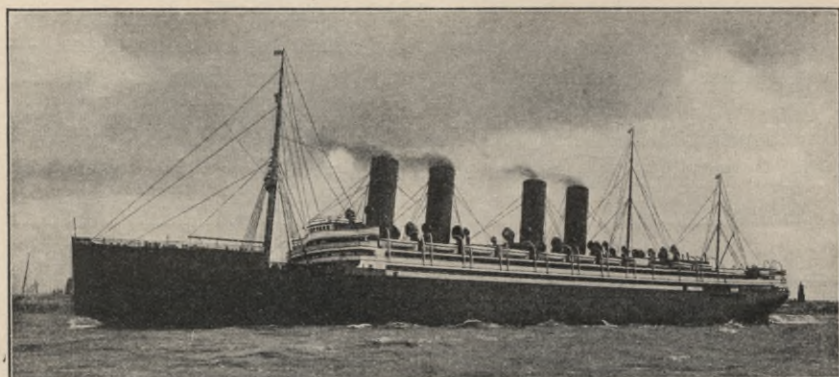


Fig. 49. Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II.“ 1903. 26 000 t. Erbaut vom Stettiner Vulcan.

der Schnelldampfer ganz aus Stahl erbaut und außerdem mit zwei Schrauben versehen. — Seitdem haben die beiden Gesellschaften die Flotte ihrer Schnelldampfer stetig vergrößert und zwar in letzter Zeit nur durch Erzeugnisse unserer deutschen Vulcan-Werft. — Natürlich blieben auch die andern am transatlantischen Verkehr beteiligten Staaten nicht im Schnelldampferbau zurück. Doch haben die deutschen Schiffe infolge ihrer vorzüglichen Geschwindigkeitseigenschaften bis vor kurzem das sogenannte „Blaue Band des Ozeans“ den fremd-

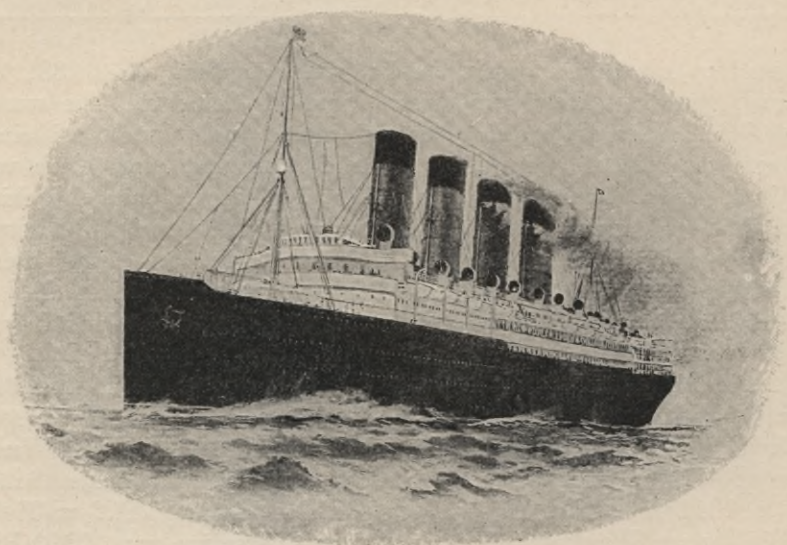


Fig. 50 a. Turbinen-Schnelldampfer „Lusitania“. 1907.

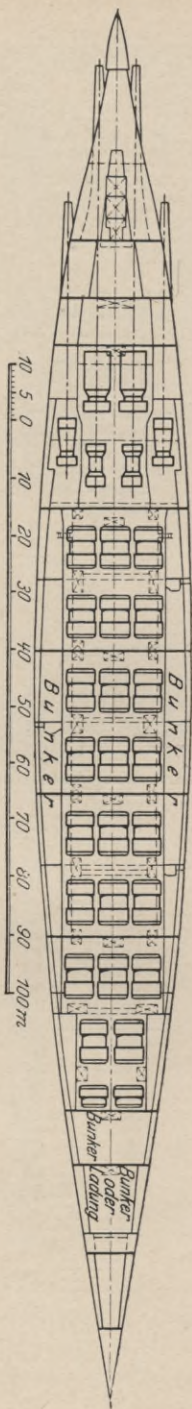


Fig. 50 c. Stannungsplan.

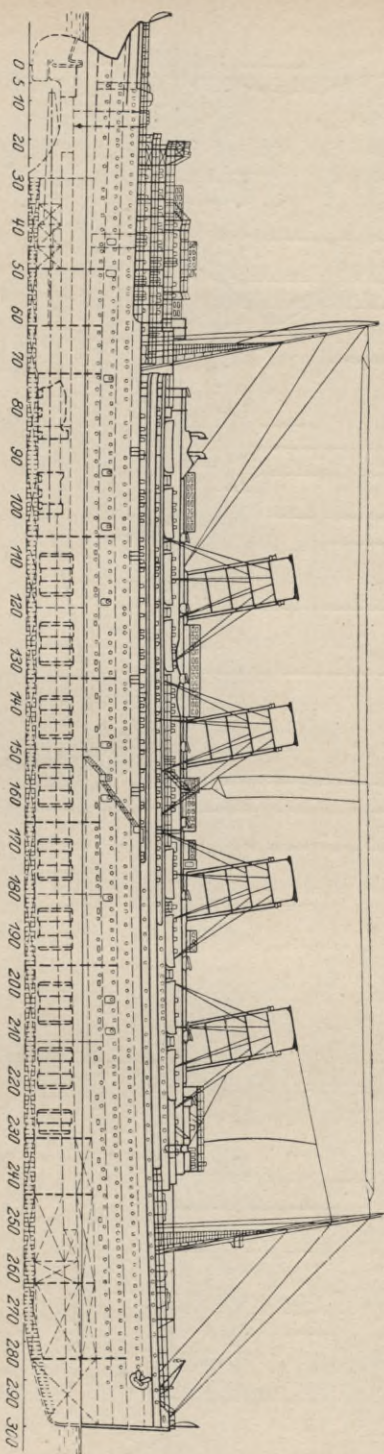
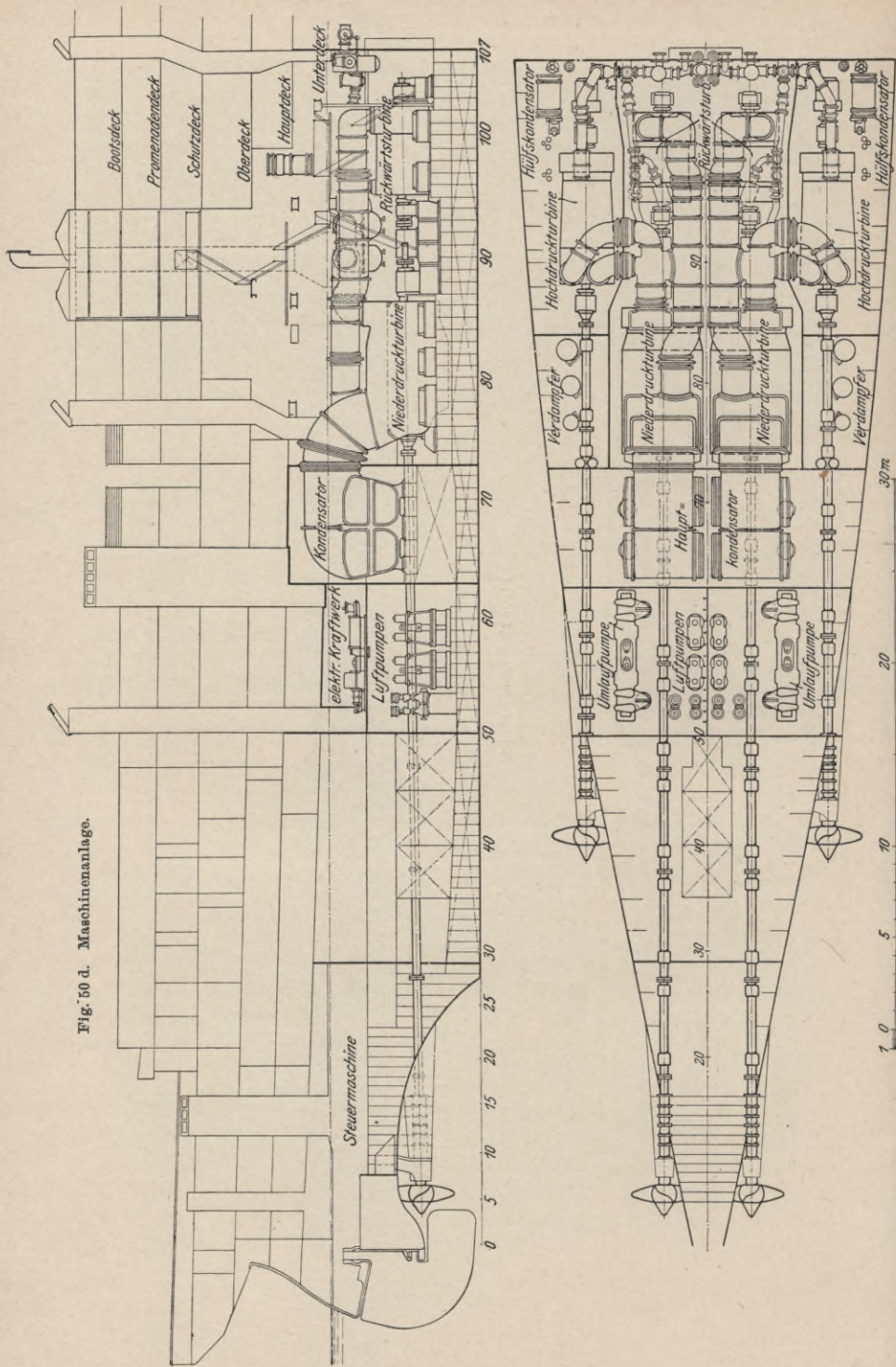


Fig. 50 b. Längsschnitt.

Fig. 50 d. Maschinenanlage.



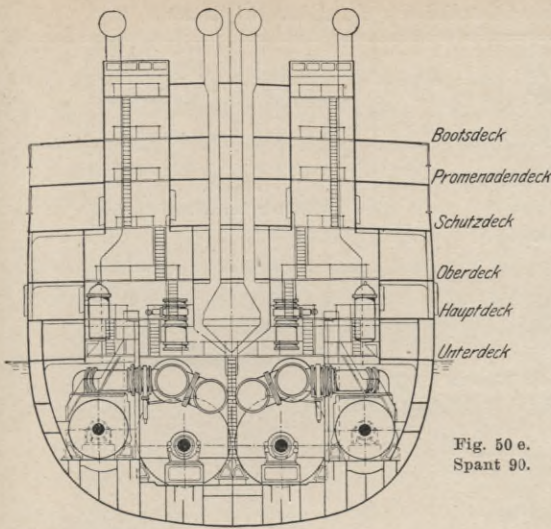


Fig. 50 e.
Spant 90.

ländischen Mitbewerbern, Engländern und Franzosen, fast stets erfolgreich streitig gemacht, bis es dann in neuester Zeit durch die mit erheblicher pekuniärer Unterstützung der englischen Regierung erbauten Cunard-Dampfer „Lusitania“ (Fig. 50a bis 50f) und „Mauretania“ erworben wurde.

Um eine Vorstellung der Größenverhältnisse zu geben, bis zu denen die Schnelldampfer gelangt sind, seien folgende Daten über die „Lusitania“ angeführt:

Länge über alles	239,24 m
" zwischen den	
Loten	231,64 "
Breite über Haupt-	
spant	26,82 "
Raumtiefe	18,30 "
Tiefgang	10,0 "
Wasserverdrängung	38 000 t
Brutto-Tonnen-	
gehalt	32 500
	Reg.-Tons.

Das Schiff ist zur Beförderung von 540 Passagieren erster, 460 zweiter und 1200 dritter Klasse eingerichtet und hat eine Besatzung von 825 Personen, darunter allein 36 Maschinisten und 333 Heizer, Trimmer und Schmierer. — Das Interessanteste an diesem und seinem Schwester-schiffe ist, daß sie als erste transatlantische Schnell-

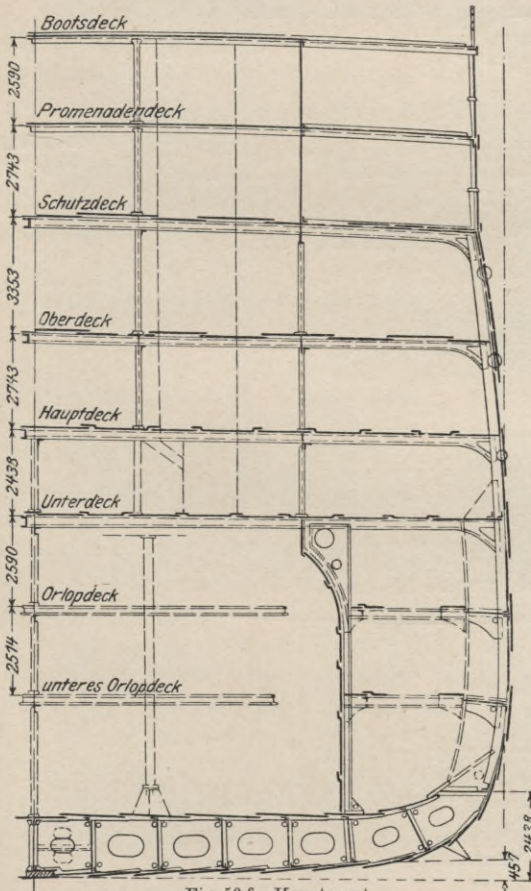


Fig. 50 f. Hauptspant.



„Claremont“. 1807.



„Comet“. 1812.



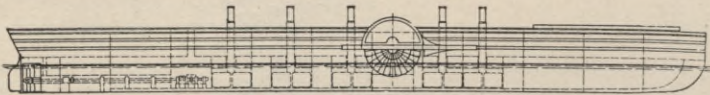
„Savannah“. 1819.



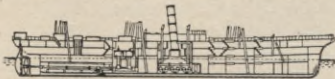
„Great Western“. 1838.



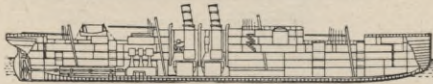
„Great Britain“. 1843.



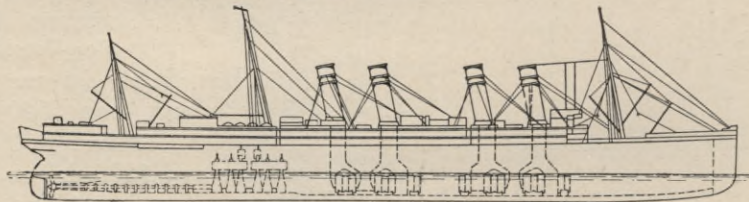
„Great Eastern“. 1857.



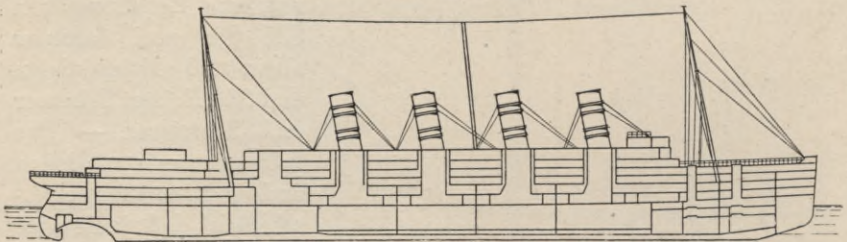
„Amerika“. 1863.



„Elbe“. 1881.



„Kaiser Wilhelm II.“ 1902.



„Mauretania“. 1906.

Fig. 51.
Entwicklung der Dampfschiffe.

wie die Schleppdampfer für Hafen- und Küstendienst und die neuerdings zahlreicheren Seeschlepper, die Fährdampfer, die Segelfahrzeuge für Hochsee- und Küstenfischerei, die Seeleichter, ferner eine große Menge verschiedenartiger Vergnügungsfahrzeuge, Dampf- und Segeljachten, Ruderboote usw. Manche dieser Klassen haben in letzter Zeit auch noch Variationen erhalten durch vielfache Anwendung von Motoren der verschiedensten Systeme zum alleinigen oder zum Hilfsantrieb. Im Vorstehenden sind aber wenigstens die wichtigsten und in ihrer Bauart interessantesten Typen des Handelsschiffbaues etwas näher besprochen.

b. Kriegsschiffstypen.

Wenn wir nun noch auf die geschichtliche Entwicklung der Kriegsschiffstypen einen Blick werfen, so finden wir hier in jeder Hinsicht eine noch viel größere Umwälzung.

Bis in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts waren die Kriegsschiffe — abgesehen von allmählichen kleineren Verbesserungen und Neuerungen — fast genau so beschaffen, wie etwa 200 Jahre zuvor, und auch noch ebenso eingeteilt in Linienschiffe mit vier, drei oder zwei Geschützdecks, Fregatten, Korvetten, kleinere und Spezialschiffe.

Mit der Einführung des Dampfes als Triebkraft und des Eisens als Baumaterial wartete man, bis längere Erfahrungen aus dem Handelsschiffbau vorlagen. Da zu jener Zeit eigentlich nur England und Frankreich größere Marinen besaßen, finden wir auch nur bei ihnen die ersten Neuerungen, außerdem noch in Nordamerika. Einige wichtigere Angaben sind schon in der vorstehenden allgemeinen Entwicklungsgeschichte miterwähnt worden, so z. B. daß die amerikanische



Fig. 71. Radaviso „Medea“. 1833.

Regierung das erste mit Dampf getriebene Kriegsschiff, die schwimmende Batterie „Fulton the First“ (siehe Fig. 32, S. 45) 1815 erbauen ließ. Im gleichen Jahre wurde von den Engländern das Rad-Kanonenboot „Congo“ in Dienst gestellt. Der erste französische Kriegsdampfer war der Radaviso „Sphinx“ 1828. Dann folgte die englische Marine 1833 mit dem Bau des größeren Radavisos „Medea“ (Fig. 71). Aber noch lange war keine Rede von einer allgemeineren Einführung der Dampfmaschine für Kriegsschiffe. So ist z. B. noch 1839 von den Engländern das in Fig. 72 dargestellte Segel-Linienschiff „The Queen“ von 62,2 m Länge und 18,3 m Breite erbaut worden, welches 110 Kanonen und 950 Mann Besatzung hatte. Da die Räder infolge ihrer hohen

Lage allzuverletzlich waren, hat sich der Dampftrieb erst richtig eingebürgert nach Einführung der Schraube. Die Versuche der englischen Regierung mit dem „Archimedes“ (siehe Fig. 36 S. 50) 1839 und dem „Rattler“ 1843 und die der Amerikaner mit dem von Ericson erbauten „Princeton“ 1843 sind bereits erwähnt. In Frankreich wurde ein wichtiger Schritt von dem berühmten Konstrukteur Dupuy de Lôme 1848—52 getan durch den Bau des Schrauben-Linienschiffes „Napoléon“ (von 71,38 m Länge, 16,8 m Breite, 7,24 m Tiefgang,

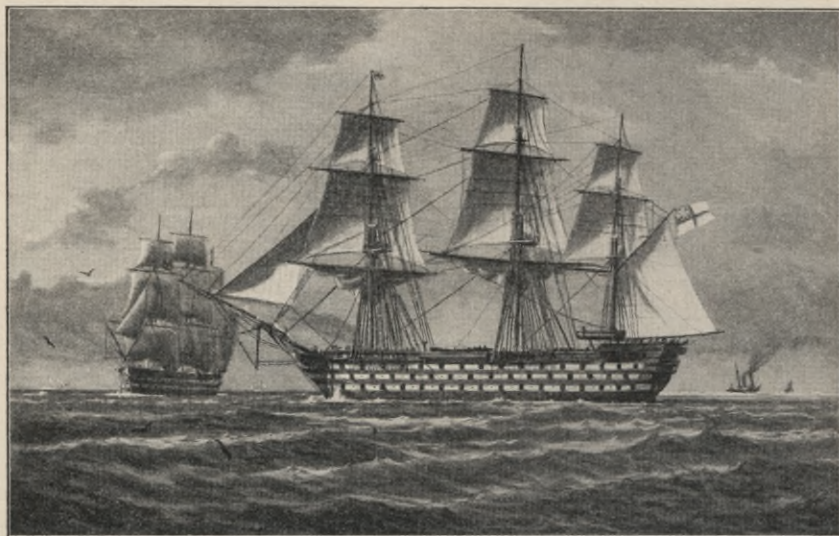


Fig. 72. Hölzernes Segel-Linienschiff „The Queen“. 1839.

5050 Tonnen Wasserverdrängung, 900 Tonnen Kohlenvorrat, 100 Kanonen und 850 Mann Besatzung), welches mit seiner 900pferdigen Maschine 13,86 Knoten erreichte. Die glänzenden Erfolge dieses Schiffes veranlaßten die Franzosen zur Erbauung von mehreren ähnlichen Schraubenschiffen und zum schleunigen Einbau von Maschinen in viele ältere Linienschiffe, Fregatten und Korvetten. Überhaupt können die Fahrten des „Napoléon“ als ausschlaggebend für die Propellerfrage in allen Marinen gelten.

Einige Jahre vorher hatte auch Preußen seine ersten Kriegsdampfer in Auftrag gegeben, nämlich die 1850 bei der Firma Robinson & Russell in London (merkwürdigerweise schon aus Eisen) erbauten Raddampfer „Nix“ und „Salamander“ von 50 m Länge, 11 Knoten Geschwindigkeit und 8 Geschützen. Ebenfalls von Scott Russell entworfen war die 1851 auf der Klawitterschen Werft in Danzig erbaute hölzerne, 68 m lange Radkorvette „Danzig“ (Fig. 73). Die von der

Firma F. Schichau gelieferte Maschinen- und Kesselanlage verlieh dem Schiffe eine Geschwindigkeit von 11 Knoten. Die „Danzig“ war das erste größere in Preußen erbaute Kriegsschiff und ist durch das 1856 unter Führung des Prinzen Adalbert bei Tres Forcas den Riffpiraten gelieferte Gefecht berühmt geworden.



Fig. 73. Hölzerne Dampfkorvette „Danzig“. 1851.

Um jene Zeit — Mitte des vorigen Jahrhunderts — hatte sich das Eisen im Handelsschiffbau schon längst Anerkennung und Verbreitung errungen; dennoch erachtete man es infolge der gleichzeitigen Fortschritte der Waffentechnik noch nicht als geeignet für Kriegsschiffe. Bei diesen fand es vielmehr mit wenigen Ausnahmen zunächst nicht Verwendung als eigentliches Baumaterial, sondern in Form des damals auftauchenden Panzers, welcher bald eine völlige Umgestaltung des gesamten Kriegsschiffbaus herbeiführte.

Der Panzer war zuerst 1854 von den Franzosen im Krimkriege für einige gegen die Festung Kinburn am Schwarzen Meere entsandte

hölzerne Batterien verwandt worden. Nach ihrem überraschenden Erfolge konstruierte Dupuy de Lôme 1858 die erste Panzerfregatte „Gloire“ (Fig. 74). Dieses aus Holz gebaute Schiff hatte 71 m Länge, 16,8 m Breite, 7,6 m Tiefgang, 5620

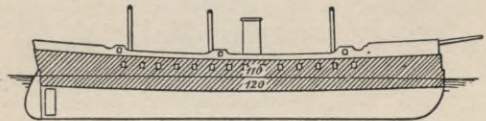


Fig. 74. Erstes Panzerschiff „La Gloire“. 1859.
5620 t. 36—16 cm. 12,8 Knoten.

Tonnen Wasserverdrängung und 12,8 Knoten Geschwindigkeit. Der 11—12 cm dicke Panzer wurde direkt auf die Schiffsplanken aufgebolzt.

Während des nun folgenden eifrigen Panzerschiffbaues in den verschiedenen Marinen wurden zwei getrennte Richtungen eingeschlagen: die eine verfolgte eine weitere Entwicklung des getakelten Linienschiffes mit zentraler gepanzerter Batterie, die andere erstrebte eine Ausbildung des inzwischen aufgetauchten Monitors zum Hochseepanzerschiff.

Die erstere Richtung ist namentlich von den Franzosen ziemlich lange verfolgt worden, zunächst aber auch noch von den Engländern.

Hierbei wurde allmählich die Länge der Zentralbatterie immer mehr eingeschränkt, dafür aber stärker gepanzert, und die Zahl der Geschütze zugunsten größerer Kaliber verringert. Dieses ergab die sogenannten Kasemattschiffe, die in unserer Marine vertreten sind durch das erste in Deutschland und zwar

auf der Königlichen Werft in Danzig 1868 aus Holz erbaute Panzerschiff „Hansa“, dann durch die bei Samuda an der Themse 1874 nach Reed's Plänen erbauten Panzer „Kaiser“ und „Deutschland“ (Fig. 77), später noch durch die „Oldenburg“ 1884. Manche wichtigen Verbesserungen waren inzwischen auch eingeführt worden, so 1862 bei dem englischen „Bellerophon“ das Balanceruder und die Zelleinteilung des Doppelbodens nebst Drainageeinrichtung; ferner wurde 1879 die französische „Dévastation“ als erstes Kriegsschiff mit zwei Schrauben versehen.

Bei den Kasemattschiffen waren inzwischen die geringen Bestreichungswinkel und die verhältnismäßig großen Geschützporten als Übelstand erkannt. Diesem suchte die

Erfindung des Kapitän Coles, drehbare Geschütztürme, abzuhelpen. Die Coles'schen Türme wurden zunächst auf kleineren Panzern, dann 1866—67 auf den beiden englischen Panzerschiffen „Monarch“ (Fig. 78) und „Captain“ (Fig. 79) angewandt. Des ersteren Konstruktion stammte von der Admiralität (Reed); letzterer war von Coles selbst entworfen, ging aber leider bald nach seiner Indienstellung infolge

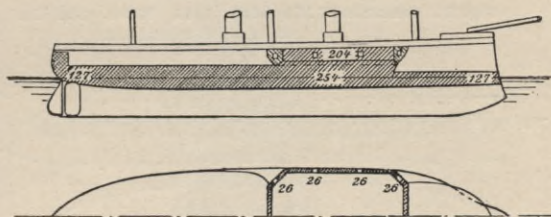


Fig. 77. Panzerschiff „Deutschland“. 1874.
7800 t. 14,5 Kn.

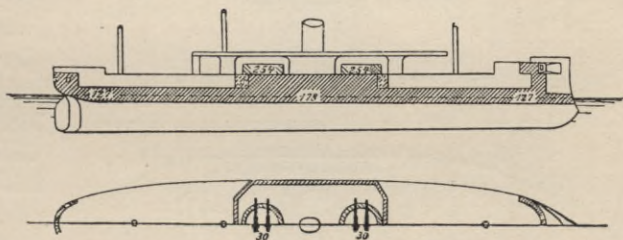


Fig. 78. Panzerschiff „Monarch“. 1868. 8450 t. 14,9 Kn.

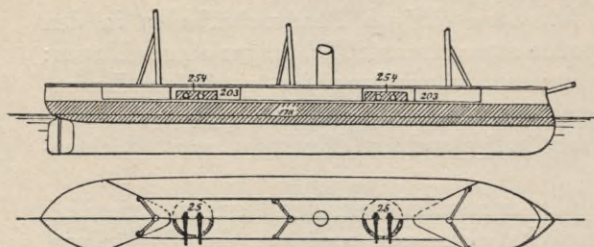


Fig. 79. Panzerschiff „Captain“. 1869. 7000 t. 14,2 Kn.

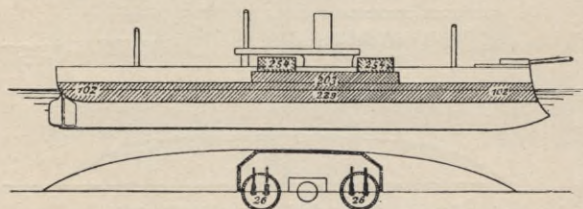


Fig. 80. Panzerschiff „Preußen“. 1873. 6820 t. 14 Kn.

wie im vorstehenden erwähnt, bei der Vervollkommnung des Schraubpropellers eine wichtige Rolle gespielt hatte, baute 1862 für die Nordstaaten in hundert Tagen den „Monitor“, ein gepanzertes, niedrigbordiges, ungetakeltes Fahrzeug von 1200 Tonnen. Am 8. März 1862 besiegte der „Monitor“ seinen Gegner, das von den Südstaaten aus einer alten Fregatte hergestellte Breitseitenpanzerschiff „Merrimac“, und wurde nun zunächst das Vorbild für eine Anzahl von Küstenverteidigern, welche zur Verbesserung der Seefähigkeit auf dem Oberdeck noch einen gepanzerten Aufbau (Brustwehr) erhielten. Aus diesen

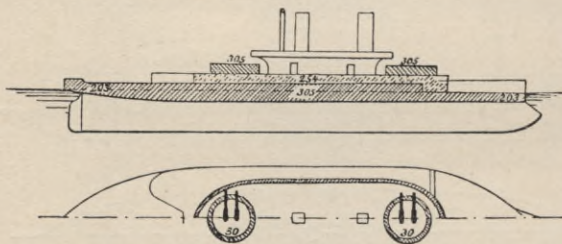


Fig. 81. Engl. Panzerschiff „Devastation“. 1871. 9500 t. 13,8 Kn.

zu geringen Freibords mit Mann und Maus unter. Dem Typ des „Monarch“ gehörten von deutschen Schiffen die Turmpanzer „Preußen“ (Fig. 80), „Friedrich der Große“ und „Großer Kurfürst“ an.

Die Idee der Geschütztürme war auch schon beim Bau des „Monitor“ im Verlaufe des nordamerikanischen Bürgerkrieges durch den Schweden Ericsson angewandt worden. Dieser Ingenieur, der auch,

sog. „Brustwehrmonitors“ wurde schließlich der Typ des moderneren ungetakelten Linienschiffes durch die 1871 von England gebaute „Devastation“ (Fig. 81) (9500 Tonnen) geschaffen.

Die große Umwälzung im Panzerschiffbau durch dieses Schiff zeigte sich in dem Fortfall der Takelage, der ersten Verwendung eines Gefechtsmastes mit Ladebaum für die Boote, der Erhöhung des Kohlenvorrates auf 1600 Tonnen u. a. m. Aus dem bisherigen Linienschiff war eine richtige Gefechtsmaschine geworden. Besonders interessant ist dabei die Aufstellung der 4 schweren Geschütze in zwei Drehtürmen an den Enden mit einem Bestreichungswinkel von

je etwa 260°, eine noch heutigen Tages mustergültige Aufstellung. Auch war die „Devastation“ auf der Oberkante des Vertikalpanzers mit einem Panzerdeck versehen. Bald wuchsen die Abmessungen ihrer Nachfolger so, daß z. B. die „Dreadnought“ 1876 eine Wasserverdrängung von 11000 Tonnen und eine Panzerdicke von 355 mm erreichte.

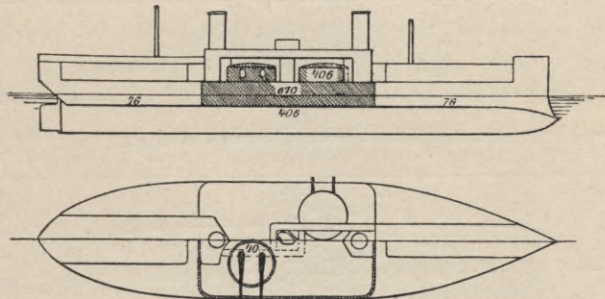


Fig. 82. Panzerschiff „Inflexible“. 1876. 11600 t. 13,4 Kn.

1876 wurde durch die Engländer bei der „Inflexible“ (Fig. 82) (11600 Tonnen) insofern eine Neuerung (in Anlehnung an die alte Idee des „Warrior“) eingeführt, als sie den Panzer nur als kurze „Zitadelle“ auf das Mittelschiff erstreckten und die Schiffsenden von den Panzerquerschotten an durch ein Unterwasserpanzerdeck schützten, auf denen sich eine zahlreiche Zelleinteilung und ein Korkdamm befanden. Um die nötige Reserve schwimmkraft bei durchschossenen Enden zu besitzen, mußte das Schiff eine beträchtliche Breite (22,7 m) erhalten. Die beiden Geschütztürme wurden zum erstenmale diagonal aufgestellt, wodurch alle vier Geschütze für Bug-, Heck- und Breitseitefeuer verwandt werden konnten. Nach ähnlichen Ideen baute Italien den „Duilio“ und „Dandolo“, Deutschland 1877 die „Sachsen“-Klasse (Fig. 83), letztere allerdings mit anderer Aufstellung der Geschütze, nämlich auf Drehscheiben hinter Panzerbarbetten.

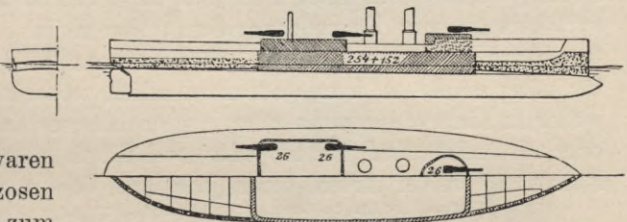


Fig. 83. Panzerschiff „Sachsen“ (vor dem Umbau). 1877. 7400 t. 14 Kn.

Mittlerweile waren nun auch die Franzosen vom Kasemattschiff zum Turmschiff übergegangen, zuerst mit dem Bau des „Amiral Duperré“ 1879. Sie sind übrigens prinzipiell dabei geblieben, die Wasserlinie stets in ihrer ganzen Länge zu panzern, während bei vielen englischen Schiffen die Schiffsenden keinen Seitenpanzer erhielten.

In der Folgezeit gehen die Konstruktionsansichten in den verschiedenen Marinen sehr auseinander. Überall aber herrscht das Bestreben, die Vertikalpanzerfläche zugunsten der Dicke zu vermindern und die Schiffsgeschwindigkeit zu erhöhen. Mit der Beschränkung

des Vertikalpanzers gingen am weitesten — man muß sogar sagen: zu weit — die Italiener 1880 mit dem Bau der beiden Schlachtschiffe „Italia“ (Fig. 84) und „Lepanto“ (von 14000 Tonnen und 18 Knoten), indem sie nur die Stände der vier 43 cm-Geschütze, die Munitionschächte und die Unterteile der Schornsteine umpanzerten, im übrigen

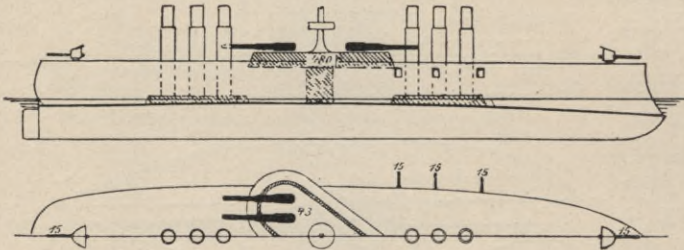


Fig. 84. Panzerschiff „Italia“. 1880. 14000 t. 18 Kn.

ein über die ganze Länge reichendes Unterwasserpanzerdeck mit darüber befindlicher sehr zahlreicher Zellenenteilung, ein sog. Floßdeck anordneten. Es

sind dieses die einzigen Linienschiffe ohne jeden Seitenpanzer geblieben.

Der Panzerschutz der schwersten Geschütze machte manche Wandlung durch. Die erste Aufstellung im drehbaren Panzerturm (mit Scharten) wurde bald geändert in eine offene Aufstellung mit drehbarer Lafette hinter fester Brustwehrpanzerung (Barbette). Dann wurde die Lafette mit einem Panzerschild versehen und dieser schließlich in einen mit der Lafette drehbaren Panzerturm verwandelt unter Beibehaltung des den Unterbau schützenden Barbettpanzers, so daß schließlich der kombinierte Barbett- und Drehturm entstand.

Von jetzt an legte man auch Wert auf Mittelartillerie zur Zerstörung der ungeschützten Teile des Gegners und auf Kleinartillerie zur Abwehr von Torpedoangriffen. Namentlich die Aufstellung der Geschütze mittleren Kalibers, für die man bald auch Panzerschutz für nötig erachtete, wurde außerordentlich verschieden ausgeführt, entweder in Einzelkasematten oder in gemeinsamer Kasematte für mehrere oder in Drehtürmen für ein oder zwei Stück oder unter gleichzeitiger Benutzung beider Arten, deren jede ihre Vor- und Nachteile hat.

Die Notwendigkeit, für die Mittelartillerie den notwendigen Platz zu gewinnen, zwang dazu, die schweren Geschütze, deren meistens vier aufgestellt wurden, wieder an die Schiffsenden zu rücken, wo sie schon auf der „Devastation“ standen. Um ihnen die Munition hinter Panzerschutz zuführen zu können, verlängerten die Engländer nun von neuem den schon sehr eingeschränkten Panzerschutz der Wasserlinie, ließen ihn dafür aber wieder nur bis zum ersten Deck über Wasser reichen. Von diesem gepanzerten Deck bis zu den Panzerbarbetten wurden zunächst nur gepanzerte Munitionsaufzüge heraufgeführt (siehe „Camperdown“, Fig. 85, Stapellauf 1885), wobei dann

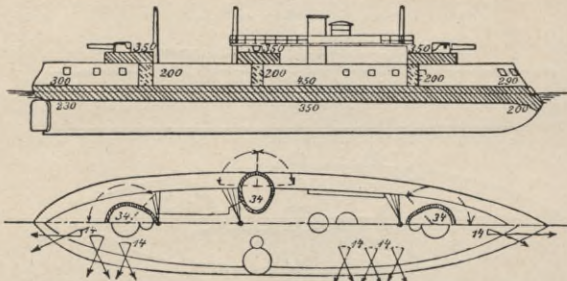


Fig. 88. Panzerschiff „Magenta“. 1890. 10 580 t. 17 Kn.

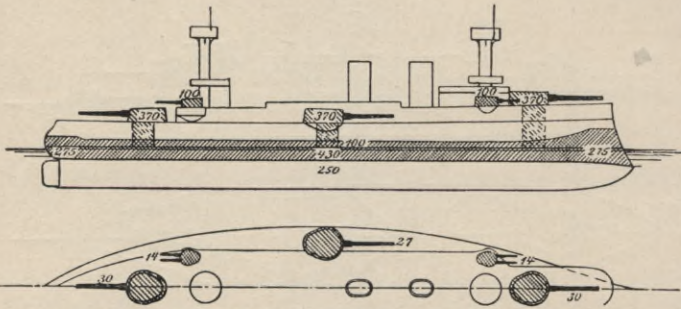


Fig. 89. Panzerschiff „Jaurégniberry“. 1893. 11 780 t. 17 Kn.

ihren Typen aufweisen, finden wir, im Gegensatz zu den Engländern, häufig außer den an den Schiffsenden stehenden schweren Geschütztürmen noch seitliche Türme mit je einem oder zwei Geschützen desselben oder nur wenig geringeren Kalibers (z. B. Fig. 88 und 89).

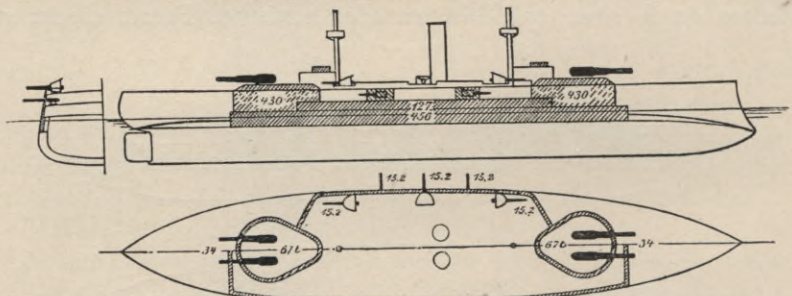


Fig. 90. Panzerschiff „Royal Sovereign“. 1891. 14 380 t. 17 Kn.

Da man mit der Zeit auch den ganzen Unterbau der Mittelartillerie besser schützen wollte, ließ man nun die seitliche Panzerung, wenn auch in geringerer Stärke, zwischen den Panzerschächten des vorderen und hinteren schweren Geschützturmes um ein Deck weiter nach oben reichen, wozu man — im Gegensatz zu der bisher angestrebten Einschränkung der Seitenpanzerung — diese nun wieder auf

vom Vorsteven an auf etwa $\frac{4}{5}$ der Länge erstreckt, während das letzte Fünftel nur ein Unterwasserpanzerdeck besitzt. Von dem auf dem Seitenpanzer aufliegenden Überwasserpanzerdeck führen zu sämtlichen Ständen der

Mittelartillerie (12 Stück 15 cm in Kasematten und 8 in Einzeltürmen) gepanzerte Munitionschächte herauf.

Bei den Franzosen, die eine außerordentliche Manigfaltigkeit in

einen größeren Teil des Oberschiffs ausdehnte. So entstand der Typ der „Royal Sovereign“-Klasse (Fig. 90, Stapellauf 1891), welche lange Zeit vorbildlich für die neueren Linienschiffsbauten blieb.

Mit der „Majestic“-Klasse (Fig. 91, Stapellauf 1895) wurde dann eine weitere Verbesserung eingeführt, die von nun an in allen Marinen Beifall fand, nämlich die Herunterführung der Panzerdecksseiten bis Unterkante des Gürtelpanzers und Anordnung eines zweiten, leichteren Panzerdecks auf Oberkante des Zitadellpanzers, so daß einem Eindringen von Geschossen in die unteren Schiffsräume ein zweifacher Widerstand entgegengestellt wurde, entweder durch Seitenpanzer und unteres Panzerdeck oder durch die beiden Panzerdecks. — Mit dieser Neuerung war nun

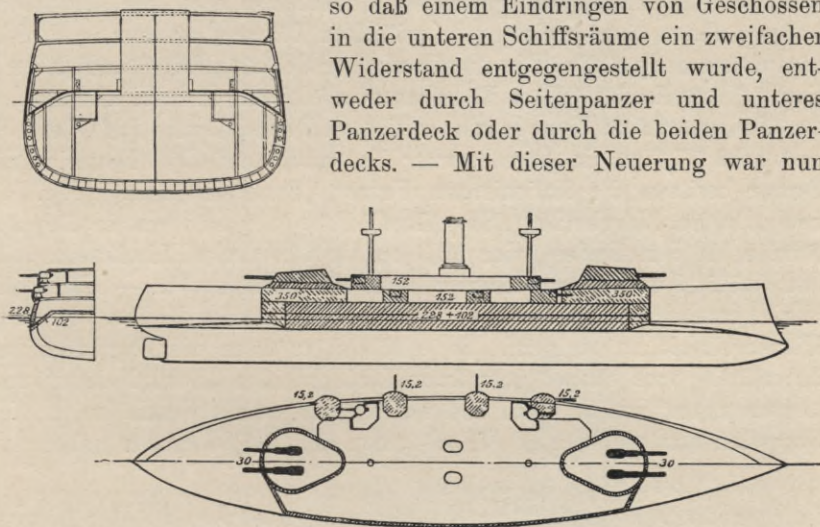


Fig. 91. Panzerschiff „Majestic“. 1895. 15140 t. 17,5 Kn.

ein bezüglich der Panzeranordnung ziemlich allgemein gültiger Typ geschaffen worden. Nur an den Schiffsenden findet man verschiedene Variationen zwischen den beiden entgegengesetzten Prinzipien: bei den Engländern noch einige Zeit hindurch nur Panzerdeckschutz, bei den Franzosen Durchführung des Gürtels bis zu den Steven. Vor allem wurde von mehreren Nationen, auch von den Engländern seit der „Formidable“-Klasse (Stapellauf 1898), der Vertikalpanzerschutz auch auf das Vorschiff ausgedehnt. — Auf den deutschen Schiffen wurde von der „Wittelsbach“-Klasse (Stapellauf 1900) an eine, wenn auch dünnere Seitenpanzerung der außerdem noch durch Unterwasserpanzerdeck geschützten Schiffsenden eingeführt und beibehalten.

Die größten Abweichungen zeigen sich noch bis in die neueste Zeit in der Aufstellung der Geschütze mittleren Kalibers. England bevorzugte lange Zeit die Einzelkasematten, aufgestellt in zwei Decks übereinander; Frankreich dagegen blieb hauptsächlich bei den Einzeltürmen, hatte aber daneben auch Kasematten zu ein, zwei

oder mehr Geschützen; bei den Amerikanern findet man meistens eine gemeinsame Kasematte für die gesamte Mittelartillerie. Die deutsche Marine wandte von der „Wittelsbach“-Klasse ab eine gemeinsame Kasematte für die Mehrzahl der Geschütze mittleren Kalibers an und stellte darüber auf jeder Schiffsseite nur zwei Einzeltürme auf, ersetzte aber auch diese letzteren von der „Deutschland“ (Fig. 92, Stapellauf 1904) an durch Kasematten. — Bei einigen Schiffen verschiedener Marinen finden wir außer den schwersten und den sonst als Mittelartillerie geltenden Geschützen noch ein Zwischenkaliber, dieses dann meistens in seitlichen Türmen, seltener in Einzelkasematten aufgestellt. Die amerikanischen Schiffe „Idaho“ und „Mississippi“ (Stapellauf 1905) z. B. haben vier 30,5 cm in zwei Türmen an den Enden, acht 20,3 cm in vier seitlichen Doppeltürmen auf Oberdeck und acht 17,8 cm in gemeinsamer Kasematte auf dem Batteriedeck. Ferner besitzen die italienischen Panzer „Benedetto Brin“ (Fig. 93) und „Regina Margherita“ (Stapellauf 1901) vier 30,5 cm in Doppeltürmen an den Enden, vier 20,3 cm in Oberdecks-Einzelkasematten und zwölf 15 cm in gemeinsamer Batteriedeckskasematte. — Man kann hierin gewissermaßen das Bestreben erblicken, das Kaliber der sog. Mittelartillerie zu steigern. So erhöhten es denn die Engländer bei ihren 1906 vom Stapel gelaufenen Linienschiffen „Lord Nelson“ und „Agamemnon“ auf 23,4 cm und stellten acht solche Geschütze in vier Doppeltürmen und vier in Einzeltürmen auf. Die Japaner haben auf



Fig. 92. Linienschiff „Deutschland“. 1905—1906. 13 200 t. 19,3 Kn.

ganz fortlassen — allerdings unter lebhaftem Widerspruch aus den eigenen Reihen —, haben andere Nationen, insbesondere auch Deutschland, sie trotz der Vermehrung der schweren Geschütze unverändert beibehalten. — Die Anordnung der Panzerung ist im großen und ganzen ungefähr so geblieben wie früher, z. T. nach den Schiffsenden zu eingeschränkt (z. B. bei den Amerikanern am Bug); meist ist sie etwas tiefer unter die Wasserlinie hinabgeführt. Besonders aber wird nunmehr ziemlich allgemein größerer Wert auf den Unterwasserschutz gegen Torpedos und Minen gelegt, welchem Zwecke, soweit bekannt geworden, vor allem gepanzerte Längsschotte in gewissem Abstände von der Außenhaut dienen sollen. — So finden wir denn jetzt schon in allen bedeutenderen Marinen eine Anzahl derartiger Riesenschiffe mit einer Wasserverdrängung, welche z. T. bereits an 30 000 Tonnen heranreicht.

In dem vorstehenden allgemeinen Entwicklungsbilde der Linienschiffe ist noch nicht erwähnt und daher als besonders wichtig nachzutragen die bedeutende Verbesserung, die das Panzermaterial im Laufe der Zeit erfahren hat. Während man zu Anfang nur einfaches Schweißschmiedeeisen kannte, wurde dann Ende der 70er Jahre die Fabrikation des Verbundpanzers (Compoundpanzers) erfunden, welcher die Vereinigung einer äußeren harten Stahlschicht mit einer inneren weichen Eisenschicht darstellte. Die Franzosen verfolgten inzwischen die Herstellung eines reinen Stahlpanzers, die aber erst dann besonders erfolgreich wurde, als man es mit einem Zusatz von Nickel versuchte. Seitdem ist durchweg Nickelstahlpanzer verwendet worden, zuerst ungehärtet, dann von Krupp durch Ölhärtung, vom Amerikaner Harvey durch Zementation (Oberflächenkohlung durch Kohlenpulver) verbessert. Schließlich haben alle Marinen den, nach neuerem Kruppschen Verfahren (1895) doppelte gehärteten (durch Ölbad und Gaszementation) Nickelstahl von 7—8% Nickelgehalt, den sog. Krupp-Panzer, eingeführt, welcher etwa ebensoviel Widerstand wie eine dreimal so dicke Schmiedeeisenplatte besitzt.

Daß mit der Verbesserung der Panzerung die der Geschütze stets im Wettbewerb blieb, braucht nur kurz angedeutet zu werden. Aus der neueren Zeit ist als besonders wichtig der Übergang zum Schnellfeuergeschütz zu erwähnen, zunächst für die kleinen und mittleren, schließlich auch für die allergrößten Kaliber, so daß wir auf modernen Kriegsschiffen nur noch Schnellfeuergeschütze vorfinden.

Von sonstigen wichtigen Verbesserungen im Kriegsschiffbau ist noch die möglichste Vermeidung des Holzes zu nennen, zu der man sich infolge seiner namentlich im spanisch-amerikanischen Kriege hervorgetretenen Feuers- und Splittergefahr veranlaßt sah. Während

vorher der Belag der meisten Decks, die Wegerungen, die gesamte Ausstattung der Wohnräume u. a. m. aus Holz hergestellt wurden, ist dieses heute bis auf die Panzerhinterlage, den Belag der freiliegenden Außendecks und einige nebensächliche, leicht von Bord zu gebende Möbelstücke u. dgl. fast kaum noch auf Kriegsschiffen anzutreffen.

Daß auch beim Linienschiffbau die Anforderungen an die Schnelligkeit immer mehr gesteigert wurden, ist bereits gesagt. Die Verwendung von zwei Schrauben ist, wie schon erwähnt, 1879 eingeführt worden. 1892 lief dann als erstes größeres Kriegsschiff mit drei Schrauben der deutsche Kreuzer „Kaiserin Augusta“ vom Stapel, und seitdem wandten mehrere Marinen, besonders Deutschland und Frankreich, das Dreischraubensystem für ihre Linienschiffe und großen Kreuzer an.

In allerjüngster Zeit ist nach dem Vorbild der „Dreadnought“ der Turbinenantrieb, meist mit vier Schrauben, auch für Linienschiffe eingeführt worden. —

Natürlich bestehen auch heutzutage die Kriegsmarinen nicht nur aus Linienschiffen, sondern sie weisen auch noch viele andere Schiffsklassen auf; doch sollen diese der Kürze wegen nur flüchtig erwähnt werden.

Wie früher, braucht man auch jetzt schnelle Späh- und Kundschaferschiffe, Kreuzer genannt, welche anfangs ungeschützt waren, dann aber — in Deutschland seit 1885 — mehr und mehr ebenfalls Panzerschutz erhielten. Zunächst bestand dieser nur aus einem Panzerdeck, meist über der ganzen Schiffslänge, dem sich dann bei den größeren Schiffen eine Panzerung für die schweren Geschütze und ihre Munitionsförderung, schließlich auch für die Mittelartillerie zugesellte. Dann fingen einige Marinen an, ihren großen Kreuzern auch



Fig. 95. Panzerkreuzer „von der Tann“. 1909. 19 000 t. 28 Kn.

36 Knoten gesteigert worden. Doch schwanken bezüglich der beiden letzten Daten die einzelnen neueren Typen ziemlich stark. Als Antriebsmaschine ist die Turbine schon in großem Umfange eingeführt und findet neuerdings fast alleinige Verwendung.

Die Bestrebungen, unterseeische Fahrzeuge zu bauen, reichen schon über drei Jahrhunderte zurück, haben aber erst in allerneuester Zeit zu greifbaren Erfolgen geführt. Die eigentliche Entwicklung der modernen Unterseeboote rechnet erst von 1886 ab; in diesem Jahre tat Frankreich durch Ausschreibung von Plänen für solche Fahrzeuge einen bedeutsamen Schritt vorwärts und betrieb ihre Konstruktion und

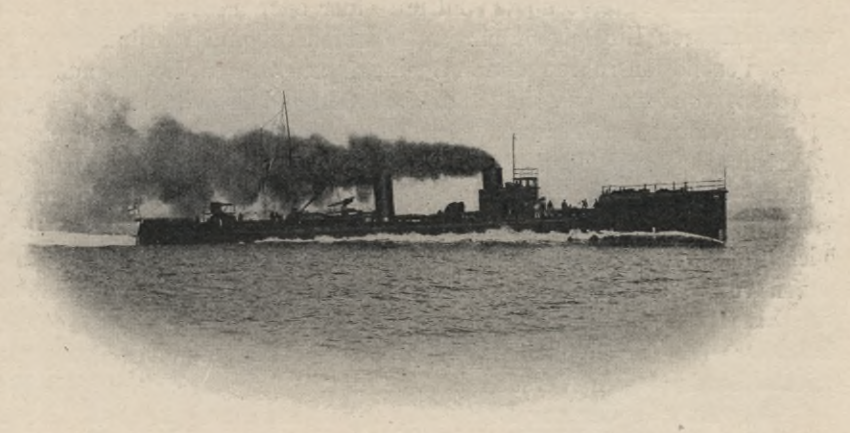


Fig. 98. Torpedoboot „G. 137“. 1906. 572 t. 34 Kn. Turbinen.

Erprobung fast ein ganzes Jahrzehnt als einzige Nation. Dann sind auch Engländer und Nordamerikaner und schließlich etwa seit dem letzten Jahrzehnt auch die übrigen größeren Marinen zum Bau von Unterseebooten übergegangen. Die hierbei aufgetretenen und mehr oder weniger weiterentwickelten Typen zerfallen sämtlich in zwei große Gruppen: die reinen Unterseeboote (sous-marins), welche hauptsächlich zur Fahrt unter Wasser bestimmt sind, und die Tauchboote (submersibles), die gewöhnlich an der Oberfläche fahren und nur zeitweise untertauchen sollen. Da die Festigkeit des Bootskörpers für mindestens 30 m Wassertiefe genügen muß, ist bei beiden Arten eine druckfeste Hülle von zigarrenähnlicher Form, meist mit kreisförmigem Querschnitt, vorhanden. Das Unter- und Wiederauftauchen wird durch Füllen bzw. Entleeren von Wasserballasttanks bewirkt. Beim reinen Unterseeboot beherbergt der Druckkörper diese Ballasttanks (deren Größe ziemlich beschränkt ist) in seinem Innern („Einhüllenboot“) und seine Form ist durch gar keine oder nur geringfügige

Auf- bzw. Anbauten verdeckt; das Tauchboot dagegen besitzt außer dem druckfesten Innenkörper noch einen, der üblichen Schiffsform ziemlich ähnlich gestalteten Außenkörper („Zweihüllenboot“), so daß zwischen diesen beiden Hüllen Platz für (beliebig groß zu gestaltende) Ballasttanks übrig bleibt. Das Tauchboot hat daher durch seine, den übrigen Schiffen angenäherte Außenform bessere Stabilitäts- und See-eigenschaften im ausgetauchten Zustande als das reine Unterseeboot. — Während bis vor kurzem zwischen dem Ein- und Zweihüllenboot ein starker Wettkampf herrschte, scheint sich der Unterschied beider Typen jetzt mehr und mehr zu verwischen, im allgemeinen wohl zugunsten des Zweihüllenbootes.

Sämtliche Unterseeboote sind mit einer oder mehreren wasserdicht verschließbaren Einsteigeöffnungen, mit niederklappbaren und absperrenbaren Ventilationsrohren und mit einem gepanzerten Kommandoturm versehen, von dem aus bei Überwasserfahrt die Navigierung erfolgt. In untergetauchtem Zustande kann diese nur mit Hilfe von Sehrohren („Periskopen“) geschehen, deren obere Enden aus dem Wasser herausragen. — Das Kurshalten wird wie bei andern Schiffen durch ein oder mehrere Vertikalruder, eine Änderung der Tauchtiefe durch seitlich oder hinten angebrachte horizontale Tiefenruder bewirkt. — Zum Lanzieren von Torpedos besitzen die Unterseeboote mehrere Rohre, meist drei bis vier, vereinzelt auch noch mehr. — Mit einer Armierung durch Geschütze (in Verschwindelafette) ist, soweit bekannt, bisher nur erst seitens Englands ein Versuch beabsichtigt.

Den Antrieb der zur Fortbewegung dienenden Schrauben, deren jedes Unterseeboot eine oder zwei besitzt, bewirken bei Fahrt unter Wasser fast durchweg von Akkumulatoren gespeiste Elektromotoren; für Überwasserfahrt sind die verschiedensten Antriebsarten versucht worden: Dampfmaschinen, Explosionsmotoren für Petroleum, Benzin, Gasolin u. dgl., auch Elektromotoren; am meisten im Gebrauch sind z. Z. wohl Petroleummotoren. Die Frage nach einem Einheitsmotor für Über- und Unterwasserfahrt wird allgemein erörtert und ihre Lösung auf verschiedene Weise versucht. Die Verwendung der Elektromotoren hierfür scheidet bislang an dem noch außerordentlich hohen Gewicht der Akkumulatoren.

In der Tauchgewandtheit hat man bereits beachtenswerte und vorläufig genügende Erfolge erzielt, indem jetzt vom Abstellen der Überwassermotoren bis zum Tauchen in 8 m Tiefe eine Zeit von 4 bis 5 Minuten gebraucht wird. — An Geschwindigkeit sind etwa 16 Knoten über Wasser und 12 Knoten unter Wasser die bisher bekannt gewordenen Höchstleistungen; doch dürfte man hiermit von der Grenze des Erstrebten noch ziemlich weit entfernt sein. — Dagegen ist der Aktionsradius schon auf der bemerkenswerten Höhe von 2000 bis

3000 Seemeilen bei Überwasserfahrt angelangt. Unter Wasser sind allerdings bisher erst etwa 100 Seemeilen bei mittlerer und 30—40 bei höchster Geschwindigkeit erzielt worden; doch ist dieses als vorläufig genügend anzusehen, da ja die Akkumulatoren während der Überwasserfahrt stets neu geladen werden können. — Gelegentlich von Dauermärschen recht beträchtlicher Ausdehnung ist auch die längere Bewohnbarkeit der Unterseeboote bereits praktisch erwiesen; doch sind in dieser Hinsicht noch manche Verbesserungen anzustreben. — Das Displacement der Unterseeboote hat, obgleich ihre Verwendung eine möglichste Beschränkung der Abmessungen wünschenswert erscheinen läßt, doch infolge der allseitig gesteigerten Ansprüche mit der Zeit beträchtlich zugenommen. So sind die Engländer von 120 t bis zu 800 t bei ihrer E-Klasse, die Nordamerikaner von 80 t (Hollandboot) bis auf 550 t bei der 1910-Klasse, die Franzosen von 150 t („Morse“ 1899) sogar angeblich bis zu 1100 t („Mariotte“) fortgeschritten.

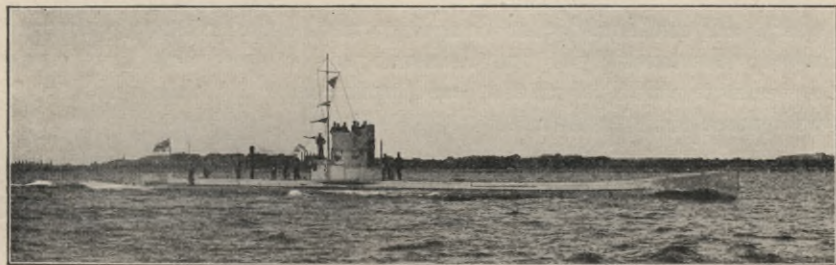


Fig. 99. Deutsches Unterseeboot mit vier Körting-Petroleummotoren zu je 350 PS.

Somit ist denn auch diese jüngste Waffe der Kriegsmarinen bereits auf einer beachtenswerten Höhe der Leistungsfähigkeit angelangt. Doch dürften ihr die folgenden Jahre noch in mancher Hinsicht bedeutungsvolle Verbesserungen bringen. —

Nachdem der I. Abschnitt dieses Buches die Jahrtausende alte Geschichte des Schiffes bis zur Einführung der eisernen Bauart und des maschinellen Antriebs geschildert, hat uns dieser II. Abschnitt einen Überblick darüber geboten, in welcher Weise sich der moderne Schiffbau zu seinem jetzigen Stande entwickelt und zu welchen verschiedenen Arten von Schiffstypen er hauptsächlich geführt hat. Es wird dabei klar zu Tage getreten sein, daß innerhalb der verhältnismäßig kurzen Zeit der Verwendung des Eisens zur Herstellung von Schiffen außerordentliche Fortschritte gemacht sind und daß ohne dieses Material die bedeutende Vollkommenheit und Ausdehnung der heutigen Schifffahrt unmöglich gewesen wäre.

III. Theorie des Schiffes.

A. Deplacement und Schiffskörpergewicht.

Die sämtlichen Arbeiten zur Herstellung eines Schiffes zerfallen in zwei große Hauptteile, die man mit den Titeln „Theoretischer“ und „Praktischer Schiffbau“ bezeichnet. Die ersten Gedankengänge für das Hervorbringen eines Schiffes bestehen darin, daß Überlegungen über die Art des Schiffes seitens der Besteller je nach dem Zwecke, dem das Schiff dienen soll, angestellt werden.

Auf Grund solcher Unterlagen arbeiten dann die Werften (oft vorher auch schon die Reedereien resp. Kommissionen der Auftraggeber), auf mathematischer Grundlage und eingehenden Rechnungen fußend, Beschreibungen und Zeichnungen aus, die eine Darstellung des verlangten Schiffes in den drei Projektionen, als Grundrisse, Längs- und Querschnitte enthalten.

Eine erhebliche Rolle spielen bei diesen Ausarbeitungen die Preise, deren Feststellung große Erfahrung und genaue Kenntnis des Werkes, auf der das Schiff hergestellt werden soll, und seiner Arbeitsweise verlangt. Sind die verlangten Preise zu gering ausgefallen, so arbeitet das Werk mit Verlust, sind sie zu hoch berechnet worden, so wird der Zuschlag nicht erteilt und das Werk muß ohne hinreichende Arbeit sein eingearbeitetes Personal entlassen oder kann sich überhaupt nicht halten. Die Preise regeln sich auch im Schiffbau nach Angebot und Nachfrage. Für die Ausarbeitung der Kostenanschläge ist eine genaue Kenntnis des Weltmarktes für Schiffe erforderlich, ebenso aller Preise für Materialien, Inventarien, der verschiedenen Arbeitslöhne und Akkordlöhne, sowie des Stückpreises der einzelnen Bauteile, die vergeben werden. Über Kostenanschläge wird später noch ausführliche Mitteilung gemacht werden.

Diese Rechnungen werden vorgenommen, nachdem die mathematisch und nach Erfahrungen ermittelten Abmessungen festgelegt und die Zeichnungen fertiggestellt sind. Ist der Auftrag erteilt, dann werden die Bauzeichnungen und die Zeichnungen für alle Bauteile und Einzelheiten des zu erbauenden Schiffes hergestellt, nach denen dann in den Werkstätten, auf dem Helgen und nach dem Ablauf der Bau des Schiffes ausgeführt wird. Alle diese wirklichen Ausführungsarbeiten bei dem Bau des Schiffes werden in dem Abschnitte des „praktischen Schiffbaues“ behandelt, während alle rechnerischen

und zeichnerischen Arbeiten unter der „Theorie des Schiffes“ zusammengefaßt werden.

Die verschiedenen Abmessungen eines Schiffes und seiner Teile werden nach Rechnung und Erfahrung gewählt. Für die Hauptmaße ist es gebräuchlich, bestimmte Bezeichnungen zu wählen.

Schiffbautechnische Begriffe und Bezeichnungen.

Angenommen von der VI. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft.

I. Schiffbautechnische Begriffe.

1. Länge des Schiffes.

- A) Länge über Alles, zu messen: als Entfernung zwischen zwei Loten, die senkrecht zur Schwimmbene durch die äußersten Punkte des Schiffes gelegt werden (Bugsprit, Ruder usw. bleiben unberücksichtigt).
- B) Länge in der Schwimmbene (Länge zwischen den Loten, Konstruktionslänge) zu messen:
1. bei Handelsschiffen in der Höhe der Tiefladelinie (Konstruktionswasserlinie) und zwar:
 - a) bei Eisen- und Stahlschiffen von Hinterkante Vorsteven bis Vorkante Hintersteven.
 - b) bei Schiffen mit Holzhaut von Außenkante Sponung am Hintersteven bis Außenkante Sponung am Vorsteven.
 2. Bei Kriegsschiffen und bei Schiffen ohne Flacheisensteven in der Konstruktionswasserlinie (bzw. Tiefladelinie) und zwar von Hinterkante Hintersteven bis Vorkante Vorsteven.

2. Breite.

- A) Breite über Alles, zu messen: an der breitesten Stelle des Schiffes über Scheuerleiste, Schwalbennester oder sonstigen Ausbauten.
- B) Größte Breite im Schwimmkörper des Schiffes, zu messen: in oder unterhalb der Tiefladelinie bzw. der Konstruktionswasserlinie und zwar:
1. bei Eisen- und Stahlschiffen auf Außenkante Spanten,
 2. bei Schiffen mit Holzhaut auf Außenkante Planken,
 3. bei gepanzerten Schiffen auf Außenkante Panzer.
- C) Größte Breite in der Schwimmbene, zu messen: an der breitesten Stelle der Konstruktionswasserlinie bzw. Tiefladelinie, sonst wie unter B.

3. Tauchtiefe (Konstruktionstiefe).

zu messen: im Hauptspant von der Schwimmbene bis Unterkante Spantwinkel bei Eisen- und Stahlschiffen und bis Außenkante Sponung bei Schiffen mit Holzhaut.

4. Tiefgang.

zu messen: von der Schwimmbene bis Unterkante Kiel oder bis zum tiefsten unter Wasser liegenden Punkte des Längsplans einschließlich Ruder und Propeller. Es ist zu unterscheiden zwischen:

Tiefgang vorn, Tiefgang in der Mitte, Tiefgang hinten.

5. Höhe (Seitenhöhe).

zu messen: auf halber Schiffslänge von der Horizontalen durch Unterkante Spantwinkel bei Eisen- und Stahlschiffen (von Außenkante Sponung bei Schiffen mit Holzhaut) bis Oberkante Decksbalken des obersten durchlaufenden Decks (Hauptdeck bzw. Oberdeck) an der Bordwand.

6. Displacement.

A) Volumen: Das gesamte Volumen des vom Schiffe mit Außenhaut und allen Anhängen verdrängten Wassers; für die Ermittlung des Völligkeitsgrades jedoch zu rechnen ohne Außenhaut und Anhänge bei Eisen- und Stahlschiffen, mit Außenhaut jedoch ohne Anhänge bei Schiffen mit Holzhaut.

(Unter Anhängen sind verstanden: Wellenhosen, Wellenböcke, Wellen außerhalb des Schiffes, Schlingerkiele, Ruder, Propeller und die sonstigen außerhalb der Hauptabmessungen im Wasser liegenden Teile des Schiffes.)

B) Gewicht: Gesamtgewicht des Schiffes ist das Gesamtvolumen des vom Schiff verdrängten Wassers multipliziert mit dem spezifischen Gewicht des Wassers.

(Es ist zu rechnen mit einem spezifischen Gewicht des Flußwassers = 1,000 und des Seewassers = 1,025.)

7. Konstruktions-Wasserlinie

ist die der Konstruktion zu Grunde gelegte Schwimmlinie.

(Die Wasserlinien sind nicht wie bisher von der Konstruktionswasserlinie aus nach unten und oben, sondern von der Unterkante Spantwinkel bzw. Außenkante Sponung im Hauptspant anfangend nach oben zu zählen.)

8. Hauptspant

ist das Spant mit der größten Fläche unterhalb der Tiefladelinie bzw. Konstruktionswasserlinie.

9. Lage der Displacementsschwerpunkte.

Die Längslage der Schwerpunkte ist auf die Senkrechte auf halber Schiffslänge (siehe Nr. 1 B) zu beziehen.

Die Höhenlage ist von der Unterkante im Hauptspant nach oben zu messen.

10. Stabilität.

- A) Statische Stabilität ist gleich dem Moment in geneigter Lage des Schiffes gebildet aus dem Auftrieb bzw. dem Schiffsgewicht und dem Abstände beider Krafrichtungen.
- B) Dynamische Stabilität ist die Arbeit, die zu leisten ist, um ein Schiff überzuneigen.

11. Metazentrum.

- A) der Krümmungsmittelpunkt der Deplacementsschwerpunktskurve (wahres Metazentrum),
- B) der Schnittpunkt der Auftriebsrichtung bei einer Neigung mit der Senkrechten durch den Deplacementsschwerpunkt der Gleichgewichtslage (falsches Metazentrum, jedoch allgemein Metazentrum genannt).

Bei unendlich kleiner Neigung fallen wahres und falsches Metazentrum zusammen und liegen in der Symmetrieebene des Schiffes. Dieser Punkt heißt allgemein Metazentrum und dient zur Bestimmung der Anfangsstabilität.

12. Metazentrische Höhe

ist der Abstand des Breiten- oder Längenmetazentrums über dem Systemschwerpunkt des Schiffes in der Gleichgewichtslage.

13. Freibord

ist die Entfernung des tiefsten Punktes der Oberkante des Oberdecks an Bord über der Tiefladelinie oder der Konstruktionswasserlinie auf halber Schiffslänge.

14. Völligkeitsgrad

- A) des Deplacements ist das Verhältnis des zwischen den Loten liegenden Deplacements (bei eisernen Schiffen auf Spanten, bei Schiffen mit Holzhaut auf Planken und in beiden Fällen ohne Anhänge zu rechnen) und dem umschriebenen Parallelepiped aus der Länge zwischen den Loten, der größten Breite des Schwimmkörpers und der Tauchtiefe bis Unterkante Spantwinkel bzw. Außenkante Sponung im Hauptspant,
- B) der Konstruktionswasserlinie ist das Verhältnis des zwischen den Loten liegenden Flächeninhalts der Konstruktionswasserlinie zum umschriebenen Rechteck aus der Länge zwischen den Loten und der größten Breite der Schwimmebene,
- C) des Hauptspantes ist das Verhältnis der bis zur Tiefladelinie bzw. Konstruktionswasserlinie eingetauchten Fläche des Hauptspantes zum umschriebenen Rechteck aus der größten Breite dieses Spantes in bzw. unterhalb der Tiefladelinie oder Konstruktionswasserlinie und der Tauchtiefe bis Unterkante Spantwinkel bzw. Außenkante Sponung.

15. Maschinenleistung.

Man unterscheidet

1. N_i : die vom Dampf an die Kolben abgegebene Leistung in PS.
2. N_e : die von den Wellenleitungen an die Propeller abgegebene Leistung in PS.
3. N_n : die von den Propellern an das Schiff abgegebene Leistung in PS.

Es ist:

$N_n = N_w + N_p$, d. h. Nutzleistung = Leistung zur Überwindung des Schiffswiderstandes + zusätzlicher Leistung verursacht durch das Arbeiten der Propeller.

II. Leitsätze für die Auswahl der Bezeichnungen.

1. Die Begriffe werden, soweit möglich, durch den ersten Buchstaben des Wortes ausgedrückt. Die historischen Zeichen, welche sich sowohl im Schiffbau als auch in der Mathematik und Mechanik eingebürgert haben, bleiben bestehen.

z. B.: für Durchmesser \varnothing für Schwerpunkt \odot
 „ Hauptspant \boxtimes „ Trägheitsmoment J usw.

2. Die speziellen Begriffe werden durch Hinzufügen eines Index an die Abkürzung des zugehörigen Grundbegriffes charakterisiert.

3. Der Index wird entsprechend der Bezeichnung der Grundbegriffe durch den ersten Buchstaben des Wortes ausgedrückt.

4. Bei 1, 2 und 3 finden das große und das kleine lateinische Alphabet Verwendung, und zwar das große für die Grundbegriffe und das kleine möglichst nur für die Indizes.

5. Das kleine griechische Alphabet dient zur Bezeichnung von Koeffizienten und Winkeln.

III. Bezeichnungen.

A. Allgemeines.

Länge	L	Moment	M
Breite	B	Kraft, Druck	P
Tiefe	T	Spezifischer Druck	p
Höhe	H	Gewicht	G
Umfang	U	Widerstand	W
Durchmesser	$\varnothing D, d$	Arbeit	A
Radius	R, r	Beschleunigung der Schwere .	g
Summe	Σ	Beschleunigung, allgemeine .	a
Areal, Fläche, Querschnitts-		Winkelbeschleunigung	ω
fläche	F, f	Reibungskoeffizient	μ
Inhalt, Volumen	V, v	Spezifisches Gewicht	γ
Schwerpunkt	\odot		

B. Schiffskörper.

a) Allgemeine Abkürzungen.

Konstruktionswasserlinie	<i>CWL</i>	Hauptspant	⊗
Wasserlinie	<i>WL</i>	Hinteres Perpendikel	<i>HP</i>
Spant	<i>Spt</i>	Vorderes „	<i>VP</i>

b) Länge.

Länge zwischen den Perpendikeln bzw. in der Konstruktionswasserlinie.

(Konstruktionslänge)	<i>L</i>
„ des Vorschiffes	<i>L_v</i>
„ über Alles	<i>L_{max}</i>
„ des Mittelschiffes	<i>L_m</i>
„ des Hinterschiffes	<i>L_h</i>

c) Breite.

Breite, größte auf Spanten bei Eisenschiffen oder Planken bei Schiffen mit Holzhaut in bzw. unterhalb der Tief-ladelinie oder Konstruktionswasserlinie

.	<i>B</i>
„ größte über Wasser	<i>B_{max}</i>
„ auf Hölzern	<i>B_h</i>
„ „ Panzer	<i>B_p</i>
„ „ Außenhaut	<i>B_a</i>

d) Tauchtiefe und Tiefgang.

Tauchtiefe (Konstruktions- tiefe)	<i>T</i>	Tiefgang größter	<i>Tg_{max}</i>
Tiefgang	<i>Tg</i>	„ vorn	<i>Tg_v</i>
		„ hinten	<i>Tg_h</i>
		„ mittlerer	<i>Tg_m</i>

e) Höhe und Freibord.

Höhe (Seitenhöhe)	<i>H</i>
Raumtiefe	<i>RT</i>
Freibord	<i>F_b</i>

f) Displacement.

Volumendisplacement, gesamtes (Wasserverdrängung) in cbm.	<i>V_Σ</i>
Gewichtsdisplacement, gesamtes in Tonnen	<i>D_Σ</i>
Displacement (Wasserverdrängung) auf Spanten oder Planken.	<i>V</i>
„ der Außenhaut oder Holzhaut	<i>V_h</i>
„ der Anhänge	<i>V_a</i>

$$V_{\Sigma} = V + V_a + V_h$$

$$D_{\Sigma} = \gamma V_{\Sigma} = \gamma(V + V_h + V_a)$$

„ auf Außenhaut (Planken)	<i>V_p</i> oder <i>D_p</i>
„ normales	<i>V_n</i> oder <i>D_n</i>

g) Fläche.

Fläche der Konstruktionswasserlinie	CWL	Fläche des Längsplanes	F_i
Fläche der Wasserlinie	WL	„ „ Ruders	F_r
„ des Spantes	Spt	„ der Segel	F_s
Fläche „ Hauptspantes	\boxtimes	„ „ benetzten Oberfläche	Ω

h) Völligkeitsgrad und Koeffizient.

Völligkeitsgrad des Displacements (V)	δ
„ der Wasserlinie	α
„ des Hauptspantes	β
„ der Spantflächenskala	$\varphi = \delta/\beta$
„ der Schwimmflächenskala	$\lambda = \delta/\alpha$
$\frac{\delta}{\alpha \cdot \beta}$	\varkappa
Koeffizient in der französischen N_i -Formel $\sqrt[3]{\frac{V^3 \boxtimes}{N_i}}$	m
„ „ „ englischen N_i -Formel $\frac{V^3 D^{2/3}}{N_i}$	C_i

i) Schwerpunkt.

Displacementsschwerpunkt	$D \odot$ oder F
System- oder Gewichtsschwerpunkt	$G \odot$ oder G
Schwerpunkt der Konstruktionswasserlinie	$CWL \odot$
„ „ Wasserlinie	$WL \odot$
„ des Längsplanes	$L \odot$
„ „ Ruders	$R \odot$
„ „ Segelsystems	$S \odot$

k) Druck.

Ruderdruck	P_r
Segeldruck	P_s

l) Moment und Hebelsarm.

Trimmoment	M_i
Rudermoment	M_r
Segelmoment	M_s
Längenträgheitsmoment der Wasserlinie	J_i
Breitenträgheitsmoment „ „	J_b
Moment der statischen Stabilität	M_{st}
Hebelsarm der statischen Stabilität	h

m) Metazentrum.

Längenmetazentrum	M_l
Breitenmetazentrum	M_b
Längenmetazentrum über Systemschwerpunkt	$\overline{M_l G}$
„ „ „ Deplacementsschwerpunkt	$\overline{M_l F}$
Breitenmetazentrum „ Systemschwerpunkt.	$\overline{M_b G}$
„ „ „ Deplacementsschwerpunkt	$\overline{M_b F}$

n) Gewicht.

Gewicht, gesamtes, des Schiffes	G_Σ
„ des Schiffskörpers	G_s
„ „ Panzers	G_p
„ der Armierung	G_a
„ „ Maschinenanlage	G_m
„ „ Kohlen, normal	G_k
„ „ gesamten Kohlenzuladung	$G_{\Sigma k}$
„ „ Ausrüstung	G_{au}
Gewichtsreserve	G_r

$$\left(\begin{array}{c} \text{für Kriegsschiffe} \\ G_\Sigma = G_s + G_p + G_a + G_m + G_k + G_{au} + G_r \\ \text{für Handelsschiffe} \\ G_\Sigma = G_s + G_m + G_k + G_t. \end{array} \right)$$

o) Winkel.

Krängungswinkel	φ
Trimmungswinkel.	ι

p) Schiffswiderstand und Geschwindigkeit.

	Schiff	Modell
Gesamtwiderstand	W_Σ	w_Σ
Schiffswiderstand	W	w
Reibungswiderstand	W_r	w_r
Formwiderstand (Wirbel und Wellen bildender Widerstand).	W_f	w_f
Luftwiderstand	W_l	w_l
Widerstände der Anhänge	W_a	w_a
Propellerwiderstand	W_p	w_p

$$W = W_r + W_f + W_a + W_l$$

$$w = w_r + w_f + w_l + w_a$$

$$W_\Sigma = W + W_p = W_r + W_f + W_l + W_a + W_p$$

$$w_\Sigma = w + w_p = w_r + w_f + w_l + w_a + w_p.$$

Widerstandsarbeit in mkg	A_w
„ „ PS.	N_w
Maschinenleistung in PS.	N
Nutzleistung der Maschinen in PS.	N_e
Indizierte Maschinenleistung in PS.	N_i
Wirkungsgrad der Maschine $\frac{N_e}{N_i}$	η_m
Wirkungsgrad der Propeller $\frac{N_w}{N_i}$	η_p
Gesamtwirkungsgrad der maschinellen Anlage $\eta_m \times \eta_p$	η
Wirkungsgrad (für Modellschleppversuche)	ε
Geschwindigkeit in Knoten/Std. des Schiffes	V
„ „ Meter/Sek. des Schiffes	v

C. Maschinen und Kessel.

a) Maschine.

Zylinder	C	Kolbenhub	h
Receiver	R	Kolbenfläche	F_H, F_M, F_N
Hochdruck	H	Kolbengeschwindigkeit	c
Mitteldruck	M	Dampfdruck	p
Niederdruck	N	„ mittlerertheo-	
Hochdruckzylinder	HC	retischer	p_m
Mitteldruckzylinder	MC	„ mittlererindi-	
bei vierzylindrischen Ma-		zierter	p_i
schinen		Füllungsgrad	ε
erster Mitteldruckzylinder	MC_I	Völligkeitsgrad des Dia-	
zweiter Mitteldruckzylind-		gramms	$\frac{P_i}{p_m} \dots \dots \alpha$
der	MC_{II}	Kondensatorspannung.	p_c
Niederdruckzylinder	NC		
Zylinder-Durchmesser D_H, D_M, D_N			

b) Kessel.

Heizfläche eines Kessels	H	Rostfläche aller Kessel	R_Σ
„ „ aller Kessel	H_Σ	Kesselspannung	p_k
Rostfläche eines Kessels	R		

D. Propeller.

Schraubendurchmesser	D oder \varnothing
Schraubensteigung	H
Abgewickelte Schraubenfläche	F_a
Projizierte Schraubenfläche	F_p
Schraubenkreisfläche	F_d
Schraubenschub	S

Deplacement:		Tonnengehalt:			
		Schiffsvermessung in Rgt		Schiffsvermessung in cbm u. t	
		Brutto	Netto	Brutto	Netto
S. M. S. „Kaiser Wilhelm II.“	11152 t 10933 cbm	6664 Rgt	3356 Rgt	18872 cbm 19250 t	9504 cbm 9694 t
Passagierdampfer „Prinz Heinrich“	11550 t 11324 cbm	6263 Rgt	3902 Rgt	17737 cbm 18180 t	11050 cbm 11326 t

Die ersten Überlegungen für den Entwurf eines Schiffes beziehen sich darauf, seine Wasserverdrängung, welche nach dem archimedischen Prinzip gleich dem Gesamtgewicht des Schiffes ist, zu bestimmen.

Des historischen Interesses wegen sind die vier Sätze des Archimedes, die sich auf Hydrostatik beziehen, wie folgt, beigegeben:

I. Jeder feste Körper, welcher leichter ist als eine Flüssigkeit, sinkt in diese eingetaucht, so tief, daß die Masse der Flüssigkeit, welche so groß ist, wie der eingesunkene Teil, ebenso viel wiegt wie der ganze Körper.

II. Wenn Körper, die leichter als eine Flüssigkeit sind, in diese eingetaucht werden, so erheben sie sich wieder mit einer solchen Kraft, wie eine Masse Flüssigkeit von der Größe des Körpers schwerer ist, als der Körper selbst.

III. Feste Körper, welche, schwerer als eine Flüssigkeit, in diese eingetaucht werden, sinken, solange sie noch tiefer kommen können, und werden in der Flüssigkeit um soviel leichter, als das Gewicht einer Masse Flüssigkeit von der Größe der eingetauchten Körper beträgt.

IV. Wenn ein Körper, leichter als eine Flüssigkeit, in diese eingetaucht wird, so verhält sich sein Gewicht zu dem einer gleich großen Masse Flüssigkeit wie der eingesunkene Teil des Körpers zu dem ganzen Körper.

Das Gewicht der Wassermenge also, welche das fertige Schiff mit allem, was sich darauf befinden soll, verdrängt, muß mit dem Gesamtgewicht des Schiffes übereinstimmen. Der Rauminhalt des verdrängten Wassers, d. h. der Raum des Schiffsrumpfes in Kubikmeter bis zur Wasserlinie, bis zu der das Schiff eintaucht, ergibt auch das Schiffsgewicht in metrischen Tonnen, in der Annahme, daß das Schiff in Wasser vom spezifischen Gewicht = 1, also theoretisch in destilliertem Wasser von + 4° C. schwimmen würde. Das spezifische Gewicht des Seewassers ist höher z. B. im Mittel in der Nord-

see 1,025, in der Ostsee bei Kiel 1,018, in der Ostsee bei Danzig 1,008, so daß darin die Schiffe weniger tief eintauchen, als im Süßwasser.

1 Tonne = 1000 kg = Gewicht eines Kubikmeters Süßwassers.

1 Ton engl. = 1016,05 kg = 2240 Pfd. engl. (lbs) = Gewicht von 35 cbfuß engl. Seewasser = 36 cbfuß engl. Süßwasser.

1 cbfuß engl. Seewasser = 64,05 Pfd. engl. = $\frac{1}{35}$ t = 0,0286 t.

1 cbfuß engl. Süßwasser = 62,4 Pfd. engl. = $\frac{1}{36}$ ton = 0,0279 t.

V. Totes Gewicht und nützliche Zuladung.

Man unterscheidet ungeladenes Deplacement, welches die Wasserverdrängung des leeren Schiffes (des toten Gewichtes) angibt, und geladenes Deplacement, welches die Wasserverdrängung des voll befrachteten Schiffes bildet. Der Unterschied beider ist die nützliche Zuladung oder die Tragfähigkeit der Schiffe. Bei Handelsschiffen beträgt dieser nutzbare Unterschied der beiden Wasserverdrängungen die Ladung für Frachtgüter, das Gewicht der Passagiere mit Gepäck, Proviant usw.; bei Kriegsschiffen das Gewicht für die Offensiv- und Defensivwaffen.

VI. Deplacement und Einzelgewichte.

Das Deplacement setzt sich aus den folgenden Einzelgewichten zusammen:

1. Totes Gewicht:

- a) für den Schiffskörper mit fester innerer Deckseinrichtung (inkl. Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Ballast);
- b) für Maschine, Kessel mit Kesselwasser und Zubehör, Propeller, Schraube, Räder usw.;
- c) für Heizvorräte;
- d) für Ausrüstung aus Inventar*) und Material**);
- e) für Mannschaften mit Bedürfnissen;
- f) für Bemastung, Takelung, Segel, Tauwerk, Rundhölzer und Ersatzteile.

*) Inventarien sind:

Boote mit Zubehör, Anker, Ketten, Trossen, Leinen, Werkzeuge, lose Möbel, Öfen, Pumpen, Tanks, Geräte usw.

Auf Kriegsschiffen wird das Inventar in den Etats eingeteilt in:

Bootsmanns-Inventar
 Navigations- „
 Zimmermanns- „
 Verwalter- „
 Maschinen- „
 Artillerie- und
 Torpedo- „

**) Materialien sind:

Farbe, Öl, Holz, Metalle, Sand, Zement, Linoleum, Seife usw.

Auf Kriegsschiffen umfaßt das Material in den Etats:

Brennmaterial,
 Öle, Fette, Farben,
 Tauwerk,
 Eisen, Kupfer, Messing,
 Glas, Gummi, Metallwaren,
 Wischbaumwolle, Werg, Nutzholz.

2. Nützliche Zuladung.

Nützliche Zuladung für Handelsschiffe:	Nützliche Zuladung für Kriegsschiffe:
g) Gewicht der Güter.	g) Gewicht der Panzerung, des Panzerdecks, der Kofferdämme.
h) Gewicht der Passagiere mit Gepäck und Lebensmitteln (Wasch- und Trinkwasser).	h) Gewicht der Bewaffnung mit Munition, Gewicht der Torpedoarmierung mit Torpedos und zur Bewaffnung gehörige Geräte.

3. Allgemeines.

Es ist die Hauptaufgabe des Konstrukteurs, unter Wahrung der allgemeinen Anforderungen, die besonderen Bedingungen so zu erfüllen, daß sowohl bei Kriegsschiffen wie bei Handelsschiffen für die nützliche Zuladung (den Zwecken der Schiffe entsprechend), möglichst viel Gewicht zur Verfügung steht und die Gesamtverdrängung unter Erfüllung aller Anforderungen möglichst klein wird.

Um nun (nach der Stellung der Aufgabe, ein Schiff für bestimmte Zwecke zu entwerfen), die notwendige Gesamtwasserverdrängung für ein zu entwerfendes Schiff festzulegen, stellt man die Einzelgewichte fest und benutzt die Erfahrungsangaben für schon ausgeführte Schiffe. Das Gewicht des leeren Schiffskörpers wird für den ersten Entwurf nach Erfahrungswerten in Prozenten vom Gesamtgewicht des Schiffes (bei Kriegsschiffen die Regel) oder als Bruchteil eines Produktes der Hauptabmessungen, Länge mal Breite mal Höhe des Schiffes angenommen. Die Erfahrungskoeffizienten für diesen letzteren Wert lassen sich nur für Schiffe von ähnlicher Bauart und gleicher Bauklasse anwenden.

4. Schiffskörpergewichte

in Prozenten des Gesamtgewichtes.

Stählerne Handelsschiffe	30—35%	Schnelldampfer (Truppentransportdampfer)	48—52%
Größere Passagierdampfer	35—45%	Linienschiffe	30—35%
Hölzerne Schiffe	40—45%	Kreuzer	30—40%
Yachten	30—35%	Torpedoboote	28—32%

5. Schiffseigengewicht

in Teilen von L.B.H

Seegehende Schiffe

(1. Kl. nach Lloyd und Veritas)	180—220 LBH	kg
Kleinere Schiffe	135—150	„ „
Eisbrecher und Schlepper	200—230	„ „

Flußdampfer	150—155 LBH kg
Linienfahrer	130—150 „ „
Kreuzer	130—180 „ „
Torpedoboote	95—105 „ „
Hölzerne Schiffe	140—160 „ „
Yachten	100—125 „ „

Der Schwerpunkt des Schiffskörpers wird für die ersten Annahmen auf $\frac{1}{3}$ —0,4 H von oben geschätzt, der Länge nach bis 0,6 m hinter der Mitte der Länge des Schiffes zwischen den Perpendikeln.

Nachdem der erste Linienentwurf unter vorstehenden Annahmen gezeichnet ist, werden die Einrichtungszeichnungen und die Bauteile entworfen und aufgemessen. Es werden die Gewichte der Einzelteile nach Längen, Flächen oder Rauminhalten errechnet.

6. Eigengewichte von Schiffbaurohmaterialien.

Stahl	7860 kg/cbm	Teakholz	900 kg/cbm
Nickelstahl	8000 „ „	Eiche	800 „ „
Gußeisen	7250 „ „	Rüster	700 „ „
Schweißeisen	7800 „ „	Mahagoni	650 „ „
Flußeisen	7850 „ „	Kiefer	650 „ „
Kupfer	8900 „ „	Tanne u. Lärche	600 „ „
Messing	8550 „ „	Fichte	550 „ „
Bronze	8600 „ „	Pitchpine	720 „ „
Zink	7200 „ „	Oregonpine	600 „ „
Aluminium	2600 „ „	Yellowpine	550 „ „
Blei	11370 „ „	Kork	240 „ „

7. Gruppenzusammenstellung.

Die Gewichte der Einzelteile zerfallen in Gruppen und zwar:
Eiserne oder stählerne (flußeiserne) Schiffskörper.

1. Platten, Winkel und Balken.
2. Nieten, Schrauben und Bolzen.
3. Guß- und Schmiedestücke.
4. Beschläge.
5. Holz- und Tischlerarbeiten.
6. Farbe, Werg, Gummi, Teer, Filz, Glas, Leder usw.
7. Panzerplatten.

Hölzerne Schiffe:

1. Planken, Krummhölzer und Balken.
2. Beschläge.
3. Holz- und Tischlerarbeiten.
4. Wie zu 6 unter eiserne Schiffe.

8. Gewicht der Bauteile des Schiffskörpers.

Eisenanstrich in gr/qm	I. Anstrich.	II. Anstr.	III. Anstr.
Bleimennige	136	152	140
Eisenmennige	120	112	103
Bleiweiß	—	87	63
Zinkweiß	—	83	50
Ölfarbe	—	25	32

Holzanstrich in gr/qm	I. Anstrich.	II. Anstr.	III. Anstr.
Grundfarbe	80	—	—
Mastenanstrich	110	84	74
Bleiweiß	—	105	90
Zinkweiß	—	95	85
Ölfarbe	—	22	28

Für angenäherte Rechnungen und zur Kontrolle von Gewichtsberechnungen können die folgenden Angaben benutzt werden.

Die Außenhautfläche erhält man durch Multiplikation des mittleren Spantenumfangs mit 1,015 bis 1,03 L. Das Gewicht der Beplattung also erzielt man aus der Multiplikation der Dicke der Außenhaut, der Fläche und dem spezifischen Gewicht des Materials.

Der mittlere Spantenumfang beträgt das 0,9—0,92 fache des Umfangs des Hauptspantes.

Das Gewicht der Spanten ergibt sich aus ihrer Anzahl mal Gewicht des Hauptspantgewichts \times 0,9 bis 0,92. Das Gewicht der Balken ergibt sich aus ihrer Länge mal Einheitsgewicht (zu entnehmen aus den Profilbüchern der Walzwerke) vermehrt um ca. 8 bis 12% für Balkenknäe.

Von der Decksfläche zieht man größere Öffnungen ab, kleine läßt man unberücksichtigt.

Überlappungen und Stoßbleche werden nach den Vorschriften der Klassifikationsgesellschaft genauer berücksichtigt. Ungefähr ergeben Unterlegstreifen 3% des Plattengewichtes, die Überlappungen 6—7% des Plattengewichtes, die Nietköpfe $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ % vom Gesamtgewicht. Die Holzbefestigungen betragen ungefähr 3% vom Holzgewicht. 1 qm Kammerschott einschl. Tür sowohl für Holz als für Stahlblech ($1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ mm dick) wiegt 25—28 kg.

9. Gewicht von Maschinen, Kessel und Propellern.

Das Maschinengewicht hängt ab von der Art der gewählten Maschinen und Kessel. Das Gewicht der Maschinen wird in der ersten Annahme pro P*S*i angenommen. Unter P*S*i versteht man den gesamten Dampfdruck (in kg) auf die Kolbenfläche (in qm) mal Kolbengeschwindigkeit (in m pro Sekunde) dividiert durch 75.

Die Anzahl der Pferdestärken wird überschlägich, unter Vorbehalt der späteren genauen Widerstandsberechnung, meist nach der französischen Formel bestimmt:

$$PSi = \frac{v^3 \boxtimes}{m^3},$$

worin v = die Geschwindigkeit in kn pro Stunde, \boxtimes = das Hauptspantareal in qm, m einen Koeffizienten bedeutet, der zwischen 3,4—4 (siehe Widerstandsrechnung) liegt. Bei abnormen Schiffen ist der Koeffizient höher und geringer, bei sehr kleinen Schraubenschiffen, Barkassen, Schleppern usw. ist $m = 2,5-3$.

Das Maschinengewicht, einschließlich des Gewichtes für Kessel mit Wasser, Propeller, Hilfsmaschinen und Apparaten, Rohrleitungen, Flurplatten in den Maschinen- und Kesselräumen, Rauchfänge, Schornsteine, elektrische Lichtanlage, ist pro PSi im Mittel:

für Kriegsschiffe:	125 kg mit Zylinderkesseln,
	90 bis 110 kg mit gemischten Kesseln,
	60 „ 75 kg mit Wasserrohrkesseln,
für Torpedoboote:	35 „ 75 kg mit Lokomotivkesseln,
	25 „ 30 kg mit Wasserrohrkesseln.

Für Handelsschiffe mit Zylinderkesseln ohne Forcierung geht das Gewicht bis 240 kg pro PSi.

Für Schnelldampfer	160—200 kg,
„ Frachtdampfer	190—220 „

Die Gewichte der Maschinen und Kessel verteilen sich bei Schraubenschiffen ungefähr wie folgt:

auf die Maschine	37%
„ „ Kessel mit Wasser	56%
„ „ Wellenleitung	5%
„ „ Schraube	2%

Das Gesamtgewicht der Maschine mit allem vorerwähnten Zubehör verteilt sich:

auf die Maschine	43%
(mit Hilfsmaschinen, Apparaten, Rohrleitungen, elektrischer Lichtanlage, Flurplatten im Maschinenraum);	
auf die Kesselanlage	50%
(mit Rauchfängen, Schornsteinen, Flurplatten in den Heizräumen);	
auf die Wellenleitung und Propeller	7%

Die Schwerpunkte nimmt man bei zylindrischen Kesseln auf etwa 0,6 von der ganzen Kesselhöhe an, den der Maschinen ungefähr im höchsten Punkte des Kurbelkreises.

Das Gewicht der Hilfsmaschinen schließt man in der Regel mit in das Gewicht der Hauptmaschinen ein. Es beträgt (inkl. der elektrischen Anlage):

für ein Linienschiff	etwa	220 t
„ einen Panzerkreuzer	„	190 „
„ einen kleinen Kreuzer	„	70 „
„ ein Kanonenboot	„	40 „
„ einen Schnelldampfer	„	110 „

Für einen Frachtdampfer ist das Gewicht sehr verschieden von 10 bis 90 t, je nach Größe und Zweck des Fahrzeuges.

10. Gewicht des Heizmaterials.

Das Gewicht des Heizmaterials bestimmt sich nach dem Kohlenverbrauch pro PSi und Stunde und nach der Größe der Dampfstrecke (Aktionsradius), die zurückgelegt werden soll, und die gewöhnlich für die Marschgeschwindigkeit von 10–12 kn (1 kn = 1,852 km) in der Stunde berechnet wird. Bei Handelsschiffen wird die Dampfstrecke für die Höchstleistung berechnet.

Der Kohlenverbrauch pro PSi und Stunde schwankt zwischen 0,65–1 kg. Für Kriegsschiffe beträgt er im Durchschnitt inkl. Hilfsmaschinen 0,9 kg, bei reduzierter Maschinenleistung 1,2–1,3 kg. Alte Niederdruckmaschinen verbrauchten 2,4–3 kg, Compoundmaschinen 1,1–1,8 kg pro PSi und Stunde.

1 t Kohlen braucht einen Raum von 1,2–1,3 cbm oder 1 cbm faßt 800–820 kg Kohlen. Geringste zulässige Bunkerbreite 1 m. Durchmesser (\varnothing) der Kohlenlöcher min. 400 mm.

11. Gewicht der Bemastung und Takelage.

Das Gewicht der Bemastung und Takelage ist nur bei Segelschiffen von erheblichem Belang und kann hier pro qm Segelfläche mit etwa 23–67 kg bei Segelflächen von 400–3000 qm angenommen werden und zwar so, daß auf diesem Zwischenraum das Gewicht für den qm entsprechend wächst, da das Gewicht der Segelfläche mit der Größe zunimmt.

VII. Formgebung.

Die Größe der Wasserverdrängung wird nach den Hauptabmessungen bestimmt, so daß die Einzelgewichte auf das Gesamtgewicht, das im Displacement des Projektes verrechnet ist, verteilt werden können.

Zur Festlegung der Formen des Schiffes neben der Berücksichtigung des Zweckes des Schiffes, welches auf seine Form erfahrungsgemäßen Einfluß hat, dienen die Verhältnisse der Hauptmaße zueinander, die Völligkeitsgrade des Hauptspantes, der oberen Wasserlinie,

der Wasserverdrängung (des Displacements) und schließlich die danach entsprechend angefertigten Linienzeichnungen in den drei Projektionen des Spantenrisses, des Wasserlinienrisses und des Längsrisses, in denen mit Hilfe bestimmter Rechnungen, der Displacementsrechnungen, die Wasserverdrängung festgelegt wird.

L : B

Dieses Verhältnis der Länge zur Breite ist für die einzelnen Schiffarten sehr verschieden. Es beeinflusst die Geschwindigkeit insofern, als langen schmalen Schiffen schärfere Linien gegeben werden können, als kurzen und breiten. Schiffe, von denen hohe Stabilität und große Manövrierfähigkeit verlangt wird, dürfen ebenfalls nicht zu lang sein im Verhältnis zur Breite. Sehr lange Schiffe müssen in ihren Verbänden stärker hergestellt werden, wodurch die Gewichte für den Schiffkörper und die Baukosten wachsen.

1. Hauptabmessungen.

Für Kriegsschiffe:

Linienschiffe	$L : B = 4$	bis	6
Kreuzer	$L : B = 5$	"	8,4
Torpedoboote	$L : B = 8$	"	10

Für Dampfer:

Schnelldampfer	$L : B = 7,9$	"	9,5
Frachtdampfer	$L : B = 6,5$	"	8,5
Flußraddampfer	$L : B = 7$	"	9
Schnellflußraddampfer	$L : B = 10$	"	20
Schleppdampfer	$L : B = 4$	"	6
Fischdampfer	$L : B = 4,5$	"	5
Dampffähren	$L : B = 2,5$	"	3

Für Segelschiffe:

Eiserne Vollschiiffe, Barken usw.	$L : B = 6,2$	bis	6,3
Eiserne Viermaster	$L : B = 6,6$	"	6,8
Größere hölzerne Segelschiffe	$L : B = 4,5$	"	6,25
Kleinere " "	$L : B = 3$	"	5,8
Yachten	$L : B = 2$	"	3.

T : B.

Das Verhältnis der Tiefe zur Breite beeinflusst die Stabilität, da zu großer Tiefgang im Verhältnis zur Breite ungenügende Stabilität zur Folge hat, die für solche Schiffe zwingt, um aufrecht schwimmend erhalten zu werden, Wasserballast im doppelten Boden, in besonderen Tanks oder festen Ballast vorzusehen. Gebräuchliche Werte sind:

Für Kriegsschiffe:

Linienschiffe	$T : B = 0,3$ bis 0,5
Kreuzer	$T : B = 0,35$ „ 0,45
Torpedoboote	$T : B = 0,22$ „ 0,3

Für Dampfer:

Schnelldampfer	$T : B = 0,35$ „ 0,43
Frachtdampfer	$T : B = 0,45$ „ 0,54
Schnelle Flußraddampfer	$T : B = 0,13$ „ 0,14
Flußraddampfer	$T : B = 0,11$ „ 0,13
Schleppdampfer	$T : B = 0,2$ „ 0,4
Fischdampfer	$T : B = 0,48$.

Für Segelschiffe:

Eiserne Viermaster	$T : B = 0,49$
Eiserne Vollschiffe	$T : B = 0,49$ bis 0,5
Eiserne Barken	$T : B = 0,51$ „ 0,53
Größere hölzerne Schiffe	$T : B = 0,38$ „ 0,47
Kleinere „ „	$T : B = 0,25$ „ 0,43
Yachten	$T : B =$ bis 0,8.

2. Völligkeitsgrade.

Bei Dampfschiffen liegt das Hauptspant mittschiffs, bei Segelschiffen in der Regel vor der Mitte. Mit β bezeichnet man das Verhältnis des Hauptspantes mit dem ihm umschriebenen Rechteck.

Völligkeitsgrad $\beta = \frac{\text{Areal des Hauptspantes } (\infty)}{B \times T}$ liegt für normale Formen in den Grenzen von 0,8 bis 0,95. Die Hauptspantfläche ist ein Wert, auf dem sich die angenäherte Ermittlung des Schiffswiderstandes der Maschinenleistung stützt.

Die obere Wasserlinie *CWL* (Konstruktionswasserlinie) ist die Schnittfläche der Schwimmebene mit dem Schiffskörper. Ihre Form ist maßgebend für die Geschwindigkeit und die Stabilität. Mit α bezeichnet man das Verhältnis der Fläche der Schwimmebene mit dem umschriebenen Rechteck aus Länge mal Breite. Völligkeitsgrad der oberen Wasserlinie $\alpha = \frac{CWL}{L \times B}$. Der Wert von α liegt meistens zwischen 0,7—0,8 für gebräuchliche Fahrzeuge.

Als Maßstab für die Art der Schiffsförm unter Wasser dient der Displacementskoeffizient oder der Völligkeitsgrad der Wasserverdrängung. Es ist der in Dezimalen ausgedrückte Bruchteil der Wasserverdrängung zu dem dem Schiffe umschriebenen Parallelepipedon aus Länge, Breite und Tiefe.

Nach Normand gilt für die gebräuchlichsten Schiffsförm:

$$\alpha = \frac{\delta}{\alpha \times \beta} = 0,85 \text{ bis } 0,87.$$

3. Koeffizienten:

	δ	α	β
Kriegsschiffe:			
Linienschiffe	0,63	0,80	0,88
Kreuzer	0,5 bis 0,56	0,64 bis 0,73	0,8 bis 0,86
Torpedoboote	0,45	0,68	0,76
Dampfer:			
Schnelldampfer	0,58 „ 0,63	0,78 „ 0,81	0,89 „ 0,92
Frachtdampfer	0,66 „ 0,73	0,82 „ 0,87	0,9 „ 0,96
Schleppdampfer	0,5 „ 0,6	0,8 „ 0,85	0,75 „ 0,8
Segelschiffe:			
Vollschiffe u. Barken	0,65 „ 0,67	0,78 „ 0,85	0,89 „ 0,93
Briggs u. Schoner	0,52 „ 0,55	0,77 „ 0,83	0,74 „ 0,82
Kutter	0,5	0,74	0,75
Yachten	0,35	0,67	0,61

4. Schiffsumrisse.

Für die Formgebung ist außerdem ein Längsschnitt, der die äußere Form des Vor- (Bugs) und Hinterstevens (Hecks), des Verlaufes des Kiels und der Decks zeigt, maßgebend.

Die das Schiff nach oben begrenzenden Decks- und Reelinglinien bestehen in geschwungenen Linien, die vorn höher als hinten von mittschiffs aus ansteigen. Der tiefste Punkt liegt meist auf $\frac{5}{8}$ der Länge von vorn. Die Erhebung dieser Linie heißt der Sprung und beträgt 0,025—0,0175 der Schiffslänge vorn, und 0,0125—0,015 der Schiffslänge hinten.

Eine Wölbung wird aber auch für den Abschluß querschiffs als obere Begrenzung der Spanten gewählt, wodurch die sogenannte Decksbucht gebildet wird. Dieselbe beträgt etwa $\frac{1}{50}$ der jeweiligen Spantbreite. (Im \boxtimes beträgt sie $\frac{1}{50}$ der Breite, d. h. in der Mitte liegt die Linie $\frac{1}{50}$ höher als an den Seiten und nimmt entsprechend den schmalen werdenden Spanten um $\frac{1}{50}$ der jeweiligen Spantbreite ab.)

Für die Formgebung, für die Schwimmlage und die Stabilität ist noch von Einfluß der Schwerpunkt des Displacements; derselbe liegt zwischen 0,32—0,45 T unter CWL und (der Länge nach) bis 0,15 L hinter der Mitte des Schiffes.

5. Annäherungsformeln.

Der berühmte französische Schiffskonstrukteur Normand hat eine Reihe Annäherungsformeln nach ausgeführten Schiffen, die sich besonders gut bewährt haben, errechnet. Diese Annäherungsformeln eignen sich vorzüglich zur überschläglichen Ermittlung von Konstruktions-

daten, die dem zu entwerfenden Schiffe gute Seeigenschaften, genügende Stabilität und günstige Formen sichern.

$$D \text{ in cbm} = 0,87 \cdot \left(\frac{\alpha \times CWL}{B} \right)$$

und hieraus:

$$CWL = 1,15 \times \frac{D \times B}{\alpha} \quad \text{oder} \quad \alpha = 1,15 \frac{D \times B}{CWL}$$

$$\odot \text{ unter } CWL = \left(0,1 + 0,36 \frac{\alpha}{B \times T} \right) T$$

$$\text{oder} = (0,1 + 0,36\beta), \quad \text{oder besser} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{T}{2} + \frac{D}{CWL} \right).$$

⊙ hinter Mitte Schiff = $0,45 \left(\frac{D_h - D_v}{\alpha} \right)$, worin D_h das Volumen des Hinterschiffs, D_v das Volumen des Vorderschiffs bedeutet.

Die Lage des Metazentrums bezogen auf den Displacementschwerpunkt (F) für das Breitenmetazentrum:

$$MF = \left[0,008 + 0,0745 \left(\frac{CWL}{L \times B} \right)^3 \right] \times \frac{L^3 B}{D}$$

oder

$$MF = \frac{B^3 \times L}{D} (0,008 + 0,0745 \alpha^2)$$

$$\text{oder Klammerwert} \times \frac{B^3}{T \times \delta}$$

Für das Längenmetazentrum:

$$M_l F = \left(0,008 + 0,077 \left(\frac{CWL}{L \times D} \right)^3 \right) \times \frac{L^3 B}{D}$$

oder

$$M_l F = \frac{L^3 \times B}{D} = (0,008 + 0,077^3)$$

$$\text{oder Klammerwert} \times \frac{L^3}{T \times \delta}$$

Nachdem mit Hilfe dieser Werte der erste Entwurf festgelegt ist, werden genaue Rechnungen für Displacement, Stabilität, Schiffswiderstand, Festigkeit der Schiffsverbände und Gewichtsverteilung angestellt.

6. Gewichtsberechnung und Kostenanschlag.

Die Gewichtsberechnung wird meist mit dem Kostenanschlag zusammen aufgestellt. Der Preis pro Tonne Wasserverdrängung beträgt für neuere Fahrzeuge:

	Preis pr. Tonne inkl. Panzer Artillerie usw.	Kosten pro 1000 kg Maschinengew.	Preis pro PSi.
Linien-schiffe	1850 <i>ℳ</i>	1800 bis 2200 <i>ℳ</i>	150 bis 170 <i>ℳ</i>
Kreuzer	1750 "	1900 " 2400 "	120 " 160 "
Torpedoboote	2500 "	2000 " 2300 "	120 " 150 "
Schnelldampfer	500 bis 650 "	1000 " 1900 "	180 " 200 "
Frachtdampfer mit Passagiereinrichtung	300 " 400 "	700 " 900 "	160 " 190 "
Frachtdampfer	180 " 250 " meist 200 <i>ℳ</i> .	650 " 800 "	150 " 170 "

Bei den Kostenanschlägen werden die Preise für die Materialien, Löhne und Betriebskosten getrennt aufgestellt. (Die Privatwerften rechnen dann ihren Gewinnzuschlag noch hinzu.)

(Die Berechnungen des Gewichts und der Kosten werden nach Gruppen vorgenommen, deren wichtigste bereits auf Seite 129 aufgeführt wurden.)

Jeder größere Bauteil wird nun auf Grund der vorliegenden Zeichnungen bezüglich seines Gewichtes und seiner Lage festgestellt. Es werden auf diese Weise Platten, Winkel, Profilstähle, Gußstücke usw. (nach den vorhandenen Angaben, wieviel die Einheit des Materials wiegt) berechnet, unter Berücksichtigung der spezifischen Gewichte der betreffenden Materialien. Die Schwerpunktslage jedes Stückes wird vom hinteren Perpendikel oder von Mitte Schiff und der Höhe nach von der *CWL* oder dem Kiel gemessen; alsdann wird das Moment aus Gewicht mal Hebelarm gebildet und durch Division der Summe der Momente durch die Summe der Gewichte die Lage des Systemschwerpunktes (*G*, also des Schwerpunktes des Gesamtschiffsgewichtes) der Länge und der Höhe nach gefunden.

7. Freibord.

In der Annahme, daß ein Schiff von viereckiger Kastenform im Süßwasser schwämme, wird es leicht sein, sein Displacement und da-

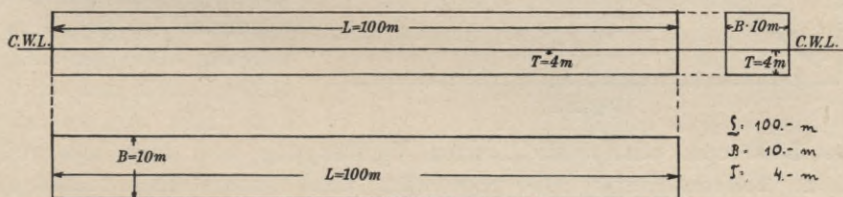


Fig. 100.

durch auch sein Gewicht zu bestimmen. Wäre ein solch schwimmender Kasten 100 m lang, 10 m breit und 4 m tief, so würde das Displacement $100 \times 10 \times 4 = 4000$ cbm betragen und im Seewasser $4000 \times 1,025 = 4100$ t (Verdrängung) (Fig. 100).

(Würde man ein Bassin von 4 m Tiefe, 100 m Länge und 10 m

Breite mit Wasser füllen, so würden 4000 cbm = 4 000 000 Liter Wasser in dieses Bassin einfließen). Würde nun in dieses Kastenschiff eine unbekannte Zuladung hineingebracht werden, so wird es tiefer einsinken müssen. An den wirklichen Schiffen sind nun vorn und achtern Tiefgangsmarken (Ahmings) Zahlen von 10 cm Höhe in 10 cm Abstand und zwar $\frac{3}{4}$ bis 1 m über und unter der Wasserlinie angebracht. Sie sind in der Querschiffebene des hinteren und vorderen Perpendikel angeordnet und haben ihren Nullpunkt in der Verlängerung des Kiels nach vorn und achtern. Die Unterkante der Zahl gibt das durch sie angegebene Tiefgangsmaß an. Bei der Ablesung des Tiefganges schätzt man die Zwischenmaße zwischen den Ahmings mit dem Augenmaß oder mißt sie. Würde z. B. an dem Kasten nach Aufbringung des unbekanntes Gewichtes ein Tiefgang 4,2 vorn und 4,4 m achtern abgelesen werden, so wird dieses unbekanntes Gewicht einem mittleren Tiefgang von $\frac{4,2 + 4,4}{2} = 4,3$ m veranlaßt haben und demnach $0,3 \times 10 \times 100 = 300$ t betragen. Beim wirklichen Schiff kann ebenfalls durch Ablesung des Tiefganges das Gewicht der aufgenommenen oder abgegebenen Ladung bestimmt werden. Rechnerisch und zeichnerisch wird diese Verdrängung für die einzelnen Tauchungen am sogenannten Lastenmaßstabe festgelegt.

Auf der Lotrechten in Fig. 101 ist der Tiefgang des Schiffes in m, auf der Wagerechten die Verdrängung in cbm oder Tonnen

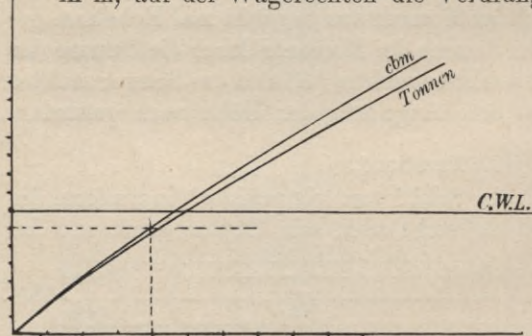


Fig. 101.

Aus der Kurve kann dann für jeden Tiefgang das Displacement abgelesen werden oder die Gewichtszunahme oder Abnahme für eine Aus- oder Eintauchung (z. B. das Displacement ist bei 6 m Tiefgang 4000 cbm oder 4100 t, taucht das Schiff 1 m tiefer ein, so hat

es 5000 cbm oder 5125 Tonnen Verdrängung und kann also auf 1 m Tiefertauchung 1000 cbm oder 1025 Tonnen mehr Ladung nehmen). (Wie dieser Lastenmaßstab konstruiert und berechnet wird, wird bei der Displacementsberechnung, (S. 143 u. f.) erläutert werden). Das Schiff kann nicht mit der Wasserlinie abschneiden, sondern muß, um gebrauchsfähig und seefähig zu sein, eine gewisse Höhe über dem Wasser besitzen. Die Höhe der Schiffseiten über der Wasserlinie bis zur Oberkante Deck mittschiffs, nennt man den Freibord. Diese

Höhe über Wasser gibt dem Schiffe die Reserveschwimmfähigkeit (Reserveplacement), da es sonst von jeder Welle überflutet und bei einem Wassereintrich unter Wasser gedrückt werden würde. Die Freibordhöhe ist für die verschiedenen Schiffe von ihrer Art und ihrem Verwendungszwecke abhängig. Das englische Handelsamt (board of trade) setzt für alle Handelsschiffe eine gesetzliche Tiefwasserlinie fest. In

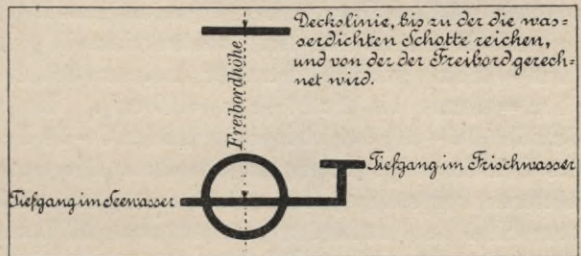


Fig. 102.

Deutschland führte zuerst die Hamburg-Amerika-Linie die in Fig. 102 dargestellte Tiefwademarke für ihre Schiffe ein. Seit 1901 hat die deutsche Seeberufsgenossenschaft die Aufsicht über den Tiefgang übernommen und bald darauf für die Anbringung einer ähnlichen Tiefwademarke (Freibordmarke) auf allen deutschen Seeschiffen Vorschriften erlassen, welche mit Unterstützung des Germanischen Lloyds ausgearbeitet wurden und seitens der Reichsregierung amtlich anerkannt sind.

Die Wasserlinie teilt sonach das Schiff in ein Ober- und ein Unterwasserschiff. Das Oberschiff umschließt das tote, das Unterschiff das lebende Werk oder die vitalen Teile.

VIII. Konstruktion des Schiffskörpers.

Hat man die Hauptabmessungen des Schiffes festgelegt, so wird der Konstruktionsriß entworfen, und dann alle anderen Zeichnungen, die zum Baue des Schiffes nötig sind, angefertigt. Zunächst wird ein

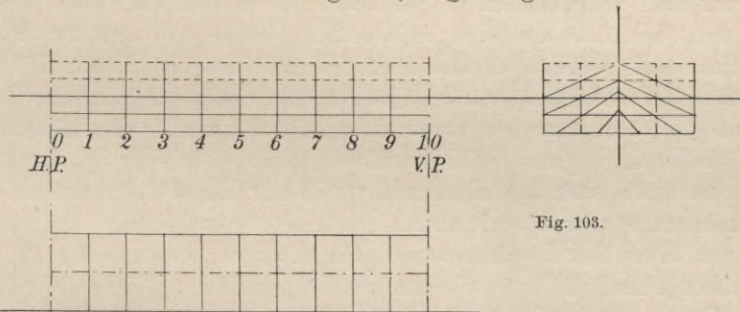


Fig. 103.

Netz entworfen (Fig. 103), indem man auf einer Geraden die Länge des Schiffes zwischen den Loten absetzt und in den Endpunkten Lote errichtet.

Die untere Linie ist die Mittschiffslinie des Wasserlinienrisses, eine zweite, parallel darüber abgesetzte dient als Konstruktionswasserlinie des Längsrisses.

Die Strecken zwischen den Loten werden in eine gerade gleiche Anzahl Teile geteilt, die möglichst in der Spantentfernung, die für große Schiffe 1—1,2 m beträgt, teilbar sind, so daß die Rechnungsspannten mit den Bauspannten übereinstimmen:

Als Maßstab für den Konstruktionsriß größerer Schiffe ist 1:50 (1 m = 2 cm) gebräuchlich; für kleinere Schiffe und für Boote 1:25 (1 m = 4 cm) bis 1:10 (1 m = 10 cm). Es werden bei größeren Schiffen 16—24, bei kleineren Schiffen 8—16 Teile gewählt. Der Bug des Schiffes zeigt immer nach rechts. Die Spanten werden von dem hinteren Perpendikel aus mit 0 anfangend gezählt, die Wasserlinien vom Kiel aus; außerdem werden noch Hilfswasserlinien in gleichen Abständen über die *CWL* hinaus gezeichnet. Über das vordere Perpendikel (rechts) hinaus werden die Wasserlinien verlängert, um Platz für den Spantenriß zu erhalten. Die seitlichen Begrenzungen und die Mittellinien bilden drei Parallele im Abstände von $B/2$; die Anzahl der Teile der Tiefe beträgt 4—8. Im Wasserlinien- und Spantenriß werden noch in gleichen Abständen als Parallelen zu den Mittellinien Schnittebenen gelegt, die den entsprechend entstehenden Schnittkurven im Längsriß entsprechen. Zur Beurteilung der Form der Wasserlinien bei geneigtem Schiff werden oft noch sogenannte Sentebenen gelegt, deren Schnitte Senten genannt und nach Art der Wasserlinien meist unter dem Wasserlinienriß abgesetzt werden. Diese Sentebenen werden möglichst senkrecht zu den Spantebenen gelegt, daß sie die Spantlinien möglichst senkrecht schneiden und dachförmig zur mittleren Längsschiffsebene geneigt sind.

Man unterscheidet Rechnungsspannten im Konstruktionsriß und Bauspannten, die im richtigen Abstand, wie sie beim Bau stehen sollen, nur auf dem Schnürboden in natürlicher Größe aufgezeichnet werden. Auf dem Schnürboden wird in derselben Weise wie auf dem Papier ein Netz mit großer Sorgfalt aufgezeichnet, und in dieses Netz die Linien des Konstruktionsrisses in natürlicher Größe eingetragen. Diese Arbeit gehört aber zu den vorbereitenden Arbeiten für den Bau selbst. Auf dem Papier beginnt die Konstruktion zunächst mit der Spantenskala.

Das erste, was der Konstrukteur in der Regel zeichnet, ist eine Deplacements- oder Spantenskala. Diese Kurve umschließt den zahlenmäßigen Wert des Deplacements. Sie entsteht, indem man auf der Schiffslänge maßstäblich zwischen den Perpendikeln gleiche Teile (etwa 10—20, je nach der Länge des Schiffes) im Vielfachen der Bauspantentfernung mit dem Zirkel abträgt. In den Teilpunkten werden dann Lote errichtet, auf denen die Areale der Spantflächen in linearer Abmessung in einem bestimmten Maßstabe (z. B. 1 cm = 2 qm) abgetragen werden. Die Endpunkte dieser in der Konstruktionsspannentfernung stehenden Lote lassen sich zur Deplacementskurve austragen. Diese Skala

wird gebraucht, um bei der Konstruktion für jeden Punkt in der Schiffslänge den Flächeninhalt des betreffenden Spantquerschnittes zu haben. Ist diese Skala vorhanden, so ist für jede Stelle im Schiff der Spantinhalt gegeben, und beim Entwerfe und Zeichnen der einzelnen Konstruktionsspanten ist ein bestimmter Anhalt vorhanden. Nur wenn die Kurve selbst einen reinen Verlauf ergibt, d. h. die Rechnungspunkte straken, sind die Spantareale richtig gerechnet.

Alle Rechnungsergebnisse im Schiffbau werden ausgetrakt, und an dem Verlauf der Rechnungskurven in der graphischen Darstellung der Berechnungsergebnisse können eventuelle Rechnungsfehler und auch ohne besondere Rechnung Werte für die Zwischenstellen der errechneten Punkte ermittelt werden.

Der geübtere Konstrukteur versteht ohne besondere Hilfsmittel eine Deplacementsskala zu entwerfen und probiert durch Zu- und Abnehmen mit Hilfe der angenäherten Inhaltsrechnung nach Simpson, bis er den richtigen Wert der auf anderem Wege ermittelten Größe des Deplacements in seiner Deplacementskalensfläche enthalten hat.

Der ungeübtere Konstrukteur geht von einer Parabel aus:

Man trägt die Länge des Schiffes AB in $\frac{1}{50}$ oder $\frac{1}{100}$ Maßstab auf und teilt sie in etwa zehn gleiche Teile. In der Mitte errichtet man ein Lot, das man nach einem bestimmten Maßstabe so lang macht, daß es dem Areale des \boxtimes in linearer Abmessung entspricht.

Man erhält dann für jede Abszisse x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 die zugehörige Ordinate y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 , wenn man in die Parabelgleichung:

$y = \boxtimes \left[\frac{x}{\frac{1}{2}L} \right]^n$, worin $n = \frac{\delta}{\beta - \delta}$, die zahlenmäßigen Werte für x_1, x_2 usw. einsetzt.

Dieso konstruierte Parabel entspricht dann dem Deplacement (Fig. 104).

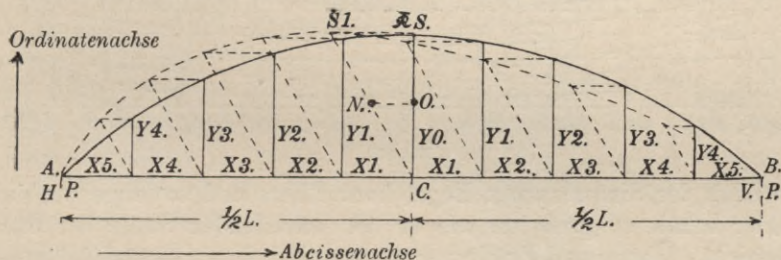


Fig. 104.

Die Entfernung des \odot der Parabel (0) vom Scheitel (S) ist:

$$SO = \boxtimes \left[\frac{n+1}{\frac{2}{n}+1} \right].$$

Soll nun der Deplacements- \odot (N) um ON hinter der Mitte liegen, so ist dieses Maß // zu AB von 0 dem Parabel- \odot abzutragen, so daß

C mit N verbunden und diese Linie verlängert werden kann. Zu dieser schrägen Linie CN zieht man Parallele durch die unteren Endpunkte der übrigen Ordinaten. Die Schnittpunkte dieser Schrägen mit den durch die oberen Endpunkte gelegten Wagerechten sind Punkte einer verschobenen Parabel, in deren Fläche der \odot der Länge nach an der verlangten Stelle liegt.

Eine brauchbare Spantenskala erhält man durch passende Verschärfung (Einziehung der Enden und erneute Kontrolle durch Inhaltsberechnung nach Simpson, daß das verlangte Displacement auch wirklich vorhanden ist).

Ebenso kann man Wasserlinien- und Spantenformen, besonders CWL und \otimes mit Hilfe von Parabeln finden. Man kann zur Rechnung benutzen für:

$$\text{die } CWL: y = \frac{B}{2} \left[\frac{x}{\frac{1}{2}L} \right]^{n_1}, \quad n_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha},$$

$$\text{das } \otimes: y = B \left[\frac{x}{P} \right]^{n_2}, \quad n_2 = \frac{\beta}{1-\beta}.$$

Man hat mit Hilfe der Displacementsskala für jedes Spant seinen Inhalt und kann nun mit Hilfe der zum Zeichnen zur Verfügung stehenden Mittel, wie Zirkel, Lineale, Kurvenlineale, Straklatten mit Gewichten usw., für jedes Spant eine Form suchen, deren Inhalt man

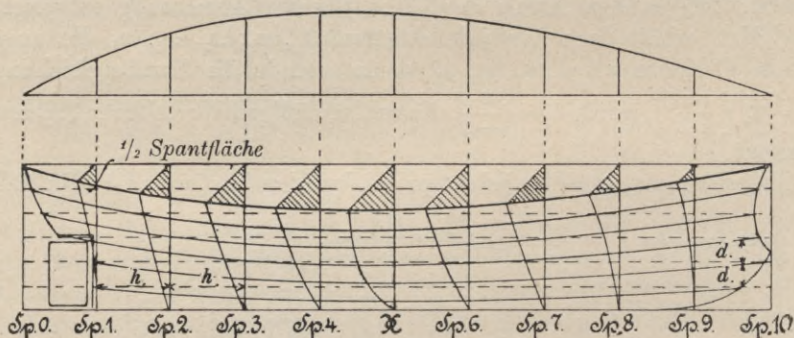


Fig. 105.

mit Hilfe der Simpsonschen Regel kontrolliert und so lange probiert, bis der Inhalt so groß ist, wie er der betreffenden Stelle der Skala entspricht. Übung und Erfahrung spielen hierbei, wie überall im Schiffbau, für das gute zweckentsprechende Gelingen eine Hauptrolle (Fig. 105).

Wasserlinienskala. Die Anzahl der zu berechnenden Ordinaten ist gleich der Anzahl der Wasserlinien (Fig. 106).

Die Gleichung der Parabel lautet: $y = px^n$, worin $n = \frac{\delta}{\gamma - \delta}$ ist. (p ist der Parameter, d. i. die Ordinate im Brennpunkt. Entfernung des Scheitels bis zum Brennpunkt = $\frac{1}{2}p$.)

Man wendet die Wasserlinienskala bei gegebener metazentrischer Höhe an. Man bestimmt die Völligkeitsgrade (mit Hilfe von Annäherungsformeln), legt den \odot des Deplacements der Höhe nach fest und verschiebt dann den \odot der Wasserlinienskala entsprechend den Maßnahmen, die bei der Spantenskala beschrieben worden sind. Man kann so ein bestimmtes Areal für jede Wasserlinie innehalten und die verlangte metazentrische Höhe erzielen.

Die Wasserlinienskala wird gebildet, indem man von einer Vertikalen AB aus, die der Tiefe entspricht und in eine gerade Anzahl gleicher Teile geteilt ist, in linearem beliebigen Maßstabe von den Teilpunkten aus Horizontale legt, deren Länge den Wasserlinienarealen an den betreffenden Tiefgangstellen entsprechen. Die oberste Horizontale ist die CWL , die unterste der Kiel.

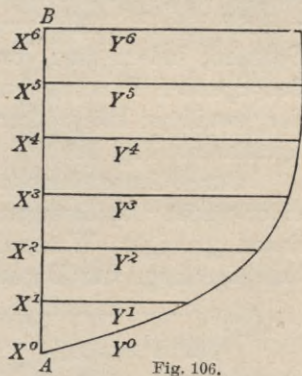


Fig. 106.

Lastenmaßstab. Um die Abnahme oder Zunahme des Deplacements für jeden beliebigen Tiefgang feststellen zu können, hat man einen Lastenmaßstab konstruiert. Dieser wird erhalten, wenn man die Deplacements schichtweise im Abstände der Wasserlinien als Ordinaten aufträgt (Fig. 107).

Das lineare Maß der Horizontalen bedeutet den Deplacementswert in Kubikmeter oder in Tonnen. Man kann mit Hilfe des Lastenmaßstabes jedes Deplacement für einen bestimmten mittleren Tiefgang angeben, indem man an der vertikalen Linie der Kurve den Tiefgang von K (dem Kiel) absetzt und dann eine Parallele zur CWL legt, die dann die Kurve in einem Punkte schneidet, dessen Horizontalabstand das Maß für das gewünschte Deplacement angibt. Die Berechnung des Lastenmaßstabes geschieht bis etwa 1 m über CWL .

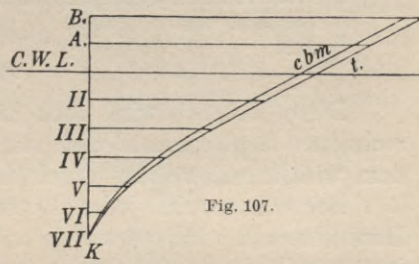


Fig. 107.

Spantintegralkurven. Berechnet man die Spantareale bis zu den einzelnen Wasserlinien und trägt auf der betreffenden Wasserlinie die jedesmaligen Spantareale als Ordinaten ab, so erhält man die Spantintegralkurven.

Für das Areal (A) zwischen zwei Ordinaten y_1 und y_2 hat man:

$$A = \frac{1}{12} h (5y_1 + 8y_2 - y_3).$$

Allgemein sind: h = Spantabstand. d = Wasserlinienabstand.

Diese Spantinhaltsskalen oder Spantintegralkurven werden besonders benutzt zu Berechnungen des Displacements bei von der Konstruktionslage abweichenden Schwimmlagen. Für die zur *CWL* geneigte Tiefgangslinie können die neuen eingetauchten Spantareale errechnet werden. Man ermittelt die einzelnen Areale der eingetauchten Spanten, indem man von den Schnittpunkten der Tiefgangslinie mit den Spanten Parallele zur *CWL* zieht. Der Schnittpunkt dieser mit der jeweiligen Integralkurve ergibt in seiner Ordinate das eingetauchte Spantareal (Fig. 108).

Durch Zusammensetzung der ermittelten Areale nach Simpson (zu einer neuen Displacementsskala) erhält man das Displacement bis zur neuen geneigten Wasserlinie und kann mit dieser Methode für jede beliebige Lage das Displacement und seinen \odot ermitteln.

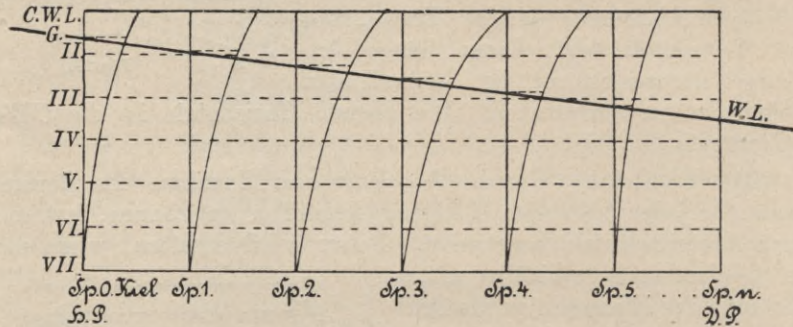


Fig. 108.

Diese Methode wird auch angewendet zur Vergleichung des errechneten Displacements und seines \odot nach Ablauf des Schiffes mit dem wirklichen, welches durch das Wiegebuch festgestellt wird.

Beim Bau wird jeder Bauteil und jedes Material, welches an Bord gebracht wird, verwogen und für jedes im Bau befindliche Schiff in ein Wiegebuch eingetragen.

Auch zur Trimberechnung werden die Spantintegralkurven benutzt, bei der Annahme, daß durch eine Leakage mehrere wasserdichte Abteilungen des Schiffes gefüllt sind, die mit dem Außenwasser in Verbindung stehen.

Displacementsberechnung. Nachdem durch die Angaben in der Aufgabe zur Konstruktion eines Schiffes, die im Zwecke desselben begründet sind, durch die Konstruktionsgleichung und erfahrungsmäßige Abnahmen die Abmessungen und eine Anzahl Konstruktionsdaten für ein zu entwerfendes Schiff gefunden worden sind, ist es nun erforderlich, durch Rechnung seine Größe festzustellen.

Der eingetauchte Teil des Schiffes, sein Displacement, ist ein von unregelmäßigen krummen Flächen begrenzter Körper, der sich nicht

nach einer bestimmten Formel der analytischen Geometrie, wie z. B. die Kugel, der Kegel, errechnen läßt. Auch die Schnittkurven des Schiffes lassen sich nicht in eine bestimmte Gleichung zwingen. Wie z. B. durch $y^2 - 2px$ die allgemeine Form für eine Parabel gegeben ist, läßt sich die Form einer Wasserlinie, eines Spants oder eines Schnittes nicht festlegen; jedenfalls werden die Formeln so kompliziert, daß sie für die Praxis unbrauchbar sind.

Annäherungsrechnungen. Man benutzt deshalb im Schiffbau zur Errechnung des Inhaltes der krummlinig begrenzten Flächen des Schiffes und des von krummen Flächen begrenzten Deplacements Annäherungsmethoden:

1. Die Simpsonsche Regel, die in Deutschland, England und Amerika in Anwendung ist;
2. die Bordasche oder Trapezregel, die in Frankreich benutzt wird;
3. die Tschebyscheffsche Regel, die in Rußland erfunden und auch dort in Gebrauch ist;
4. in der Neuzeit ist eine direkte Integrationsmethode mit Hilfe von Planimetern ähnlichen Instrumenten in Gebrauch, die später beschrieben wird.

Alle diese Annäherungsmethoden zur Berechnung der Inhalte und Schwerpunkte ebener, von unregelmäßigen Kurven begrenzter Flächen beruhen darauf, daß man eine Fläche in eine sehr große Anzahl kleiner Teile (theoretisch unendlich [= ∞] viel) zerlegt und diese Flächenelemente in irgendeiner Form zum ganzen Inhalt aneinander reiht.

Trapezregel. Die Bordasche Regel beruht darauf, daß die Länge der Fläche der X-Achse in zahlreiche kleine Teile dx zerlegt wird und die Flächenteilchen $F_0, F_1, F_2, \dots, F_n$, die zwischen den in gleichen Abständen dx errichteten Ordinaten y_0 bis y_n liegen, als Trapeze angesehen und berechnet werden.

Es ist

$$\begin{aligned}
 F_0 &= \frac{y_0 + y_1}{2} \times dx \\
 F_1 &= \frac{y_1 + y_2}{2} \times dx \\
 &\vdots \\
 F_n &= \frac{y_{n-1} + y_n}{2} \times dx;
 \end{aligned}$$

dx bedeutet einen sehr (unendlich) kleinen Teil einer Strecke, die in der Richtung der X-Achse liegt.

Die Summe der Flächenelemente S (F_0 bis F_2) ergibt dann angenähert den Inhalt der von der krummlinigen Kurve BC begrenzten Fläche $ABCD$ (Fig. 109).

$$ABCD = \frac{dx}{2} (y_0 + y_1 + y_1 + y_2 + y_2 + \dots + y_{n-1} + y_{n-1} + y_n)$$

oder

$$= dx \left(\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right).$$

Wie bei allen Annäherungsformeln gilt auch hier: je zahlreicher die Teilung, desto genauer kann der errechnete Wert dem wirklichen Flächeninhalte nahe kommen.

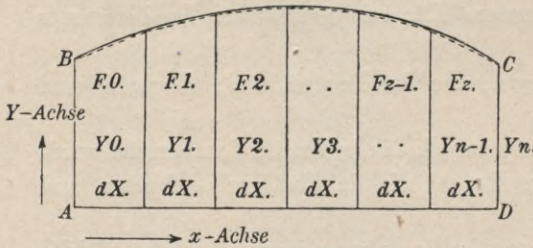


Fig. 109.

Die Bordasche Regel lautet also: Zur halben Summe der Endordinaten wird die Summe aller Zwischenordinaten, die in gleichen Teilen der einen Ausdehnung der Fläche errichtet sind, zusammenaddiert und die Summe mit der

gleichen Entfernung der Ordinaten voneinander multipliziert.

Die Bordasche Regel gibt bei flachen Kurven und zahlreicher Teilung ziemlich der Wirklichkeit angenäherte Werte, aber stets zu kleine Resultate.

Spanten. Die Spantenlinien entstehen, indem man sich durch ein Schiff in gleichen Abständen der Länge nach senkrechte Ebenen gelegt denkt, die die Außenhaut des Schiffes in jenen Kurven schneiden.

Wasserlinien. Wasserlinien entstehen, indem man sich parallel zur Konstruktionsschwimmbene in gleichen Teilen der Tiefe durch die Teilpunkte wagerechte Ebenen gelegt denkt, die die Außenhaut des Schiffes in sinoidenförmigen Kurven schneiden, die Wasserlinien genannt werden.

Schnitte. Schnitte, die nur zeichnerisch, nicht zu Rechnungszwecken gebraucht werden, entstehen als Schnittkurven der Außenhaut mit Vertikalebene, welche in gleichen Abständen von der Mitte parallel der Symmetrieebene des Schiffes gelegt werden (s. Konstruktionszeichnung).

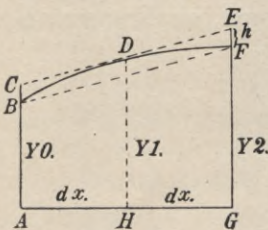


Fig. 110.

Simpsonsche Regel. Eine Ableitung der Simpsonschen Regel unter Anwendung nur niederer Mathematik ist die folgende:

$$\text{Das Trapez } ACEG = 2 dx \left[\frac{(y_0 + h) + (y_2 + h)}{2} \right]. \quad (\text{S. Fig. 110.})$$

$$\text{Das Trapez } ABFG = 2 dx \left(\frac{y_0 + y_2}{2} \right).$$

Die Differenz zwischen beiden Trapezen ergibt:

$$\begin{aligned} BCEF &= 2 dx \left[\frac{(y_0 + h) + (y_2 + h)}{2} - \frac{y_0 + y_2}{2} \right] \\ &= 2 dx \left(\frac{y_0 + 2h + y_2 - y_0 - y_2}{2} \right) = 2 dx h. \end{aligned}$$

Das Kurvensegment BDF , als Parabelsegment aufgefaßt, ergibt $BDF = \frac{2}{3} dx \cdot h$. h kann aber gleich gesetzt werden:

$$\left(y_1 - \frac{y_0 + y_2}{2} \right).$$

Das ganze Flächenelement ist dann:

$$\begin{aligned} ABDFG &= \text{Trapez } ABFG + \text{Parabelsegment } BDF \\ &= 2 dx \left(\frac{y_0 + y_2}{2} \right) + \frac{2}{3} \times 2 dx \left(y_1 - \frac{y_0 + y_2}{2} \right), \\ &= dx (y_0 + y_2 + \frac{4}{3} y_1 - \frac{2}{3} y_0 - \frac{2}{3} y_2), \\ &= \frac{dx}{3} (y_0 + 4y_1 + y_2). \end{aligned}$$

Berechnet man jetzt aus der Summe solcher Flächenelemente den Inhalt einer Fläche, so ist:

$$\text{Summe } F = F_0 + F_1 \dots F_{z-1} + F_z. \quad (\text{S. Fig. 111.})$$

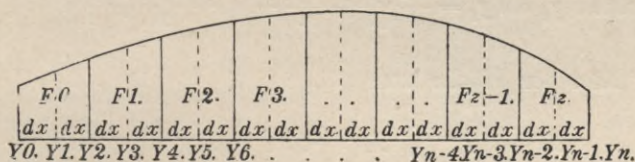


Fig. 111.

$$F_0 = \frac{dx}{3} (y_0 + 4y_1 + y_2)$$

$$F_1 = \frac{dx}{3} (y_2 + 4y_3 + y_4)$$

$$F_2 = \frac{dx}{3} (y_4 + 4y_5 + y_6)$$

⋮

$$F_{z-1} = \frac{dx}{3} (y_{n-4} + 4y_{n-3} + y_{n-2})$$

$$F_z = \frac{dx}{3} (y_{n-2} + 4y_{n-1} + y_n).$$

$$\begin{aligned} \text{S. } F &= \frac{dx}{3} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + 2y_6 + \dots \\ &\quad + 2y_{n-4} + 4y_{n-3} + 2y_{n-2} + 4y_{n-1} + y_n). \end{aligned}$$

Die Simpsonsche Regel lautet also: Man teile eine Fläche, deren Inhalt berechnet werden soll, in eine große Zahl gleicher Teile, so daß man in den Teilpunkten eine ungleiche Anzahl Ordinaten errichten kann, deren natürliche Größe man mit Hilfe des Maßstabes aus der Zeichnung abmißt. Der Wert der Anfangs- und Endordinaten wird mit 1, die Werte der anderen abwechselnd mit 4 und 2, den Simpsonschen Koeffizienten, multipliziert, um angenähert, bis auf etwa 3 vom Tausend, den Inhalt der zu berechnenden Fläche zu erhalten.

Zwischenordinaten bei Simpsons Regel. An den Enden der Wasserlinien oder bei Spantkurven in der Kimm (d. i. der stärksten Krümmung im Boden) schiebt man, um möglichst genaue Resultate zu erhalten, Zwischenordinaten im halben Abstände der Teilung dx ein.

Schiebt man z. B. in umstehender Figur zwischen y_0 und y_1 und zwischen y_1 und y_2 die Zwischenordinaten y' und y'' ein, so erhält man für den Inhalt des Stückes der Fläche zwischen $y_1 - y_2$:

$$y_0 \text{ bis } y_1 = \frac{dx}{3} \left(\frac{y_0}{2} + \frac{4y'}{2} + \frac{y_1}{2} \right),$$

$$y_1 \text{ bis } y_2 = \frac{dx}{3} \left(\frac{y_1}{2} + \frac{4y''}{2} + \frac{y_2}{2} \right),$$

$$\text{Flächenstück } y_0 \text{ bis } y_2 = \frac{dx}{3} \left(\frac{y_0}{2} + \frac{4y'}{2} + y_1 + \frac{4y''}{2} + \frac{y_2}{2} \right).$$

Der Rest der Fläche von

$$y_0 \text{ bis } y_n = \frac{dx}{3} (y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + 2y_6 + \dots \\ + 2y_{n-2} + 4y_{n-1} + y_n).$$

Die ganze Fläche von

$$y_0 \text{ bis } y_n = \frac{dx}{3} \left(\frac{y_0}{2} + \frac{4y'}{2} + y_1 + \frac{4y''}{2} + \frac{3y_2}{2} + 4y_3 + 2y_4 + \dots \\ + 4y_5 + 2y_6 + \dots + 2y_{n-2} + 4y_{n-1} + y_n \right).$$

Steht eine Ordinate zwischen einem großen und einem kleinen Teilchen der X-Achse, so ist der Simpsonsche Koeffizient gleich der Summe derjenigen, die er als Endordinate jedes der Teile gehabt hätte.

Zum Beispiel für eine Ordinate zwischen einem dx und einem halben dx ist der Koeffizient $1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$ und bei einer

nochmaligen Zwischenteilung, zwischen einem halben und einem viertel dx

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}.$$

Die Errechnung der Körperinhalte von durch krummlinige Flächen begrenzten Körpern geschieht in ähnlicher Weise wie die Berechnung der Inhalte von krummen Linien begrenzter Flächen, nur daß an Stelle der Ordinaten die Inhalte der Flächen gesetzt werden, die mit dem Simpsonschen Koeffizienten multipliziert werden, um dann noch mit dem dritten Teile der Teilung der X -Achse multipliziert den angenäherten Inhalt des auszurechnenden Körpers zu erhalten.

Meist nimmt man noch zur Vereinfachung der Rechnung aus dem Klammerwerte den Multiplikator 2 heraus, so daß die Simpsonsche Aufrechnung sich dann schreiben läßt:

$$F = \frac{2}{3} dx \left(\frac{y_0}{2} + 2y_1 + y_2 + 2y_3 + y_4 + 2y_5 + y_6 + \cdots + y_{n-4} + 2y_{n-3} + y_{n-2} + 2y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right).$$

Errechnung der Schwerpunkte. Unter dem Moment einer Fläche oder eines Körpers versteht man das Produkt aus Flächeninhalt, oder Körperinhalt bzw. Körpergewicht mit dem Abstände des Schwerpunktes von einer Achse.

Soll z. B. der \odot einer Fläche berechnet werden, so würde man die Summe der Momente der einzelnen nach der Simpsonschen Regel abgeteilten kleinen Flächenelemente bilden und diese Summe der Momente durch den schon nach der vorhergehenden Anwendung der Simpsonschen Regel bekannten Flächeninhalt dividieren. Denkt man sich eine Fläche, deren \odot der Länge nach von der hintersten Ordinate ab errechnet werden soll, in unendlich viele Teile geteilt, so daß die Ordinaten unendlich dünne Streifen darstellen, so würde der Gesamtschwerpunkt dieser aneinander gereihten dünnen Streifen auch der der ganzen Fläche sein.

Gewöhnlich wird der \odot der Länge nach vom hinteren Perpendikel oder von der Mitte angegeben.

Es erübrigt dann nur, jede der Ordinaten, die bei der unendlich kleinen Teilung selbst die Flächenelemente bilden, fortlaufend mit den Koeffizienten der Momente 0 bis n zu multiplizieren und die mit dem Drittel der Teilung dx multiplizierten Gesamtsumme dieser Produkte noch mit dx zu multiplizieren. Es würde dann der \odot von y_0 entfernt sein:

$$\begin{aligned} \text{Hebelarm } dx \cdot \frac{dx}{3} (0 \times y_0 + 1 \times 4y_1 + 2 \times 2y_2 + 3 \times 4y_3 + 4 \times 2y_4 + \\ s = \frac{+ 5 \times 4y_5 + \dots + n - 1 \times 4y_{n-1} + n \times y_n)}{\frac{dx}{3} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + \dots \\ + 4y_{n-1} + y_n).} \\ \frac{dx^2}{3} (4y_1 + 2 \times 2y_2 + 3 \times 4y_3 + 4 \times 2y_4 + 5 \times 4y_5 + \dots \\ = \frac{+ n - 1 \times 4y_{n-1} + n y_n). \text{ (Klammerwert über dem Bruchstrich = Mom.)}}{\frac{dx}{3} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + \dots \\ + 4y_{n-1} + y_n). \text{ (Klammerwert unter dem Bruchstrich = F.)}} \\ \text{oder } s = dx \left(\frac{\text{Mom.}}{F} \right). \end{aligned}$$

In dem Schema der beigefügten Deplacementsberechnung sind die Werte der Ordinaten vertikal untereinander und horizontal nebeneinander gereiht und für Rechenzwecke praktischer die Simpsonschen Koeffizienten bzw. die Produkte daneben bzw. darunter, so daß die Methode übersichtlicher ist als in der nur horizontalen Darstellung der algebraischen Gleichung.

Bei der Berechnung des \odot der Höhe nach kann man ebenfalls bei unendlich kleiner Teilung die aneinander gereihten Ordinaten, die jetzt in der Richtung der X-Achse liegen und auf der in unendlich kleine Teile (dy) geteilten Y-Achse errichtet sind, als Flächenelemente ansehen. Der \odot dieser horizontalen Flächenelemente liegt in ihrer Mitte, d. h. auf halber Länge von ihrer Grundlinie entfernt. Das Moment der Fläche ist sonach:

$$\text{Mom} = \frac{1}{2} \frac{d}{3} (x_0^2 + 4x_1^2 + 2x_2^2 + 4x_3^2 + 2x_4^2 + 4x_5^2 + \dots \\ + 4x_{n-2}^2 + x_n^2).$$

Dieses Moment, durch den Flächeninhalt dividiert, ergibt den Abstand (s_1) von der Trägheitsachse, die in der *CWL* oder im Kiel liegen kann. Also der Hebelarm:

$$s_1 = \frac{\frac{1}{2} \frac{dx}{3} (x_0^2 + 4x_1^2 + 2x_2^2 + 4x_3^2 + 2x_4^2 + \dots + 4x_{n-1}^2 + x_n^2)}{\frac{dx}{3} (x_0 + 4x_1 + 2x_2 + 4x_3 + 2x_4 + \dots + 4x_{n-1} + x_n)}.$$

$$s_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{\text{Mom.}}{F} \right).$$

Da das Schiff ein symmetrischer Körper ist, so genügt die Ausrechnung der Inhalte nur einer Seite. Das Endresultat muß dann

verdoppelt werden, um die vollen Inhalte zu erhalten. Die Inhaltsberechnung erfolgt nur auf die Länge zwischen den Loten, so daß die Schiffsteile, welche über das vordere und hintere Perpendikel hinausragen, als Anhängsel inhaltlich besonders errechnet werden müssen.

Zusammenstellung der Deplacementsberechnung. Die Deplacementsberechnung zerfällt in:

1. Inhaltsberechnung der in gleichen Horizontalabständen durch das Schiff senkrecht zur *CWL* gelegten Spantenflächen.
2. Inhaltsberechnung der in gleichen Vertikalabständen parallel zur *CWL*, also horizontal liegenden Wasserlinienflächen.
3. Berechnung des körperlichen Inhalts des Deplacements:
 - a) nach den Inhalten der Spanten,
 - b) nach den Inhalten der Wasserlinien.
4. Beide errechneten Körperinhalte für das Deplacement werden bis auf kleine Verschiedenheiten, deren Ungenauigkeiten durch die angenäherte Rechnungsmethode begründet sind, einander gleich sein. Doch sind beide Rechnungen notwendig, um:
 - a) den Schwerpunkt des Deplacements aus den Zusammenstellungen der Spantinhaltsberechnungen der Länge nach, und
 - b) den Schwerpunkt des Deplacements aus den Zusammenstellungen der Wasserlinieninhaltsberechnungen der Höhe nach zu finden.

Nachdem das Mittel gegeben ist, Flächen- und Körperinhalte sowie ihre Schwerpunkte zu errechnen, und auch aus dem schon früher Entwickelten die Möglichkeit gegeben ist, für eine bestimmte, etwa vorliegende Aufgabe zur Konstruktion eines Schiffes die Abmessungen und Konstruktionsdaten für das zu konstruierende Schiff festlegen zu können, so könnte in dem Entwurfe dadurch weiter fortgeföhren werden, daß mit den zeichnerischen Arbeiten begonnen wird.

Rechnerische und zeichnerische Arbeiten beim Entwurfe eines Schiffes lassen sich nicht trennen, und während der Rechnungen werden auch entsprechend den einzelnen Entwurfsstadien die Zeichnungen, die in einem besonderen Kapitel behandelt werden, entstehen.

Ein Schema Deplacementsberechnung nach Simpson ist beigelegt.

Schema für eine

Länge zwischen den Perpendikeln 94,0 m; größte Breite in Wasserlinienteilung $d = 6,9075 : 9 = 0,7675$ m; $\frac{d}{3} = 0,2558$ m;

Wasserlinie		CWL		1		2		3		4		5	
Spt. Nr.	Simp. Koeffz.	1/2		2	1	2	1	2	1	2			
0	1/4	2,142	0,535	1,660	0,415	1,320	0,330	1,176	0,294	0,620	0,155	0,376	0,094
		1,071		3,320		1,320		2,352		0,620		0,752	
1/2	1	3,310	3,310	2,794	2,794	2,292	2,292	1,770	1,770	1,280	1,280	0,880	0,880
		1,655		5,588		2,292		3,540		1,280		1,760	
1	3/4	4,250	3,188	3,810	2,858	3,290	2,468	2,700	2,025	2,104	1,578	1,520	1,140
		2,125		7,620		3,290		5,400		2,104		3,040	
2	2	5,600	11,200	5,370	10,740	5,058	10,116	4,592	9,184	4,000	8,000	3,256	6,512
		2,800		10,740		5,058		9,184		4,000		6,512	
3	1	6,360	6,360	6,318	6,318	6,180	6,180	5,940	5,940	5,560	5,560	4,948	4,948
		3,180		13,636		6,180		11,880		5,560		9,896	
4	2	6,760	13,520	6,798	13,596	6,730	13,460	6,620	13,240	6,415	12,830	5,990	11,980
		3,380		13,596		6,730		13,240		6,415		11,980	
5	1	6,930	6,930	6,978	6,978	6,970	6,970	6,904	6,904	6,750	6,750	6,420	6,420
		3,465		13,956		6,970		13,808		6,750		12,840	
6	2	6,965	13,930	7,000	14,000	7,000	14,000	6,950	13,900	6,802	13,604	6,524	13,048
		3,482		14,000		7,000		13,900		6,802		13,048	
7	1	6,770	6,770	6,790	6,790	6,770	6,770	6,700	6,700	6,550	6,550	6,270	6,270
		3,385		13,580		6,770		13,400		6,550		12,540	
8	2	6,188	12,376	6,120	12,240	6,070	12,140	5,940	11,880	5,760	11,520	5,480	10,960
		3,094		12,240		6,070		11,880		5,760		10,960	
9	1	5,130	5,130	4,990	4,990	4,850	4,850	4,680	4,680	4,460	4,460	4,150	4,150
		2,565		9,980		4,850		9,360		4,460		8,300	
10	2	3,645	7,290	3,470	6,940	3,280	6,560	3,090	6,180	2,870	5,740	2,600	5,200
		1,823		6,940		3,280		6,180		2,870		5,200	
11	3/4	1,850	1,388	1,730	1,297	1,600	1,200	1,470	1,102	1,340	1,005	1,180	0,885
		0,925		3,460		1,600		2,940		1,340		2,360	
11 1/2	1	0,940	0,940	0,880	0,880	0,830	0,830	0,800	0,800	0,730	0,730	0,650	0,650
		0,470		1,760		0,830		1,600		0,730		1,300	
12	1/4	0,000	0	0,136	0,034	0,200	0,050	0,240	0,060	0,270	0,067	0,240	0,060
		0		0,272		0,200		0,480		0,270		0,480	
1/2 WL Areal $\times \frac{2}{3} h$		92,867		90,870		88,216		84,659		79,829		73,197	
Simp. Koeffz.	1/2		2		1		2		1		2		
Produkte		46,434		181,740		88,216		169,318		79,829		146,394	
$\Sigma W = 893,476$													
Hebel		0		1		2		3		4		5	
Lotrechte Momente				181,740		176,432		507,954		319,316		731,970	
Σ Momente = 3 139,220; \odot unter CWL = $\frac{\Sigma \text{Momente} \times d}{\Sigma \text{Produkte}}$													

Displacementsberechnung.

der CWL 14,0 m; Konstruktionstiefe 6,9075 m.

Spantenteilung $h = 94 : 12 = 7,833$; $\frac{h}{3} = 2,611$ m.

6		7		8		1/2 Spt. Areal $\times \frac{2}{3} d$	Simp. Koeffz.	Pro- dukte	Hebel	Wage- rechte Mo- mente	
1	2	1/2									
0,360	0,090	0,350	0,088	0,290	0,073						
0,360		0,700		0,145		10,640	1/4	2,660	6	15,960	
0,630	0,630	0,450	0,450	0,360	0,360						
0,630		0,900		0,180		17,825	1	17,825	5 1/2	98,038	
1,010	0,757	0,680	0,510	0,460	0,345						
1,010		1,360		0,230		26,179	3/4	19,634	5	98,170	
2,380	4,760	1,540	3,080	0,820	1,640						
2,380		3,080		0,410		44,164	2	88,328	4	353,312	
4,075	4,075	2,938	2,938	1,630	1,630						
4,075		5,876		0,815		60,098	1	60,098	3	180,294	
5,296	10,592	4,180	8,360	2,480	4,960						
5,296		8,360		1,240		70,237	2	140,474	2	280,948	
5,870	5,870	4,880	4,880	3,050	3,050						
5,870		9,760		1,525		74,944	1	74,944	1	74,944	
6,030	12,060	5,080	10,160	3,190	6,380						
6,030		10,160		1,595		76,017	2	152,034	0	1 101,666	
5,750	5,750	4,808	4,808	2,915	2,915						
5,750		9,616		1,458		73,049	1	73,049	1	73,049	
4,995	9,990	4,160	8,320	2,410	4,820						
4,995		8,320		1,205		64,524	2	129,048	2	258,096	
3,720	3,720	3,030	3,030	1,694	1,694						
3,720		6,060		0,847		50,142	1	50,142	3	150,426	
2,240	4,480	1,740	3,480	0,980	1,960						
2,240		3,480		0,490		32,503	2	65,006	4	260,024	
1,000	0,750	0,770	0,577	0,420	0,315						
1,000		1,540		0,210		15,375	3/4	11,531	5	57,655	
0,570	0,570	0,430	0,430	0,180	0,180						
0,570		0,860		0,090		8,210	1	8,210	5 1/2	45,155	
0,270	0,067	0	0	0	0						
0,270		0		0		1,972	1/4	0,493	6	2,958	
							$\Sigma = 893,476$				847,363
64,161		51,111		30,322							
1		2		1/2						1101,666	
64,161		102,222		15,161		$893,476 \times \frac{h}{3} \times \frac{d}{3} \times 4 \times 2 =$				- 847,363	
						$893,476 \cdot 7,833 \cdot 0,7675 \cdot 4 \cdot 2 =$				254,303	
6		7		8		$\frac{254,303 \times h}{3 \cdot 3} =$				893,476	
384,966		715,554		121,288		$4774,36 \text{ cbm}$				254,303 \cdot 7,833 =	
							Displacement bis CWL				893,476
							zwischen den Perpen-				2,229 \odot hinter
							dikeln				Mitte Schiff.
							$\frac{3 139,220 \cdot 0,7675}{893,476} = 2,696$				

Deplacements-
a) Der

Wasserlinie 6						Wasserlinie 4						Wasserlinie 2								
Spt. Nr.	$\frac{1}{2}$ Areal bis WL 6 $\times \frac{2}{3} d$	Simp.-Koeff.	Produkte	Hebel	Momente	$\frac{1}{2}$ Areal bis WL 4 $\times \frac{2}{3} d$	Simp.-Koeff.	Produkte	Hebel	Momente	$\frac{1}{2}$ Areal bis WL 2 $\times \frac{2}{3} d$	Simp.-Koeff.	Produkte	Hebel	Momente					
0	1,025	$\frac{1}{4}$	0,256	6	1,536	2,267	$\frac{1}{4}$	0,567	6	3,402	5,589	$\frac{1}{4}$	1,397	6	8,382					
$\frac{1}{2}$	1,395	1	1,395	$5\frac{1}{2}$	7,672	4,110	1	4,110	$5\frac{1}{2}$	22,605	9,436	1	9,436	$5\frac{1}{2}$	51,898					
1	2,095	$\frac{3}{4}$	1,575	5	7,855	6,692	$\frac{3}{4}$	5,019	5	25,095	14,789	$\frac{3}{4}$	11,092	5	55,460					
2	4,680	2	9,360	4	37,440	14,382	2	28,764	4	115,056	28,095	2	56,190	4	224,760					
3	8,728	1	8,728	3	26,184	23,442	1	23,442	3	70,326	41,192	1	41,192	3	123,576					
4	12,248	2	24,496	2	48,992	30,083	2	60,166	2	120,332	49,896	2	99,792	2	199,584					
5	14,220	1	14,220	1	14,220	33,370	1	33,370	1	33,370	54,038	1	54,038	1	54,038					
6	14,770	2	29,540	0	143,899	34,234	2	68,468	0	390,186	55,035	2	110,070	0	717,698					
7	13,949	1	13,949	1	13,949	32,639	1	32,639	1	32,639	52,699	1	52,699	1	52,699					
8	12,022	2	24,044	2	48,088	28,360	2	56,720	2	113,440	46,155	2	92,310	2	184,620					
9	8,767	1	8,767	3	26,301	21,157	1	21,157	3	63,741	35,172	1	35,172	3	105,516					
10	5,090	2	10,180	4	40,720	12,845	2	25,690	4	102,760	22,100	2	44,200	4	176,800					
11	2,250	$\frac{3}{4}$	1,690	5	8,450	5,780	$\frac{3}{4}$	4,335	5	21,675	10,190	$\frac{3}{4}$	7,642	5	38,210					
$11\frac{1}{2}$	1,235	1	1,235	$5\frac{1}{2}$	6,792	3,185	1	3,185	$5\frac{1}{2}$	17,518	5,565	1	5,565	$5\frac{1}{2}$	30,607					
12	0,135	$\frac{1}{4}$	0,034	6	0,204	0,885	$\frac{1}{4}$	0,221	6	1,321	1,500	1	0,375	6	2,400					
					149,465	144,500						367,853	352,829						621,170	590,852
					144,504							390,186							717,698	
					— 143,899							— 352,829							— 590,852	
					$(0,605 : 149,465) \times h =$		$(37,357 : 367,853) \times h =$		$(126,846 : 621,170) \times h =$											
					0,031 m \odot vor Mitte Schiff.		0,795 m \odot hinter Mitte Schiff.		1,598 m \odot hinter Mitte Schiff.											

b) Der

	CWL			WL 1			WL 2			WL 3		
	Depl.	\odot Abst. unter CWL	Momente	Depl.	\odot Abst. unter WL 1	Momente	Depl.	\odot Abst. unter WL 2	Momente	Depl.	\odot Abst. unter WL 3	Momente
	cbm	m	Momente	cbm	m	Momente	cbm	m	Momente	cbm	m	Momente
Depl. bis zu der betreff. WL	4774,36	2,696	12872,70	4037,45	2,351	9492,05	3319,67	2,01	6672,54	2625,89	1,673	4392,61
„ zw. WL 8 u. Unterkante Kiel	139,83	6,480	906,10	139,83	5,713	798,85	139,83	4,946	691,60	139,83	4,178	584,31
Schrauben und Wellenböcke	5,36	4,095	21,95	5,36	3,328	17,84	5,36	2,561	13,73	5,36	1,793	9,61
Ruder	4,19	4,670	19,58	4,19	3,9	16,34	4,19	3,133	13,13	4,19	2,365	9,91
Anschwellung für die Welle	21,32	3,670	78,94	21,32	2,9	61,83	21,32	2,133	45,48	21,32	1,365	29,10
Heck	21,00	1,126	23,65	12,50	0,873	10,91	6,3	0,614	2,87	3,40	0,328	0,79
	4966,44		13922,22	4220,65		10397,82	3496,57		7440,35	2798,69		5026,93
\odot unter WL für Depl. bis CWL = 2,803				bis WL 1 = 2,463			bis WL 2 = 2,128			bis WL 3 = 1,796		

schwerpunkte.
Länge nach.

Zusammenstellung				
	Depl. in cbm	\odot Abst. hinter der Mitte m	Momente	Schwerpunkt hinter Mitte Schiff für das Depl.
Deplacement bis CWL	4774,36	2,229	10642,9	bis CWL
„ zwischen WL 8 u. Unterkante Kiel	139,83	4,77	667,0	
Schrauben-Wellenböcke, Ruder, Wellenschwellung	30,87	40,00	1234,8	
Heck	21,00	48,72	1023,1	
	4966,44		13567,8	= 2,732 m
Deplacement bis WL 2	3319,69	1,598	5304,8	bis WL 2
„ zwischen WL 8 u. Unterkante Kiel	139,83	4,77	667,0	
Schrauben-Wellenböcke, Ruder, Wellenschwellung	30,87	40,0	1234,8	
Heck	6,30	48,44	305,2	
	3496,67		7511,8	= 2,148 m
Deplacement bis WL 4	1965,80	0,795	1562,8	bis WL 4
„ zwischen WL 8 u. Unterkante Kiel	139,83	4,77	667,0	
Schrauben-Wellenböcke, Ruder, Wellenschwellung	30,87	40,0	1234,8	
	2136,50		3464,6	
Deplacement bis WL 6	798,74	0	—	bis WL 6
„ zwischen WL 8 u. Unterkante Kiel	139,83	4,77	667,0	
Schrauben-Wellenböcke, Ruder, Wellenschwellung	12,79	40,0	511,6	
	951,36		1178,6	

Höhe nach.

WL 4			WL 5			WL 6			WL 7			WL 8		
Depl.	\odot Abst. unter WL 4	Momente	Depl.	\odot Abst. unter WL 5	Momente	Depl.	\odot Abst. unter WL 6	Momente	Depl.	\odot Abst. unter WL 7	Momente	Depl.	\odot Abst. unter WL 8	Momente
cbm	m	Momente	cbm	m	Momente	cbm	m	Momente	cbm	m	Momente	cbm	m	Momente
1965,80	1,339	2632,21	1350,59	1,009	1362,75	798,74	0,680	543,14	332,680	0,352	117,10	—	—	—
139,83	3,41	476,82	139,83	2,643	369,57	139,83	1,875	262,18	139,83	1,108	154,93	139,83	0,34	47,54
5,36	1,026	5,50	4,00	1,00	4,00	2,00	0,4	0,80	—	—	—	—	—	—
4,19	1,598	6,70	4,00	1,50	6,00	2,79	1,00	2,79	2,09	0,9	1,88	1,05	0,4	0,42
21,32	0,59	12,70	15,00	0,50	7,50	8,00	0,4	3,20	—	—	—	—	—	—
2136,50		3133,97	1513,42		1749,82	951,36		812,11	474,60		273,91	140,88		47,96
bis WL 4 = 1,467			bis WL 5 = 1,156			bis WL 6 = 0,854			bis WL 7 = 0,577			bis WL 8 = 0,340		

Berechnung des Lastenmaßstabes.

Wasserlinie 1				Wasserlinie 2				Wasserlinie 3				Wasserlinie 4				Wasserlinie 5				Wasserlinie 6				Wasserlinie 7				
$\frac{1}{2}$ Areal	Pro- dukte	Hebel	Momente	$\frac{1}{2}$ Areal	Pro- dukte	Hebel	Momente	$\frac{1}{2}$ Areal	Pro- dukte	Hebel	Momente	$\frac{1}{2}$ Areal	Pro- dukte	Hebel	Momente	$\frac{1}{2}$ Areal	Pro- dukte	Hebel	Momente	$\frac{1}{2}$ Areal	Pro- dukte	Hebel	Momente	$\frac{1}{2}$ Areal	Pro- dukte	Hebel	Momente	
$\times \frac{2}{3} h$	Koeffz.			$\times \frac{2}{3} h$	Koeffz.			$\times \frac{2}{3} h$	Koeffz.			$\times \frac{2}{3} h$	Koeffz.			$\times \frac{2}{3} h$	Koeffz.			$\times \frac{2}{3} h$	Koeffz.			$\times \frac{2}{3} h$	Koeffz.			
90,870 $\frac{1}{2}$	45,435	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
88,216	2 176,432	1	176,432	88,216 $\frac{1}{2}$	44,108	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
84,659	1 84,659	2	169,318	84,659	2 169,318	1	169,318	84,659 $\frac{1}{2}$	42,329	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
79,829	2 159,658	3	478,974	79,829	1 79,829	2	159,658	79,829 $\frac{1}{2}$	39,914	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
73,197	1 73,197	4	292,788	73,197	2 146,394	3	439,182	73,197 $\frac{1}{2}$	36,559	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
64,161	2 128,322	5	641,610	64,161	4 256,644	5	128,322	64,161 $\frac{1}{2}$	32,081	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
51,111 $\frac{1}{2}$	38,333	6	229,998	51,111	2 102,222	5	255,555	51,111 $\frac{1}{2}$	38,333	3	115,999	51,111 $\frac{1}{2}$	38,333	4	153,332	51,111 $\frac{1}{2}$	38,333	2	76,666	51,111	2	102,222	1	102,222	1	102,222	1	102,222
41,896	1 41,896	6 $\frac{1}{2}$	272,394	41,896	3 125,787	6 $\frac{1}{2}$	309,966	41,896 $\frac{1}{2}$	31,396	6	188,376	41,896 $\frac{1}{2}$	31,396	5	156,980	41,896 $\frac{1}{2}$	31,396	4	125,787	41,896	1	41,896	2 $\frac{1}{2}$	107,240	1	107,240	1	107,240
30,322 $\frac{1}{2}$	7,580	7	53,060	30,322 $\frac{1}{2}$	15,161	7	105,564	30,322 $\frac{1}{2}$	15,161	7	105,564	30,322 $\frac{1}{2}$	15,161	6	90,966	30,322 $\frac{1}{2}$	15,161	5	75,950	30,322 $\frac{1}{2}$	15,161	4	60,760	30,322 $\frac{1}{2}$	15,161	3	45,510	
755,512	2 314,504		621,193	1 626,878			491,315	1 070,782			367,852	642,026			252,730	332,468			149,464	132,543								
Bis WL 1				Bis WL 2				Bis WL 3				Bis WL 4				Bis WL 5				Bis WL 6				Bis WL 7				
$\frac{d}{3} \times \frac{d}{3} \times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\frac{d}{3} \times \frac{d}{3} \times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\frac{d}{3} \times \frac{d}{3} \times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\frac{d}{3} \times \frac{d}{3} \times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\frac{d}{3} \times \frac{d}{3} \times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\frac{d}{3} \times \frac{d}{3} \times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\frac{d}{3} \times \frac{d}{3} \times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	
755,512	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	621,193	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	491,315	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	367,852	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	252,730	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	149,464	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	132,543	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	$\times \frac{d}{3}$	
4037,45	Depl. in cbm		3 319,65	Depl. in cbm			2 625,59	Depl. in cbm			1 965,8	Depl. in cbm			1 350,589	Depl. in cbm			798,736	Depl. in cbm			322,68	Depl. in cbm				
5 314,504	$\times d$	$\times d$	755,512	$\times d$	$\times d$	$\times d$	1 070,782	$\times d$	$\times d$	$\times d$	642,026	$\times d$	$\times d$	$\times d$	332,468	$\times d$	$\times d$	$\times d$	$\times d$	182,543	$\times d$	$\times d$	$\times d$	98,528	$\times d$	$\times d$	$\times d$	
2,351	Depl. \odot unter WL 1		2,551	Depl. \odot unter WL 2			1,673	Depl. \odot unter WL 3			1,359	Depl. \odot unter WL 4			1,005	Depl. \odot unter WL 5			0,680	Depl. \odot unter WL 6			0,352	Depl. \odot unter WL 7				

Hauptspant-Areal.

bis WL 6	bis WL 4	bis WL 2	bis CWL
$14,77 \times \frac{d}{3} \times 4 + 2,82 =$ $\underline{17,94 \text{ qm}}$	$34,234 \times \frac{d}{3} \times 4 + 2,82 =$ $\underline{37,85 \text{ qm}}$	$55,035 \times \frac{d}{3} \times 4 + 2,82 =$ $\underline{59,13 \text{ qm}}$	$76,017 \times \frac{d}{3} \times 4 + 2,82 =$ $\underline{80,60 \text{ qm}}$

Deplacementskoeffizient.

Für Depl. bis WL 6	Für Depl. bis WL 4	Für Depl. bis WL 2	Für Depl. bis CWL
L (Länge zw. d. Perpend.) $\times \frac{1}{2} B \times T =$ $94 \times 6,03 \times 2,31 = 1309,35$ $\frac{1}{2}$ Depl. = 475,68 $\underline{475,68 : 1309,35 =}$ $\underline{0,363 \text{ Depl. Koeff}}$	$L \times \frac{1}{2} B \times T =$ $94 \times 6,802 \times 3,84 = 2455,63$ $\frac{1}{2}$ Depl. = 1068,25 $\underline{1068,25 : 2455,63 =}$ $\underline{0,435 \text{ Depl. Koeff.}}$	$L \times \frac{1}{2} B \times T =$ $94 \times 7 \times 5,375 = 3536,75$ $\frac{1}{2}$ Depl. = 1748,34 $\underline{1748,34 : 3536,75 =}$ $\underline{0,494 \text{ Depl. Koeff.}}$	$L \times \frac{1}{2} B \times T =$ $94 \times 6,965 \times 6,91 = 4524,05$ $\frac{1}{2}$ Depl. = 2483,22 $\underline{2483,22 : 4524,05 =}$ $\underline{0,549 \text{ Depl. Koeff.}}$

Tonnen pro cm Tauchung.

WL 6	WL 4	WL 2	CWL
6,537 Tonnen	8,150 Tonnen	9,053 Tonnen	9,585 Tonnen

Integratoren. Im Schiffbau wird neuerdings zur Bestimmung von Flächeninhalten, ihren Schwerpunkten usw., der Integrator verwendet, wie er in Fig. 112 dargestellt ist.

Das Instrument eignet sich für alle Messungen des Flächeninhalts, des statischen Moments und des Trägheitsmoments ebener Figuren, sowie des Rauminhalts und der Schwerpunktlage von Rotationskörpern.

Man lege das Lineal auf die zu messende Zeichnung, lege die beiden Lehren, welche im Kästchen des Instrumentes untergebracht sind, mit der Kante in die Nut des Lineals und mit der Spitze auf die Zeichnung, und verschiebe das Lineal so, daß die Spitzen der beiden Lehren auf die Momentenachse (d. h. diejenige Linie, auf welche das statische Moment und das Trägheitsmoment bezogen werden sollen) xx fallen. Dann ist das Lineal im richtigen Abstand und parallel zur Momentenachse.

Man setze nun das Instrument so auf die Zeichnung, daß die beiden Laufräder in die

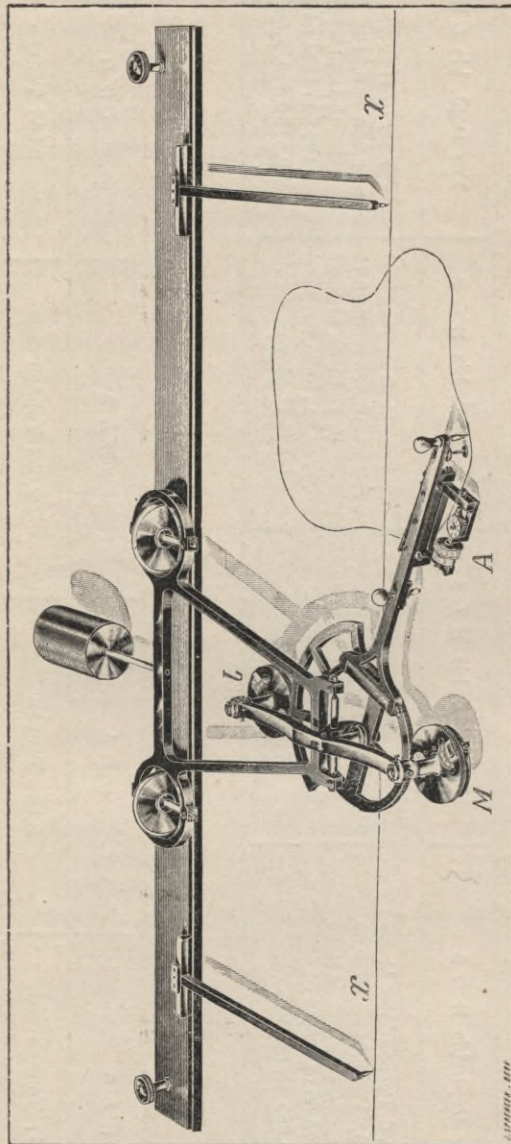


Fig. 112.

Nut des Lineals und die Meßrollen auf das Papier zu liegen kommen. Endlich stecke man das Gegengewicht hinten in den Rahmen des Wagens.

Die drei Differenzen 785, 654, 1350 sind dann die Drehungen der Rollen A , M , J beziehungsweise.

Es ist also

$$a = 785, \quad m = 654, \quad i = 1350$$

und folglich

$$\text{Flächeninhalt} \quad A = 0,1a = 0,1 \times 785 = 78,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Statisches Moment} \quad M = 0,6m = 0,6 \times 654 = 392,4 \text{ cm} \times \text{cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Trägheitsmoment} \quad J &= 10a - 4i = 10 \times 785 - 4 \times 1350 \\ &= 2450 \text{ cm}^2 \times \text{cm}^2. \end{aligned}$$

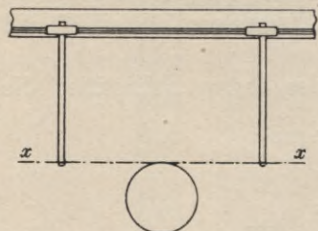


Fig. 114.

3271	785	1427	- 654	8843	1350
4056		0773		10193	
$a = 785$		$m = - 654$		$i = 1350$	

Liegt der Kreis auf der äußeren Seite der Linie xx wie in Fig. 114 und wiederholt man die Messung, so erhält man, unter Voraussetzung, daß die Anfangsablesungen dieselben seien, wie beim vorigen Beispiel

Die Rollen A und J führen also dieselben Drehungen aus wie vorher. Die Rolle M dreht sich zwar gleich viel, aber im entgegengesetzten Sinn wie vorher. Die Rollendrehung von M ist daher jetzt als negative Größe anzusehen.

Die Gesamtdrehung der Rolle A ist stets eine vorwärtsgehende, diejenige der Rolle M ist vorwärts- oder rückwärtsgehend — positiv oder negativ, — je nachdem der überwiegende Teil der Figur zwischen Lineal und Momentenachse oder außerhalb der Momentenachse liegt. Umgekehrt erkennt man aus der positiven oder negativen Drehung der Rolle M , ob der Schwerpunkt der gemessenen Figur zwischen Momentenachse und Lineal oder außerhalb der Momentenachse liegt.

Die Gesamtdrehung der Rolle J ist in den weitaus häufigsten Fällen vorwärtsgehend, also positiv zu nehmen. Rückwärtsgehend, also negativ, ist die Gesamtdrehung bloß, wenn die Figur der ganzen Ausdehnung nach weit weg von der Momentenachse liegt. Es muß dann auch in der Formel für J das zweite Glied addiert statt subtrahiert werden.

Es empfiehlt sich, eine Figur vor oder nach der genauen Messung ein oder mehrere Male ganz oberflächlich mit dem Fahrstift zu umfahren, um sich über die ungefähre Größe und den Sinn der Rollendrehungen zu vergewissern. Bei solchem rohen Umfahren richtet man den Blick eher nach den Zählerdisks als nach dem Fahrstift.

Eine Messung, welche Anspruch auf Zuverlässigkeit haben will, muß mindestens einmal wiederholt werden.

Am Fahrarm des Integrators ist außer dem festen Fahrstift Nr. 1 noch ein beweglicher Fahrstift Nr. 2 angebracht, welcher zum Messen von Figuren kleiner Querausdehnung zweckmäßig ist. Wenn immer es möglich ist, eine Figur mit dem beweglichen Fahrstift zu umfahren, so tue man es, weil man dann größere Rollendrehungen und entsprechend genauere Resultate erhält, als mit dem festen Fahrstift. Beim Umfahren einer Figur mit dem beweglichen Fahrstift führe man den Fahrarm am festen Fahrstift und folge der Spitze des beweglichen Fahrstifts mit dem Auge.

Für den beweglichen Fahrstift Nr. 2 gelten folgende Formeln

$$A = 0,05 a$$

$$M = 0,15 m$$

$$J = \frac{10}{8} a - \frac{1}{2} i,$$

wobei a, m, i die nunmehrigen Rollendrehungen bedeuten.

Mißt man eine Figur mit dem festen Fahrstift, so ziehe man den beweglichen Fahrstift heraus und lege ihn beiseite.

Beispiel: Berechnung des Widerstandsmomentes einer Schiene (Fig. 115). (Die Figur ist in natürlicher Größe gezeichnet, so daß man bei einer Messung derselben annähernd die nachfolgenden Resultate wieder erhalten wird.)

Man ziehe zunächst eine Linie xx parallel zu ab derart daß, wenn man das Integratorlineal auf xx einstellt, man das ganze Schienenprofil mit dem beweglichen Fahrstift umfahren kann.

Man stelle nun das Lineal auf xx als Momentenachse ein und messe den Flächeninhalt und das statische Moment des Profils. (Das Trägheitsmoment braucht man vorläufig noch nicht).

Es ergibt dies:

	A	M
	6202	7108
	6766 564	7255 147
	7328 562	7403 148
Mittel	$a = 563$	$m = 147,5$

$$A = 0,05 \times 563 = 28,15 \text{ cm}^2 \qquad M = 0,15 \times 147,5 = 22,12 \text{ cm}^3.$$

Die Höhe h der neutralen Achse $x_n x_n$ über der Linie xx ist dann gleich

$$h = \frac{M}{A} = \frac{22,12}{28,15} = 0,786 \text{ cm}.$$

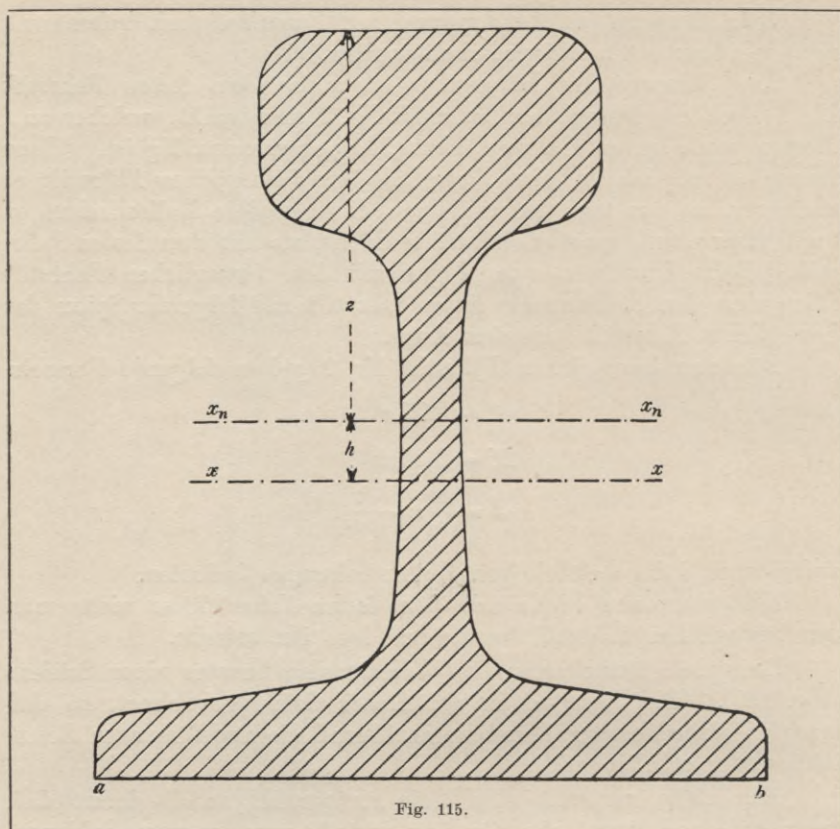


Fig. 115.

(Wäre m negativ, so würden M und auch h negativ ausfallen und es würde dann $x_n x_n$ unterhalb xx liegen).

Man zeichne die Linie $x_n x_n$ wirklich in das Profil ein, stelle das Integratorlineal nunmehr auf $x_n x_n$ als Momentenachse ein und messe nochmals Flächeninhalt, statisches Moment und jetzt auch das Trägheitsmoment, wieder mit dem beweglichen Fahrstift.

Man findet so

	A	M	J
	7864	7730	6761
	564	-3	631
	8428	7727	7392
	562	-3	630
	8990	7724	8022
Mittel	$a = 563$	$m = -3$	$i = 630,5$

$$J_n = \frac{10}{8} \times 563 - \frac{1}{2} \times 630,5 = 388,5 \text{ cm}^4.$$

Die Größen a und m brauchte man eigentlich jetzt nicht zu messen, da a denselben Wert wie vorher haben und $m = 0$ sein sollte,

weil ja die neutrale Achse als Momentenachse gewählt wurde. Die neuerliche Bestimmung von a und m empfiehlt sich aber doch als Kontrolle für die vorhergegangene Messung.

Aus der Figur mißt man den Abstand z der entferntesten Faser von der neutralen Achse. Es ist im vorliegenden Fall $z = 5,22$ cm.

Es ist mithin das Widerstandsmoment

$$W = \frac{J_n}{z} = \frac{388,5}{5,22} = 74,4 \text{ cm}^3.$$

Hat man eine Figur zu messen, die soweit von der Momentenachse x_0x_0 entfernt liegt, daß man die Figur mit dem Fahrstift nicht umfahren könnte, wenn man die Integratorschiene auf die Achse x_0x_0 einstellte, so ziehe man zu x_0x_0 eine Parallele xx , die durch die Figur hindurch geht und, als Momentenachse angesehen, gestattet, die Figur mit dem Integrator zu messen. Dann bestimme man die Lage der neutralen Achse x_nx_n wie in dem vorhergehenden Beispiel, zeichne x_nx_n in die Figur ein, stelle das Integratorlineal auf x_nx_n ein und messe das Trägheitsmoment J_n in bezug auf x_nx_n (Fig. 116).

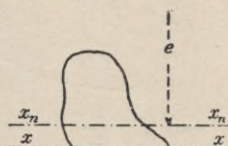


Fig. 116.

Bezeichnet e (ausgedrückt in cm) den Abstand der Linien x_0x_0 und x_nx_n , A den Flächeninhalt der Figur, so ergeben sich das statische Moment M_0 und das Trägheitsmoment J_0 in bezug auf Achse x_0x_0 aus den Formeln

$$M_0 = eA, \quad J_0 = J_n + e^2 A.$$

Man könnte zwar die Werte von M_0 und J_0 auch aus den Messungen in bezug auf Achse xx ableiten, was sich aber wegen Mangel an Übersichtlichkeit des Verfahrens nicht empfiehlt.

Ist eine Figur so groß, daß man sie nicht in einem Mal umfahren kann, so teile man sie durch Hilfslinien in mehrere Stücke ein und ziehe zu jedem Stück eine Hilfsmomentenachse parallel zur vorgeschriebenen Momentenachse, wenn es bei der Einstellung des Integratorlineals auf die richtige Momentenachse nicht möglich ist, die einzelnen Stücke mit dem Fahrstift zu umfahren.

Dann bestimme man von jedem einzelnen Stück der Figur die neutrale Achse parallel zur vorgeschriebenen Achse, das Trägheitsmoment in bezug auf die neutrale Achse und den Flächeninhalt, leite sodann durch Rechnung das statische Moment und das Trägheitsmoment jedes Stückes in bezug auf die vorgeschriebene Achse nach den Formeln

$$M = eA, \quad J = J_n + e^2 A$$

ab und bilde schließlich die Summe der Flächeninhalte A der einzelnen Stücke, die Summe der statischen Momente M und die Summe der Trägheitsmomente J . Die genannten Summen sind dann Flächeninhalt und Momente der ganzen Figur.

Hat man eine in der Richtung der Momentenachse langgestreckte Figur, wie z. B. den Plan der Wasserlinien eines Schiffes, welche man durch Querstriche so teilen kann, daß man jedes Stück in bezug auf eine und dieselbe Achse messen kann, so ist die Sache sehr einfach, weil dann auch die Momente der ganzen Figur sich aus der Summe der Momente der einzelnen Stücke zusammensetzen.

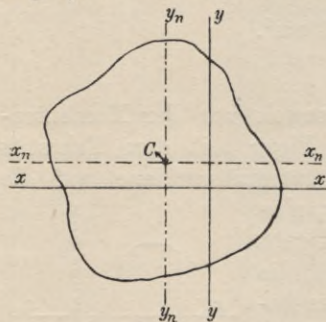


Fig. 117.

Bestimmung des Schwerpunkts einer Figur (Fig. 117). Man ziehe irgend zwei sich ungefähr senkrecht schneidende Linien xx und yy durch die Figur, messe die Werte von A und M zuerst in bezug

auf xx , dann in bezug auf yy ; berechne daraus den Abstand der zu xx parallelen neutralen Achse x_nx_n nach der Formel

$$h = \frac{M}{A};$$

berechne ebenso den Abstand der zu yy parallelen neutralen Achse y_ny_n und zeichne die beiden Linien x_nx_n und y_ny_n in die Figur ein. Der Schnittpunkt C der beiden Linien ist dann der gesuchte Schwerpunkt.

Ist eine Zeichnung nicht in natürlicher Größe gezeichnet, sondern in einem andern Maßstabe $1:n$, so hat man zur Berechnung von A , M und J die Formeln zu benutzen:

Für den feststehenden Fahrstift:

$$A = 0,1a \times n^2$$

$$M = 0,6m \times n^3$$

$$J = (10a - 4i)n^4$$

Für den beweglichen Fahrstift:

$$A = 0,05a \times n^2$$

$$M = 0,15m \times n^3$$

$$J = \left(\frac{10}{8}a - \frac{1}{2}i\right)n^4.$$

Die Maßeinheit für die Größen A , M , J ist dann wieder der Zentimeter.

Wäre z. B. in dem früheren Beispiel die Schiene in halber Größe gezeichnet gewesen, so hätte man zur Berechnung die vorstehenden Formeln anzuwenden und da jetzt $1:n = 1:2$ ist, darin $n = 2$ setzen müssen. Da $n^2 = 4$, $n^3 = 8$, $n^4 = 16$, so würden also die Formeln lauten

$$A = 0,2a, \quad M = 1,2m, \quad J = 20a - 8i$$

für den zur Messung angewandten beweglichen Fahrstift.

Will man die Resultate in Metern statt in Zentimetern ausgedrückt erhalten, was bei den Berechnungen im Schiffbau meistens der Fall sein wird, so bediene man sich folgender Formeln:

Für den festen Fahrstift:

$$A = 0,1 a \left(\frac{n}{100}\right)^2$$

$$M = 0,6 m \left(\frac{n}{100}\right)^3$$

$$J = (10a - 4i) \left(\frac{n}{100}\right)^4$$

Für den beweglichen Fahrstift:

$$A = 0,05 a \left(\frac{n}{100}\right)^2$$

$$M = 0,15 m \left(\frac{n}{100}\right)^3$$

$$J = \left(\frac{10}{8} a - \frac{1}{2} i\right) \left(\frac{n}{100}\right)^4.$$

Ist z. B. die zu messende Figur im Maßstab 1 : 50 gezeichnet, so ist $n = 50$ zu setzen, also

$$\frac{n}{100} = \frac{1}{2}, \quad \left(\frac{n}{100}\right)^2 = \frac{1}{4}, \quad \left(\frac{n}{100}\right)^3 = \frac{1}{8}, \quad \left(\frac{n}{100}\right)^4 = \frac{1}{16}$$

und die obigen Formeln nehmen in diesem besonderen Fall folgende Form an:

$$A = \frac{0,1 a}{4}$$

$$M = \frac{0,6 m}{8}$$

$$J = \frac{10 a - 4 i}{16}$$

$$A = \frac{0,05 a}{4}$$

$$M = \frac{0,15 m}{8}$$

$$J = \frac{10}{128} a - \frac{1}{32} i.$$

Rollenablesungen. Der Umfang der Rolle ist in 100 Teile eingeteilt. Die Zehntel eines solchen Teiles werden am Nonius abgelesen. Die ganzen Umdrehungen der Rolle werden am Zählscheibchen abgelesen, das bei jeder Umdrehung der Rolle um einen Teilstrich vorrückt. Bei 10 vollen Umdrehungen der Rolle macht das Zählscheibchen eine ganze Umdrehung.

Jede Rollenablesung gibt eine vierstellige Zahl. Man liest die Tausender auf dem Zählscheibchen ab, die Hunderter und Zehner auf der Rolle und die Einer am Nonius. Die Ablesung der in der Fig. 118 abgebildeten Rolle mit Zählscheibchen wäre z. B. 1407. Der abzulesende Noniusteil, im vorliegenden Beispiel der siebente, ist derjenige Noniusteil, welcher einem Rollenteil gerade gegenübersteht, oder doch am nächsten gegenübersteht.

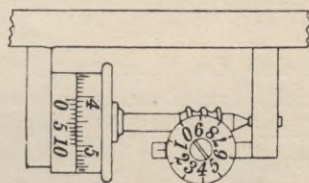


Fig. 118.

Wenn der Nullpunkt der Rolle dem Nullpunkt des Nonius gegenübersteht, sollte gerade ein Teilstrich des Zählscheibchens der festen Marke gegenüberstehen. Infolge des toten Ganges des Zählscheibchens trifft dies gewöhnlich nicht genau zu, und man muß diesem

Umstand in derselben Weise Rechnung tragen wie bei einer Uhr, wenn der Minutenzeiger auf 12 Uhr steht und der Stundenzeiger nicht genau die volle Stunde zeigt.

Um die richtige Rollendrehung aus Anfangs- und Endablesung zu erhalten, muß man darauf achten, ob die Gesamtdrehung der Rolle eine vorwärtsgehende oder eine rückwärtsgehende ist und ferner, ob und wieviel mal und in welchem Drehungssinne der Nullpunkt des Zählscheibchens an der festen Marke vorbeigehen muß, die hin- und hergehenden Vorübergänge des Nullpunktes nicht mitgerechnet. War die Gesamtdrehung vorwärtsgehend, so zählt man ebenso oftmal die Zahl 10,000 zu der Endablesung hinzu als der Nullpunkt des Zählscheibchens an der festen Marke vorbeiging. War die Gesamtdrehung rückwärtsgehend, so hat man das entsprechend vielfache von 10,000 der Anfangsablesung hinzuzufügen, bevor man die Differenz von Anfangs- und Endablesung bildet. Das Verfahren ist ebenso einfach wie wenn man einerseits den Zeitunterschied z. B. von vormittags 10 Uhr bis nachmittags 2 Uhr desselben Tages, oder andererseits von vormittags 10 Uhr bis abends 7 Uhr des vorhergehenden Tages, von der Uhr ablesen will.

Man soll es möglichst vermeiden, die Meßrollen mit den Fingern anzurühren. Man versuche daher nicht, die Rollen vor dem Umfahren einer Figur auf Null einzustellen; es wäre dies überdies viel zeitraubender und umständlicher als die Rollen abzulesen, so wie sie gerade zufällig zu stehen kommen.

Eine Meßrolle muß sehr leicht laufen; ihre Achse soll deswegen etwas Spiel haben; doch darf die Rolle den Nonius nicht berühren können.

Die Achsen des Bewegungsmechanismus des Integrators und die Achse des Fahrarms dürfen nicht wackeln, im übrigen kommt es nicht darauf an, ob sie mehr oder weniger leicht laufen. Gelegentliches Ölen der Spitzen der Achsen ist empfehlenswert, feines Öl vorausgesetzt.

Werden die Räder des Wagens in ihrer Achsenrichtung verstellt, so geht die Genauigkeit des Integrators verloren; dasselbe ist der Fall beim Verstellen oder Verbiegen des Fahrarms.

Die Meßrollen dagegen lassen sich in der Achsenrichtung verstellen ohne Einfluß auf die Genauigkeit des Instruments. Man kann daher die Meßrollen zum Zweck gründlicher Reinigung unbedenklich wegnehmen, vorausgesetzt, daß man dabei die nötige Vorsicht anwendet. Vor allem soll man den Rollenrand unverändert lassen, nicht abpolieren und nicht zerkratzen und die Spitzen der Rollenachse vor Beschädigung bewahren, weil davon die Brauchbarkeit des Integrators abhängt.

Ist der Integrator infolge Beschädigung des Mechanismus ungenau geworden, so kann man, wenn die Ungenauigkeit nicht allzu groß ist, auch ohne Reparatur von Seite des Mechanikers, noch genaue Resultate bekommen, wenn man jede Messung in der Art wiederholt, daß man das Zeichnungsblatt vor der zweiten Messung um 180° dreht, so daß der Teil der Figur, der bei der ersten Messung zwischen Lineal und Momentenachse lag, bei der zweiten Messung außerhalb der Momentenachse zu liegen kommt. Man nimmt dann aus den Resultaten der beiden Messungen das Mittel.

Der Integrator Nr. 4 (Fig. 119) dient zum Messen von:

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1. Flächeninhalt | $\int y dx = A$ |
| 2. Statischem Moment | $\frac{1}{2} \int y^2 dx = M$ |
| 3. Trägheitsmoment | $\frac{1}{3} \int y^3 dx = J$ |
| 4. Moment vierter Ordnung | $\frac{1}{4} \int y^4 dx = P.$ |

ebener Figuren.

Die größte Figur, welche auf einmal gemessen werden kann, ist ein Rechteck von 157 cm Länge und 62 cm Breite.

Länge des Lineals 200 cm.

Weg des Wagens 172 cm.

Abstand der Momentenachse vom Lineal 31,5 cm.

Der Integrator Nr. 4 kann gleicherweise wie die Integratoren Nr. 1 und Nr. 2 verwendet werden; außerdem aber noch zur Messung des Trägheitsmoments von Rotationskörpern sowohl in bezug auf die Rotationsachse als auch in bezug auf irgend eine andere Achse.

Das Instrument findet hauptsächlich Verwendung zur Berechnung der ballistischen Eigenschaften von Geschossen, des Rückschlagswiderstandes von Geschützrohren, Panzertürmen u. dergl. Rotationskörpern, sowie zur Messung der Schwungkraft von Schwungrädern.

Der Bereich des Instruments beim Messen von Schwerpunktlage und Trägheitsmoment in bezug auf eine Querachse eines Rotationskörpers hängt von der Form des Profils ab.

Ein Zylinder von 120 cm Länge ist z. B. der längste Zylinder, welcher bei einem Durchmesser von 20 cm gemessen werden kann. Je kürzer der Rotationskörper ist, desto größer darf sein Durchmesser sein.

Der Integrator ist mit vier Meßrollen A , M , J , P , sowie außer dem festen Fahrstift mit zwei beweglichen Fahrstiften versehen.

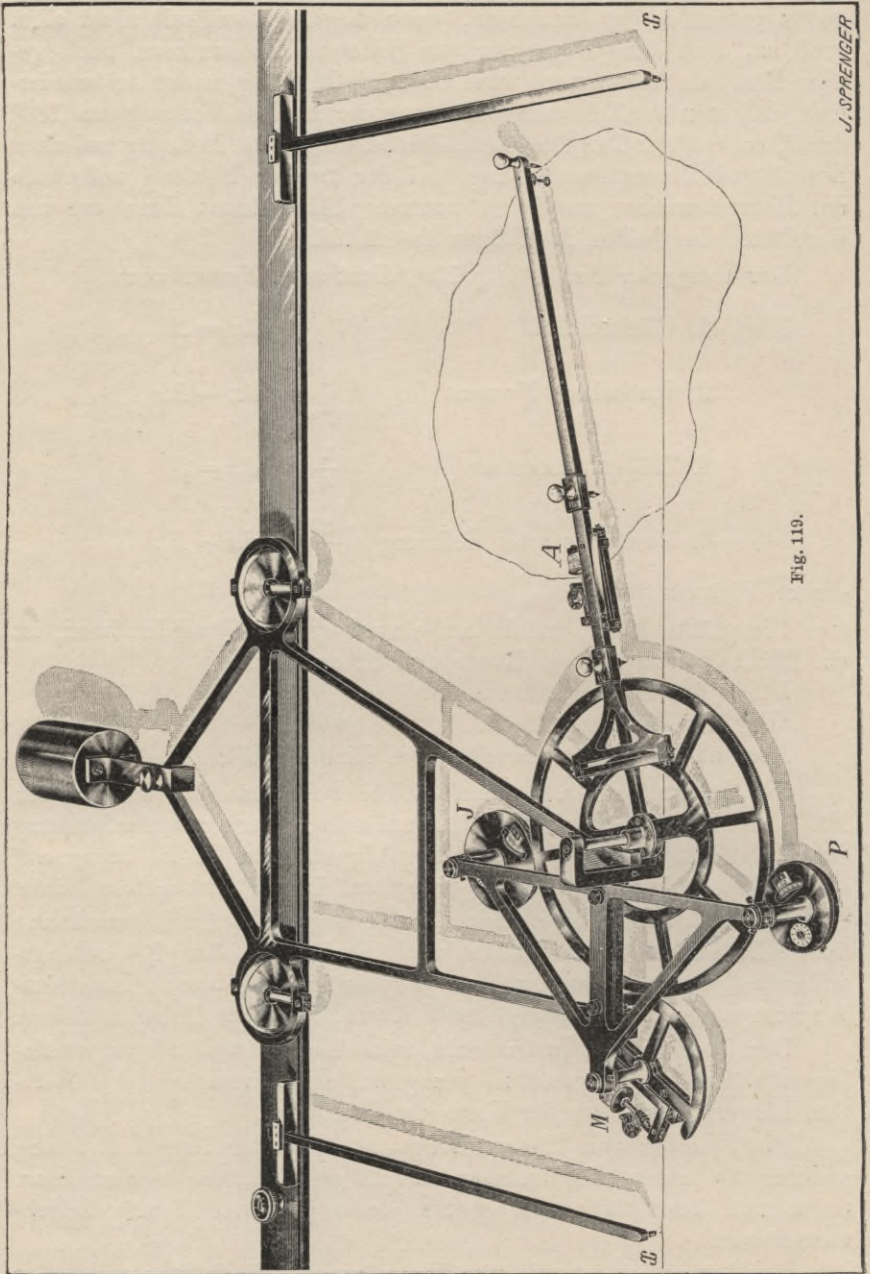


Fig. 119.

J. SPRENGER

Es seien a, m, i, p die Rollendrehungen der Rollen A, M, J, P , beziehungsweise, beim Umfahren einer Figur. Dann gelten folgende Formeln:

Für den Fahrstift Nr. 1:

$$A = 0,24a$$

$$M = 2,4m$$

$$J = 32(3a - i)$$

$$P = 480(4m - p).$$

Für den beweglichen Fahrstift Nr. 2:

$$A = 0,12a$$

$$M = 0,6m$$

$$J = 4(3a - i)$$

$$P = 30(4m - p).$$

Für den beweglichen Fahrstift Nr. 3:

$$A = 0,06a$$

$$M = 0,15m$$

$$J = 0,5(3a - i)$$

$$P = \frac{15}{8}(4m - p).$$

Die Maßeinheit der aus den Formeln erhaltenen Resultate ist der Zentimeter.

Ist die Figur im Maßstab $1 : n$ gezeichnet, so gelten für A, M, J ähnliche Formeln wie bei Integrator Nr. 1 erklärt.

Für P gelten folgende Formeln:

$$P = 480(4m - p)n^5, \quad P = 30(4m - p)n^5, \quad P = \frac{15}{8}(4m - p)n^5,$$

wenn man das Resultat in cm ausgedrückt erhalten will, dagegen

$$P = 480(4m - p)\left(\frac{n}{100}\right)^5, \quad P = 30(4m - p)\left(\frac{n}{100}\right)^5, \quad P = \frac{15}{8}(4m - p)\left(\frac{n}{100}\right)^5,$$

wenn das Resultat in Metern ausgedrückt sein soll.

Wie die Drehung der Rolle M , so kann auch diejenige der Rolle P und dementsprechend der Wert des Moments vierter Ordnung negativ ausfallen. Es ist dies wieder der Fall, wenn der größte Teil der Figur außerhalb der Momentenachse liegt.

B. Stabilitätsberechnung.

Auftrieb und Schwerkraft. Schwimmt ein Körper in einer Flüssigkeit, so halten sich das Gewicht des Körpers und sein Auftrieb, nach dem Archimedischen Prinzip, das Gleichgewicht. Auf einen im Ruhe-

zustande schwimmenden Körper übt die Flüssigkeit einen Druck aus, der senkrecht aufwärts wirkt und im Displacementsschwerpunkt des Körpers angreifend gedacht werden kann. Soll der Körper im Ruhezustand schwimmend verharren, so muß dem Auftrieb entgegengesetzt mit gleichem Drucke gegen die Schwerkraft das Gewicht des Körpers wirken, das im Systemschwerpunkte angreifend, senkrecht abwärts wirkend, gedacht werden kann. Würden diese Kräfte des Auftriebes und der Schwerkraft nicht gleich sein, so würde die größere Kraft den Körper entweder nach der Tiefe drücken oder noch mehr über die Wasseroberfläche heben, bis wieder Ruhezustand eingetreten ist.

Damit der Körper schwimmend im Gleichgewicht oder im Ruhezustand bleibt, müssen die Angriffspunkte dieser beiden Kräfte, also der Displacements- \odot und der System- \odot in einer Vertikalen liegen, die bei einem Schiffe in seiner Symmetrieebene liegt.

Der eine dieser Schwerpunkte, der System- \odot , ist ein fester Punkt des Schiffes, der seine Lage nicht ändert (vorausgesetzt, daß nicht Gewichtsteile selbst verändert werden), während der Displacements- \odot mit der jeweiligen Neigung des Schiffes seine Lage wechselt.

Das Gesamtvolumen des eingetauchten Teiles des Schiffes ändert sich zwar bei Veränderung der Schiffs-lage nicht, aber der Displacementskörper verliert die symmetrische Gestalt. Der Displacements- \odot rückt aus der vertikalen Längsschiffsebene nach jener Seite, in der sich der größere Volumenteil nach der Neigung befindet.

Bei jeder Neigung des Schiffes entsteht durch das Hinausrücken des Displacements- \odot aus der Vertikalen durch den System- \odot ein Kräftepaar aus Auftrieb und Schwerkraft, welches das Schiff wieder in seine Ruhelage vor der Neigung zurückzudrehen bestrebt ist.

Gleichgewichtslagen. Kehrt das Schiff nach Aufhören der neigenden Kraft wieder in seine aufrechte Lage, mit dem Deck nach oben, zurück, so hat das Schiff stabiles Gleichgewicht, bleibt es in der geneigten Lage liegen, so ist sein Gleichgewicht indifferent, und fällt es bei der beginnenden Neigung um, kentert es (d. h. wendet den Boden nach oben), so heißt sein Gleichgewicht labil.

Die Fähigkeit des Schiffes, aus der geneigten Lage von selbst nach Aufhören der neigenden Kraft in die ursprüngliche, aufrechte Lage zurückzukehren, nennt man die Stabilität des Schiffes.

Ein charakteristisches Merkmal zur Beurteilung der Stabilität ist das Metazentrum, welches der Schnittpunkt M der Auftriebsrichtung nach der Neigung mit der Symmetrieebene ist.

1. Liegt M über G , dem System- \odot , so ist der Displacements- \odot nach der eintauchenden Seite getreten und es ist Aufrichtungsvermögen vorhanden.

2. Fallen M und G zusammen, so ist indifferentes Gleichgewicht vorhanden.

3. Kommt G über M zu liegen, so hat sich der Deplacements- \odot nach der eintauchenden Seite verschoben und das Schiff kentert.

Metazentrum. Das Wort Metazentrum leitet sich ab aus Meta, die Grenze, und Zentrum. Es bildet gleichsam den Grenzpunkt, bis zu welchem der Systemschwerpunkt in der aufrechten Lage oder bei unendlich kleinen Neigungen gehoben werden könnte, ohne daß das Schiff in das labile Gleichgewicht übergehen und kentern würde. Die Lage des Metazentrums bei einem bestimmten Neigungswinkel hängt nur von der Form des Schiffes ab.

Die Lage des System- \odot selbst ist aber abhängig von der Anordnung und Verteilung der Gewichte während der Erbauung und von der Stauung der Gewichte nach dem Baue während des Gebrauches des Schiffes.

Arten der Stabilität. Danach ist die Stabilität eines Schiffes abhängig:

1. von der Form des Unter- und Oberwasserschiffes,
2. von der Verteilung der Gewichte an Bord.

Die Lage des Metazentrums ist noch abhängig von der Größe der Neigung und von der Lage der Drehachse, um welche das Schiff geneigt gedacht wird.

Man unterscheidet:

- I. Anfangsstabilität bei Neigungen um unendlich kleine Winkel, so daß die Lage des Metazentrums als unverändert fest angesehen werden kann;
- II. Stabilität für Neigungen um bestimmte Winkel, so daß der Punkt M seine Stellung auf der Symmetrieebene entsprechend dem Neigungswinkel ändert.

Hierbei können wieder unterschieden werden ob:

- a) die Drehung um die horizontale Längsachse geschieht, um das Breiten- oder Lateralmetazentrum zu finden, oder
- b) die Drehung um die horizontale Querachse erfolgt, um das Längen- oder Longitudinal-Metazentrum zu finden.

Man unterscheidet ferner statische und dynamische Stabilität.

- A. Statische Stabilität ist das Kraftmoment, welches das selbständige Zurückdrehen des Schiffes aus der geneigten in die aufrechte Lage bewirkt.
- B. Dynamische Stabilität bezeichnet den Aufwand an mechanischer Arbeit, der nötig ist, um das Schiff um einen bestimmten Winkel zu krängen.

Ermittlung des Breitenmetazentrums. Zur Ermittlung eines Ausdruckes für das Breitenmetazentrum werde ein Schiff um den unendlich kleinen Winkel φ geneigt. Die unmittelbar aufeinanderfolgenden Wasserlinien, \overline{AB} , die Schwimmebene in der aufrechten Lage, und $\overline{A_1B_1}$, die neue Schwimmebene nach der unendlich kleinen Neigung, schneiden sich in einer Geraden, welche in der Symmetrieebene liegt und deren Projektion der Punkt O ist. \overline{AO} ist dann gleich $\overline{A_1O} = \overline{BO} = \overline{B_1O}$. Bei der Drehung findet eine Vergrößerung oder Verminderung des Deplacements nicht statt;

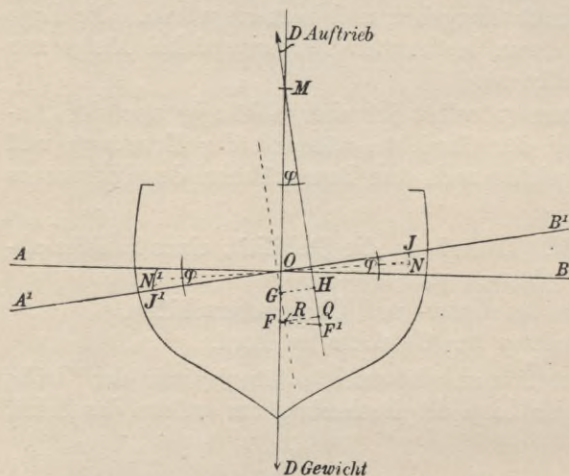


Fig. 120.

und weil die Neigung nur um einen unendlich kleinen Winkel gedacht ist, müssen die beiden Keilstücke, deren Querschnitte in der Figur als $\overline{AOA_1}$ und $\overline{BOB_1}$ erscheinen, nach Form und Inhalt gleich sein (Fig. 120).

Der Hebelarm \overline{GH} des Kräftepaars aus Auftrieb und Schwerkraft ist die Senkrechte aus dem System- \odot (G) auf die Auftriebsrichtung gefällt.

Das Moment dieses Kräftepaars ist gleich Deplacement mal Hebelarm, also $D \times \overline{GH}$. \overline{GH} läßt sich bestimmen aus dem rechtwinkligen Dreieck \overline{MGH} mit:

$$\overline{GH} = \overline{GM} \times \sin \varphi.$$

Das Moment ist dann:

$$\text{Mom.} = D \times \overline{GM} \sin \varphi.$$

Bei der Neigung wandert der Deplacement- \odot nach der eingetauchten Seite von F nach F_1 . Diese Verschiebung geschieht parallel der Verbindungslinie der Schwerpunkte N und N_1 der beiden Keilstücke und steht im umgekehrten Verhältnisse des Volumens (der Gewichte) des gesamten Körpers zu jenem der auf ihm verschobenen Massen. Im vorliegenden Falle, wenn v das Volumen des Keilstückes bezeichnet, ist:

$$\frac{\overline{FF_1}}{\overline{NN_1}} = \frac{v}{D} \quad \text{oder} \quad \overline{FF_1} = v \times \frac{\overline{NN_1}}{D}$$

Sind J und J_1 die Projektionen der Schwerpunkte N und N_1 auf $A_1B_1A_1B_1$, so ist:

$$\frac{\overline{FQ}}{JJ_1} = \frac{v}{D}, \quad \text{wenn } \overline{FQ} \text{ normal zu } \overline{QM}.$$

\overline{GH} ist aber gleich $\overline{FQ} - \overline{FR}$, und $\overline{FR} = \overline{GF} \sin \varphi$.

$$\overline{GH} = \frac{v \times \overline{JJ_1}}{D} - \overline{GF} \sin \varphi$$

$$\overline{GH} = \overline{GM} \sin \varphi.$$

In die vorstehende Gleichung eingesetzt, ergibt:

$$\overline{GM} \sin \varphi = \frac{v \times \overline{JJ_1}}{D} - \overline{GF} \sin \varphi$$

$$\sin \varphi (\overline{GM} + \overline{GF}) = \frac{v \times \overline{JJ_1}}{D}.$$

$$\overline{GM} + \overline{GF} = \overline{FM}.$$

$$\overline{FM} \sin \varphi = \frac{v \times \overline{JJ_1}}{D}.$$

somit die Entfernung des Breitenmetazentrums vom Deplacements- \odot :

$$\overline{MF} = \frac{v \times \overline{JJ_1}}{D \sin \varphi}.$$

Bei der Gleichheit der Keilstücke ist $v \times \overline{JJ_1} = v \times 2 \times \overline{JO}$.

Bei der Kleinheit des Neigungswinkels können die Querschnitte der Keilstücke als Dreiecke angesehen werden, also Inhalt eines Dreieckes AOA_1 oder $BOB_1 = (\frac{1}{2} \text{ Grundlinie mal Höhe}) \frac{1}{2} \overline{AO} \times \overline{A_1O} \times \sin \varphi = \frac{1}{2} y^2 \sin \varphi$, da AO allgemein die Ordinate y der halben Wasserlinie ist.

Horizontalmoment des Dreiecks (Inhalt mal Entfernung des Schwerpunkts von der Drehachse O , (\odot des Dreiecks auf $\frac{2}{3}$ der Höhe)

$$= \frac{1}{2} \overline{AO} \times \overline{A_1O} \sin \varphi \times \frac{2}{3} \overline{AO} = \frac{1}{3} y^3 \sin \varphi$$

$$= \text{Horizontalmoment jedes Keilquerschnittes.}$$

Das Horizontalmoment einer unendlich kleinen Schicht des Keilstücks, die aus dem zitronenscheibenförmigen Keilstücke herausgeschnitten gedacht ist, wie Fig. 121 zeigt, ist dann:

$$\frac{1}{3} y^3 \sin \varphi \times dx.$$

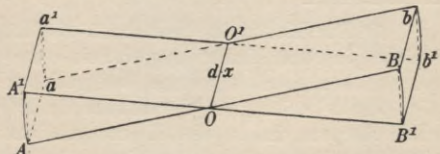


Fig. 121.

$2v \times \overline{JO}$ kann mit Hilfe der Simpsonschen Annäherungsformel über die ganze Länge der Schwimmebene errechnet werden, und \overline{MF} ist dann:

$$\overline{MF} = \frac{\frac{2}{3} \times \frac{dx}{3} \sin \varphi [y_0^3 + 4y_1^3 + 2y_2^3 + 4y_3^3 + \dots + 4y_{n-1}^3 + y_n^3]}{D \sin \varphi}$$

oder:

$$\overline{MF} = \frac{\text{Trägheitsmoment der Schwimmebene bezogen auf die Symmetrieachse}}{D \text{ in cbm}},$$

weil der Zähler das Trägheitsmoment¹⁾ einer Schwimmebene bezogen auf die Längsachse darstellt.

Ermittlung des Längenmetazentrums. Für das Längenmetazentrum (Fig. 122) kann durch gleiche Betrachtungen ein ähnlicher

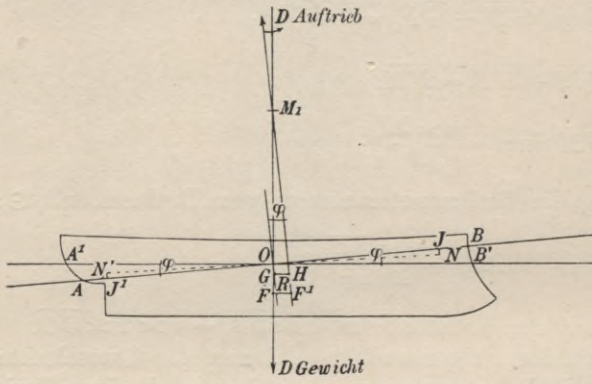


Fig. 122.

Ausdruck gefunden werden. Hierbei wird das Trägheitsmoment auf eine durch den \odot der Schwimmebene gelegte Achse bezogen. Sind dann y_0 bis y_n die Ordinaten (d. h. die gewöhnlichen Berechnungsordinaten = halbe Spantbreiten) des vorderen Teiles

der Schwimmebene und y'_0 bis y'_n die Ordinaten der hinteren Hälfte der Schwimmebene, so ist:

$$\overline{M_1 F} = \frac{\frac{2}{3} \times dx^3 [O \times y_0 + 1^2 \times 4y_1 + 2^2 \times 2y_2 + \dots + (n-1)^2 \times 4y_{n-1} + n^2 y_n + O y'_0 + 1^2 \times 4y'_1 + 2^2 \times 2y'_2 + 3^2 \times 4y'_3 + \dots + n^2 y'_n]}{D}$$

oder:

$$\overline{M_1 F} = \frac{\text{Trägheitsmoment der Schwimmebene bezogen auf die Querachse}}{D \text{ in cbm}}$$

1) Die Mechanik bezeichnet als Trägheitsmoment diejenige ideale Masse, welche in der Entfernungseinheit von der Drehungsachse eines rotierenden Körpers konzentriert gedacht, bei gleicher Winkelgeschwindigkeit dieselbe lebendige Kraft besitzt, wie der rotierende Körper. Sie findet das Trägheitsmoment eines Körpers, indem die Summe gebildet wird aus den Produkten aller Massenteilchen mit den Quadraten ihrer Abstände von der Drehungsachse.

Schema zur Berechnung der Breiten- und Längenmetazentren nach der Simpsonschen Regel. Breiten-(Lateral-)Metazentrum.

Wasserlinie 6.				Wasserlinie 4.				Wasserlinie 2.				CWL			
Spant Nr.	Kuben der Ordinaten	Simp. Koef.	Produkte	Kuben der Ordinaten	Simp. Koef.	Produkte	Kuben der Ordinaten	Simp. Koef.	Produkte	Kuben der Ordinaten	Simp. Koef.	Produkte	Kuben der Ordinaten	Simp. Koef.	Produkte
0	m^3 0,047	$\frac{1}{4}$	0,012	m^3 0,238	$\frac{1}{4}$	0,059	m^3 2,300	$\frac{1}{4}$	0,575	m^3 9,828	$\frac{1}{4}$	2,457	m^3 0,250	$\frac{1}{4}$	0,250
$\frac{1}{2}$	1,030	$\frac{3}{4}$	0,772	9,314	$\frac{3}{4}$	6,985	35,611	$\frac{3}{4}$	26,708	76,766	$\frac{3}{4}$	57,574	13,481	$\frac{3}{4}$	10,111
1	13,481	2	26,962	64,000	2	128,000	129,400	1	236,029	304,821	1	308,916	148,54	2	297,080
2	67,669	1	67,669	171,879	1	171,879	236,029	2	236,029	338,609	2	338,609	202,262	1	202,262
3	202,262	2	404,524	527,980	2	1,055,960	609,642	2	1,219,284	832,813	2	1,665,626	190,109	2	380,218
4	148,54	1	148,54	307,547	1	307,547	343,000	1	343,000	337,880	1	337,880	124,625	1	124,625
5	202,262	2	404,524	629,416	2	1,258,832	310,289	2	620,578	310,289	2	620,578	190,109	2	380,218
6	219,256	2	438,512	281,011	2	562,022	223,649	1	223,649	226,945	1	226,945	190,109	2	380,218
7	190,109	1	190,109	882,206	1	882,206	114,084	2	228,168	135,006	2	270,012	124,625	1	124,625
8	124,625	1	124,625	88,717	1	88,717	35,288	1	35,288	48,427	1	48,427	51,479	1	51,479
9	51,479	1	51,479	23,640	2	47,280	70,576	1	70,576	135,006	1	135,006	11,239	1	11,239
10	11,239	1	11,239	2,406	$\frac{3}{4}$	1,804	4,096	$\frac{3}{4}$	3,072	6,332	$\frac{3}{4}$	4,749	1,000	$\frac{3}{4}$	0,750
11	1,000	$\frac{3}{4}$	0,750	0,389	$\frac{1}{4}$	0,389	0,572	$\frac{1}{4}$	0,572	0,830	$\frac{1}{4}$	0,830	0,185	$\frac{1}{4}$	0,185
$11\frac{1}{2}$	0,020	$\frac{1}{4}$	0,005	0,020	$\frac{1}{4}$	0,005	0,008	$\frac{1}{4}$	0,002	0	$\frac{1}{4}$	0	0,020	$\frac{1}{4}$	0,005
			1547,775				2575,375				3114,296				3352,810
Trägheitsmoment = $\frac{h \times 2 \times 2}{3 \times 3} = 5387,8$ Für Heck = 0,0 = 5387,80				Trägheitsmoment = $\frac{h \times 2 \times 2}{3 \times 3} = 8965,65$ Für Heck = 0,13 = 8965,78				Trägheitsmoment = $\frac{h \times 2 \times 2}{3 \times 3} = 10841,80$ Für Heck = 2,58 = 10844,38				Trägheitsmoment = $\frac{h \times 2 \times 2}{3 \times 3} = 11672,14$ Für Heck = 10,07 = 11682,21			
$M_F = \frac{\text{Trägheitsmoment}}{\text{Displacement}} = \frac{T}{D}$ = $\frac{5387,80}{961,36} = 5,665 \text{ m}$ = $M_F = M$ über Depl.- \odot				$M_F = T : D$ = $\frac{8965,78}{2136,5} = 4,197 \text{ m}$ = M über Depl.- \odot				$M_F = T : D$ = $\frac{10844,38}{3496,67} = 3,101 \text{ m}$ = M über Depl.- \odot				$M_F = T : D$ = $\frac{11682,21}{4966,44} = 2,352 \text{ m}$ = M über Depl.- \odot			

Längen- (Longitudinal-)

Spant- Nummer	Wasserlinie 6					Wasserlinie 4									
	WL- Ordinaten	Simpson'sche Koeffizienten	Produkte	Hebel	Produkte	WL- Ordinaten	Simpson'sche Koeffizienten	Produkte	Hebel	Produkte					
0	0,360	1/4	0,090	6	0,540	6	3,240	0,620	1/4	0,155	6	9,930	6	5,580	
1/2	0,630	1	0,630	5 1/2	3,465	5 1/2	19,058	1,280	1	1,280	5 1/2	7,040	5 1/2	38,720	
1	1,010	3/4	0,757	5	3,788	5	18,940	2,104	3/4	1,578	5	7,890	5	39,450	
2	2,380	2	4,760	4	19,040	4	76,160	4,000	2	8,000	4	32,000	4	128,000	
3	4,075	1	4,075	3	12,225	3	36,675	5,560	1	5,560	3	16,680	3	50,040	
4	5,296	2	10,592	2	21,184	2	42,368	6,415	2	12,830	2	25,660	2	51,320	
5	5,870	1	5,870	1	5,870	1	5,870	6,750	1	6,750	1	6,750	1	6,750	
6	6,030	2	12,060	0	66,112	0	0	6,802	2	13,604	0	96,950	0	0	
7	5,750	1	5,750	1	5,750	1	5,750	6,550	1	6,550	1	6,550	1	6,550	
8	4,995	2	9,990	2	19,980	2	39,960	5,760	2	11,520	2	23,040	2	46,080	
9	3,720	1	3,720	3	11,160	3	33,480	4,460	1	4,460	3	13,380	3	40,140	
10	2,240	2	4,480	4	17,920	4	71,680	2,870	2	5,740	4	22,960	4	91,840	
11	1,000	3/4	0,750	5	3,750	5	18,750	1,340	3/4	1,005	5	5,025	5	25,125	
11 1/2	0,570	1	0,570	5 1/2	3,135	5 1/2	17,243	0,730	1	0,730	5 1/2	4,015	5 1/2	22,083	
12	0,270	1/4	0,067	6	0,405	6	2,430	0,270	1/4	0,067	6	0,405	6	2,430	
					61,161	62,100	391,604						79,829	75,372	554,408
Wasserlinien-Areal					Wasserlinien-Areal					Wasserlinien-Areal					
= 64,161 × 2 × 2 × $\frac{h}{3}$ = 670,10 qm					= 79,829 × 2 × 2 × $\frac{h}{3}$ = 833,734 qm					= 92,816 × 2 × 2 × $\frac{h}{3}$ = 921,327 qm					
					Zulage für Heck = 1,720 qm					Zulage für Heck = 6,640 qm					
					835,434					927,967 qm					
66,112					383,734 × 2,115 = 1763,35					921,327 × 3,29 = 3031,17					
- 62,100					1,720 × 47,81 = 82,23					6,640 × 48,6 = 322,70					
4,012 × h = 64,161 = 0,490 ⊙ WL 6 hint.					82,23					927,967					
M. Sch.					2,209 ⊙ WL 4 hint. Mitte Schiff					3353,87 =					
Trägheitsmoment - Aa ²					554,108 × (7,833) ³ × 2					3,61 ⊙ WL 2 hinter Mitte Schiff					
= $\frac{0,5 V}{3}$					= 417,73 × (2,21) ²					682,047 × (7,833) ³ × 2					
= $\frac{391,604 × (7,833)^3 × 2}{3}$					= 175497,7					= 463,93 × (3,61) ²					
= 475,68					= 1725,95					= 212482,2					
263,77 m = M ₁ F = Längenmetazentrum					: 0,5 V = 1068,25					= 6250,5					
über Depl.-⊙					= 165,9 m = M ₁ F					= 218732,7					
										= 125,10 m = M ₁ F					
										: 05 V = 1748,34					
										= 100,8 m = M ₁ F					

Trimm-Moment für

$\frac{0,1 \times M_1 G \times \text{Depl.}}{L} = \frac{0,1 \times 259,88 \times 975,14}{94} = 269,6 \text{ mt}$	$\frac{0,1 \times 162,93 \times 2189,91}{94} = 379,6 \text{ mt}$
--	--

Metazentrum.

D = Volumen (Depl.) A = Areal d. Wasserlinien
a = ⊙ - Abstand

WL- Ordinaten	Wasserlinie 2					CWL									
	Simpson'sche Koeffizienten	Produkte	Hebel	Produkte	Hebel	WL- Ordinaten	Simpson'sche Koeffizienten	Produkte	Hebel	Produkte					
1,320	1/4	0,330	6	1,980	6	11,880	2,142	1/4	0,535	6	3,210	6	19,260		
2,292	1	2,292	5 1/2	12,606	5 1/2	69,333	3,310	1	3,310	5 1/2	18,205	5 1/2	100,128		
3,290	3/4	2,468	5	12,340	5	61,700	4,250	3/4	3,188	5	15,940	5	79,700		
5,058	2	10,116	4	40,464	4	161,856	5,600	2	11,200	4	44,800	4	179,200		
6,180	1	6,180	3	18,540	3	55,620	6,360	1	6,360	3	19,080	3	57,240		
6,730	2	13,460	2	26,920	2	53,840	6,760	2	13,520	2	27,040	2	54,080		
6,970	1	6,970	1	6,970	1	6,970	6,930	1	6,930	1	6,930	1	6,930		
7,000	2	14,000	0	119,820	0	0	6,965	2	13,930	0	135,205	0	0		
6,770	1	6,770	1	6,770	1	6,770	6,770	1	6,770	1	6,770	1	6,770		
6,070	2	12,140	2	24,280	2	48,560	6,188	2	12,376	2	24,752	2	49,504		
4,850	1	4,850	3	14,550	3	43,650	5,130	1	5,130	3	15,390	3	46,170		
3,280	2	6,560	4	26,240	4	104,960	3,645	2	7,290	4	29,160	4	116,640		
1,600	3/4	1,200	5	6,000	5	30,000	1,850	3/4	1,388	5	6,940	5	34,700		
0,830	1	0,830	5 1/2	4,565	5 1/2	25,108	0,940	1	0,940	5 1/2	5,170	5 1/2	28,435		
0,200	1/4	0,050	6	0,300	6	1,800	0	1/4	0	6	0	6	0		
					88,216	82,705	682,047						92,867	88,182	778,757
Wasserlinien-Areal					Wasserlinien-Areal					Wasserlinien-Areal					
= 88,216 × 2 × 2 × $\frac{h}{3}$ = 921,327 qm					= 92,867 × 2 × 2 × $\frac{h}{2}$ = 969,903 qm					= 92,867 × 2 × 2 × $\frac{h}{2}$ = 969,903 qm					
Zulage für Heck = 6,640 qm					Zulage für Heck = 12,620 qm					Zulage für Heck = 12,620 qm					
927,967 qm					927,967 qm					982,523 qm					
921,327 × 3,29 = 3031,17					969,903 × 3,966 = 3846,84					969,903 × 3,966 = 3846,84					
6,640 × 48,6 = 322,70					12,62 × 48,91 = 617,24					12,62 × 48,91 = 617,24					
927,967					3353,87 =					982,523					
3,61 ⊙ WL 2 hinter Mitte Schiff					4,54 ⊙ CWL hint. M. Sch.					4,54 ⊙ CWL hint. M. Sch.					
682,047 × (7,833) ³ × 2					778,758 × (7,833) ³ × 2					778,758 × (7,833) ³ × 2					
= 463,93 × (3,61) ²					= 491,26 × (4,54) ²					= 491,26 × (4,54) ²					
= 212482,2					= 239385,5					= 239385,5					
= 6250,5					= 10948,6					= 10948,6					
= 218732,7					= 250334,1					= 250334,1					
= 125,10 m = M ₁ F					: 05 V = 1748,34					: 05 V = 2483,22					
= 100,8 m = M ₁ F										= 100,8 m = M ₁ F					

1 dem Tauchungsänderung.

$\frac{0,1 \times 123 \times 3584,09}{94} = 469 \text{ mt}$	$\frac{0,1 \times 99,565 \times 5090,6}{94} = 539,2 \text{ mt}$
---	---

Metazentrische Kurve. Wenn kurzweg vom Metazentrum gesprochen wird, so ist stets das Breitenmetazentrum gemeint, d. h. die Entfernung des Metazentrums vom Deplacements- \odot bei Neigungen um die Längsachse, weil die Beurteilung der Breitenstabilität für ein Schiff größere Bedeutung hat, als die Längsstabilität. Eine Errechnung der letzteren unterbleibt, da die Gefahr des Kenterns um die Querachse ausgeschlossen erscheint. Das Metazentrum für die Drehung um die Querachse hat seine Hauptanwendung zur Ermittlung der Trimmverhältnisse eines Schiffes. Bei der Aufstellung der metazentrischen Kurve setzt

man voraus, daß es sich nur um unendlich kleine Neigungen oder die aufrechte Gleichgewichtslage eines Schiffes handelt. Für die verschiedenen Tiefgänge des Schiffes wird sich \overline{MF} für die aufrechte Lage des Schiffes verschieden gestalten. Diese Änderungen in den Höhen des Metazentrums werden graphisch, wie die Fig. 123 zeigt, dargestellt.

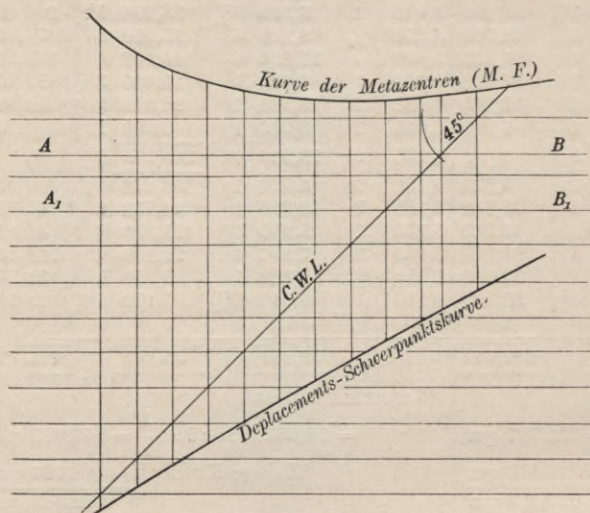


Fig. 123.

Für Kriegsschiffe ist die Kurve nur für solche von Bedeutung, bei denen nach langer Reisedauer der Verbrauch der Kohlen die Stabilität erheblich verringert.

Für Handelsschiffe wird verlangt, daß sie Ladung von den verschiedensten spezifischen Gewichten mit Sicherheit tragen. Sie sollen einmal Eisen nehmen, was den Systemschwerpunkt sehr tief bringen würde, ein anderes Mal Baumwolle, was oft das Nehmen von Ballast für den Schiffsführer notwendig macht, um größere Steifigkeit für das Schiff zu erhalten, so daß bei jedem Wetter mit Sicherheit über See gegangen werden kann.

Es genügt für die Praxis, die Anfangsstabilitäten zu kennen zwischen der Schwimmelage auf der sogenannten leichten Wasserlinie ohne Ladung, Kohlen und Vorräte und der geladenen Wasserlinie mit voller Ladung und Zubehör.

Man verfährt bei der Konstruktion der Kurve der Metazentren für die Anfangsstabilität so, daß man sich zuerst die beiden Wasser-

linien \overline{AB} und $\overline{A_1B_1}$ (mit Hilfswasserlinien) legt, welche maßstäblich den Unterschied zwischen den beiden vorerwähnten Tiefgängen bezeichnen.

Durch einen Punkt der Linie \overline{AB} legt man dann eine unter 45° geneigte Linie, in deren Schnittpunkten mit den gezeichneten Schwimmebenen Normale errichtet werden. Berechnet man nun nach Simpson für die verschiedenen Schwimmlagen die Höhen der Displacementsschwerpunkte, deren Werte man bzw. aus der Displacementsberechnung schon entnehmen kann, und setzt diese Werte auf den zugehörigen Senkrechten ab, so erhält man den geometrischen Ort dieser Schwerpunkte, der hier innerhalb der Zone des geladenen und leichten Tiefgangs angenähert eine gerade Linie wird.

Setzt man nun die berechneten Werte für \overline{MF} bei den verschiedenen Tiefgängen auf der entsprechenden Vertikalen von der Linie für die Displacementsschwerpunkte ab, so erhält man, wenn durch die gewonnenen Punkte eine Kurve gelegt wird, die Kurve der Metazentren für die Anfangsstabilität.

Statische Stabilität (Fig. 124). Wird nun der Fall eingeführt, daß sich das Schiff um endliche bestimmte Winkel neigt, so werden sich die beiden aufeinander folgenden Schwimmebenen nicht mehr in der Symmetrieebene schneiden. Ihre Schnittlinie wird infolge der Ungleichheit der Keilstücke in der Form außerhalb der Mittellinie in einem von O entfernten Punkte S zu liegen kommen. Das Displacement ist nach der Neigung des Schiffes um einen bestimmten Winkel zwar in der Form, aber nicht in der Größe vom Displacement in der aufrechten Lage verschieden; auch das austauchende und eintauchende Keilstück, obwohl in ihren Formen ungleich, müssen in ihren Volumen einander gleich sein, weil sich nach der Neigung nichts im Schiff selbst geändert hat.

Für die Anfangsstabilität kann als Maß das Metazentrum angesehen werden;

es kommt aber für die Seetüchtigkeit eines Schiffes nicht nur die Anfangsstabilität in Frage, sondern auch das Maß der Stabilität überhaupt.

Die Größe der statischen Stabilität hängt ab von der Größe des Momentes des Kräftepaares, welches Auftrieb und Schwerkraft bei Krängung eines Schiffes bilden.

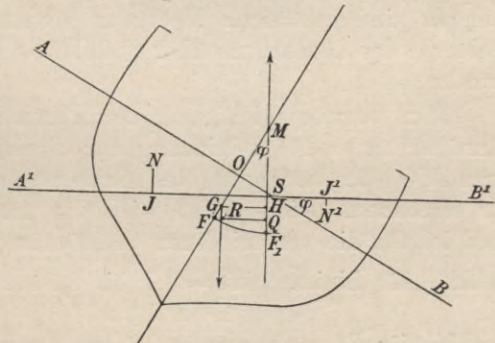


Fig. 124.

Dieses Moment, Stabilitätsmoment (St) genannt, ist gleich:

$$St = D \times \overline{GH} = D \times \overline{MG} \sin \varphi$$

oder

$$St = D (\overline{FQ} - \overline{FR})$$

$$\overline{FQ} = \overline{FM} \times \sin \varphi \quad \text{und} \quad \overline{FR} = \overline{FG} \sin \varphi$$

$$St = D (\overline{FM} - \overline{FG}) \sin \varphi.$$

In dieser Gleichung nennt man den Wert $D \times \overline{FM} \sin \varphi$ das Stabilitätsmoment der Form, weil es nur vom Displacement und seinem Schwerpunkte abhängig ist, und $D \times \overline{FG} \sin \varphi$ das Stabilitätsmoment der Gewichte, welches von der Lage des Systemschwerpunktes G abhängig ist.

Nach den früher für den Wert des Metazentrums entwickelten Werten ist:

$$\overline{FQ} = \overline{FM} \times \sin \varphi = \frac{v \times \overline{JJ_1}}{D} \quad \text{und} \quad \overline{FM} = \frac{v \times \overline{JJ_1}}{D \times \sin \varphi}.$$

In die Stabilitätsmomentengleichung eingesetzt, ergibt sich:

$$St = D \left[\frac{v \times \overline{JJ_1}}{D} - \overline{FG} \sin \varphi \right] = v \times \overline{JJ_1} - D \times \overline{FG} \sin \varphi.$$

Dieser Ausdruck ist von Atwood 1798 als Maß der statischen Stabilität aufgestellt worden.

Metazentrische Höhen. Die Berechnung der Hebelarme der statischen Stabilität für die verschiedenen Neigungen nach der Atwood'schen Formel ist eine sehr umständliche Arbeit. Für diese Rechnungen sind zahlreiche Methoden ersonnen worden, von denen am Schlusse des Abschnittes über Stabilität die gebräuchlichste entwickelt werden soll.

Man begnügt sich nach der Formel: $St = D \times \overline{MG} \sin \varphi$, für Annäherung und Vergleichung der Stabilitätsverhältnisse den Hebelarm MG , die Entfernung des Metazentrums vom Systemschwerpunkte zu errechnen. Dieses Maß wird die metazentrische Höhe genannt und ist für die verschiedenen Schiffsklassen verschieden.

MG für Linienschiffe = 0,7 bis 1,94 m (für neuere Ausführungen
1 bis 1,2 m),

MG für Panzerkreuzer = 0,8 bis 1 m,

MG für große Panzerdeckkreuzer = 0,6 bis 0,9 m,

MG für kleine Kreuzer = 0,5 bis 0,9 m,

MG für Kanonenboote = 0,5 bis 0,8 m,

MG für Monitors = 2 bis 4,5 m,

MG für Torpedoboote = bis 0,2 m herunter (deutsche Boote von
0,35 bis 0,735, durchschnittlich 0,5 m),

- MG für Segelschiffe = 1 bis 1,4 m,
- MG für Schnelldampfer = 0,7 bis 0,3 m abwärts,
- MG für Frachtdampfer = 0,6 bis 0,75 m.

Die metazentrische Höhe bei Neigungen um die Querachse entspricht angenähert ungefähr der Länge des betreffenden Schiffes.

Krängungsversuch (Fig.125). Bei den vorgenommenen Erörterungen spielt der System- \odot , für dessen Berechnung schon früher eine Methode bei der Erwähnung der Gewichtsberechnung angedeutet worden ist, eine Hauptrolle. Seine Errechnung als des gemeinsamen Schwerpunktes aller an Bord verbauten und verstaute Gewichte ist außerordentlich schwierig, zeitraubend und unsicher. Dies hindert freilich nicht, daß für den Entwurf und den Bau diese Rechnung, um überhaupt Anhalte zu haben, unbedingt ausgeführt werden muß, jedoch wird die Berechnung nach Fertigstellung des Schiffes durch den praktischen Versuch, den Krängungsversuch, kontrolliert. Krängungsversuche werden in der Kriegsmarine gleich nach

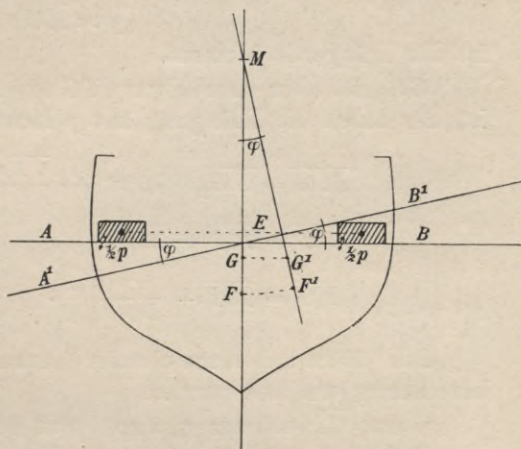


Fig. 125.

dem Ablauf vorgenommen, um den System- \odot für den leeren Schiffskörper zu erhalten, und nach Fertigstellung mit dem voll ausgerüsteten Schiffe. Außerdem wird vor jeder Auslandsreise mit voller Ausrüstung und nach jedem größeren Umbau ein Krängungsversuch vorgenommen. Auch größere Reedereien verfahren in der Neuzeit ähnlich wie in der Kriegsmarine.

Dieser Versuch, um den System- \odot zu finden, beruht auf den folgenden einfachen Erwägungen:

Bei aufrechter Lage des Schiffes liegt der System- \odot G in der Symmetrieebene. Ein neu hinzugefügtes Gewicht p , von der einen nach der anderen Seite verschoben, bringt eine Neigung (Krängung) nach der mehr belasteten Seite hervor, für welche Drehung um die Längsachse wegen des verhältnismäßig geringen Gewichts von p das Metazentrum M als festliegend angesehen werden kann.

Der System- \odot muß wegen des hinzugefügten seitlich angebrachten neuen Gewichts aus der Symmetrieebene rücken und geht nach G_1 .

Nach dem Satze der Mechanik, daß sich das Maß, um das sich der Gesamtschwerpunkt eines Körpers aus seiner Lage begibt, zu dem Wege des besagten Teiles verhält wie die bewegte Masse zur Gesamtmasse, und die Verbindungslinien ihrer Schwerpunkte parallel sind, ist: $\overline{GG_1} : \overline{CE} = p : D$, wobei zu D in t noch das Gewicht des Krängungsballastes p hinzuzurechnen ist. \overline{CE} ist die Entfernung des \odot des Krängungsballastes von der Mitte des Schiffes.

$$GG_1 = \frac{p \times \overline{CE}}{D}$$

$$p \times \overline{EC}$$

ist das krängende Moment.

$\overline{GG_1}$ ist aber nach Figur $MG \operatorname{tg} \varphi$, wenn φ der Neigungswinkel ist, der durch die Krängung mit p hervorgebracht wird, somit

$$\overline{MG} = \overline{GG_1} \operatorname{ctg} \varphi = \frac{p \times \overline{CE} \operatorname{ctg} \varphi}{D} = \frac{p \times \overline{CE}}{D \times \operatorname{tg} \varphi}$$

$$\overline{FG} = \overline{MF} - \overline{MG}$$

$$\overline{FG} = \overline{MF} - \frac{p \times \overline{CE}}{D \times \operatorname{tg} \varphi}$$

\overline{MF} kann mit hinreichender Genauigkeit aus der Deplacementsberechnung ermittelt werden.

p und \overline{CE} können gewogen und gemessen werden.

D ist bekannt. φ wird beim Krängungsversuch festgestellt, der anschließend genauer beschrieben ist, so daß die Lage von G bestimmt werden kann.

Ausführung von Krängungsversuchen. Jeder Krängungsversuch ist auf ruhigem Wasser vorzunehmen. Die Windstärke darf nicht über 3 betragen.

Das zu krängende Schiff ist mit Ketten oder Trossen nur voraus und achteraus möglichst in der Richtung des Windes und Stromes festzulegen.

Alle größeren beweglichen Gegenstände an Bord sind festzumachen, damit sie während der Neigung nicht übergehen können. Die Oberfläche der Kohlen in den Bunkern ist möglichst auszugleichen. Die Bilge ist durchaus leer zu pumpen.

Befindet sich Wasserballast an Bord, so sind die betreffenden Zellen entweder anzufüllen oder leer zu machen.

Der für die Krängung zu verwendende Ballast ist an Bord zu schaffen und auf dem Oberdeck oder Batteriedeck im mittleren Teil des Schiffes an den Bordseiten derartig anzubringen, daß auf jeder Schiffsseite die genaue Hälfte, dem Gewichte nach, sich befindet und

deren Schwerpunkt der Länge, Höhe und Breite nach auf beiden Schiffsseiten gleich liegt.

Das Gesamtgewicht des für die Krängung an Bord zu nehmenden Ballastes beträgt ungefähr 1% des Displacements.

Der Ballast besteht aus Stücken Ballasteisen im genauen Gewichte von je 50 kg.

Für die Beobachtung der Krängung sind drei Lote, eines im Vorschiff, eines in der Mitte, eines im Hinterschiffe anzubringen, die in Luken oder sonst geeigneten Stellen, vom Oberdeck oder der Kampange oder Back bis möglichst tief in Raum hinunterhängen und deren Aufhängepunkte in der Symmetrieebene des Schiffes oder Fahrzeuges liegen.

Die Lote müssen gegen jede äußere Störung oder Beeinflussung, wie Luftzug usw., geschützt sein.

Der Körper der Lote soll wenigstens 2 kg schwer sein.

Die Länge der Lote vom Aufhängepunkte bis zu den Horizontalen, in welchen der Ausschlag gemessen wird, ist genau festzustellen.

Die Mannschaft tritt in den Decks an, Arbeiter begeben sich auf die ihnen vorgeschriebenen Plätze.

Die nach diesen Vorbereitungen etwa vorhandene Schlagseite ist durch Verschiebung an Bord befindlicher schwerer Gegenstände zu beseitigen, so daß das Schiff genau vertikal liegt, was durch die vorher aufgehängenen drei Lote festzustellen ist. Der Tiefgang des Schiffes ist genau abzulesen und zu notieren.

Die Lage der Punkte der Lote, an welchen der seitliche Ausschlag gemessen werden soll, ist durch einen scharfen Stift genau anzumerken an dem hierfür darunter oder daneben fest angebrachten Brettchen oder dem Deck oder dem Luksüll.

Außenbords ist an der Stelle der Hauptspantebene auf beiden Seiten des Schiffes die Wasseroberfläche durch einen horizontalen Strich anzumerken und ist die Entfernung dieser beiden Striche voneinander (Breite des Schiffes an dieser Stelle) möglichst genau festzustellen.

Der auf der einen Seite untergebrachte Ballast wird auf die andere Seite geschafft und hier so hingelegt, daß sein Schwerpunkt genau ebenso weit von der Mittellinie des Schiffes entfernt ist und dieselbe Lage der Höhe und Länge nach hat wie vorher. Bei der ursprünglichen Lagerung des Ballastes auf beiden Schiffsseiten muß durch Auflassung von Lücken in den einzelnen Gruppen des Ballastes für eine derartige Stauung Rücksicht genommen sein.

Nachdem die Leute, welche das Umpacken des Platzes besorgten, sowie die übrigen Mannschaften wieder in die normale Aufstellung zurückgekehrt sind und das Schiff zur Ruhe gekommen ist, werden

die Ein- und Austauschungen an den Schiffsseiten durch Striche genau angemerkt und gemessen, sowie ebenso die Abweichungen der drei Lote von ihrer ursprünglichen Lage mit Strichen angemerkt und gemessen.

Der gesamte jetzt auf einer Seite befindliche Ballast wird alsdann nach der anderen Seite geschafft und dort so gelagert, daß sein Schwerpunkt hier ebenso weit von der Mittellinie entfernt ist und dieselbe Lage der Höhe und Länge nach hat wie vorher. Nachdem die Leute, welche das Umpacken des Ballastes besorgten, sowie die übrigen Mannschaften wieder in die normale Aufstellung zurückgekehrt sind und das Schiff zur Ruhe gekommen ist, werden dieselben Anmerkungen und Messungen vorgenommen wie vorher.

Schließlich wird der Ballast wieder in dieselbe Lage gebracht, die er vor dem Umpacken für die erste Neigung hatte, derartig, daß auf jeder Schiffseite die Hälfte des Ballastes liegt, und wird untersucht, ob das Schiff wieder genau die aufrechte Lage eingenommen hat, die es im Beginn des Versuches hatte.

Zum Krängungsversuch wird ein genaues Gewichtsverzeichnis ausgefüllt.

(Schema für die Resultate des Krängungsversuchs s. nebenstehend.)

Schlingerversuch. Um sich über die Bewegungen des Schiffes Aufklärung zu verschaffen (z. B. um den zu starken Schlingerbewegungen des Schiffes durch Anbau von Schlingerkielen abzuhelfen oder gute Geschützplattform zu schaffen), nimmt man einen Schlingerversuch vor, der im Nachstehenden beschrieben werden soll.

Die Lage des Schiffes und sein Zustand muß ebenso sein wie beim Krängungsversuch.

Der Tiefgang und der Ausrüstungszustand des Schiffes während des Versuches ist festzustellen.

Die Schwingungen werden erzeugt durch gleichzeitiges periodisches Überlaufen von Mannschaften. Die Anzahl der überlaufenden Mannschaften muß wenigstens gleich der Zahl $D \times \frac{2}{3}$ sein, wobei D das Displacement des Schiffes in Tonnen bedeutet.

Das Überlaufen kann in einem oder mehreren Decks erfolgen, je nachdem die räumlichen Verhältnisse es zulassen.

Am besten geeignet ist das Oberdeck (einschl. Back und Kampange) wegen der erreichbaren Gleichmäßigkeit der Bewegung infolge des von der Kommandobrücke aus gegebenen einheitlichen Kommandos.

Die zum Überlaufen bestimmten Mannschaften sind in der Mittellinie des betreffenden Decks aufzustellen und ihre Stellung ist auf jeder Seite durch einen Kreidestrich zu markieren, so daß auf das

Schema für die Resultate des Krängungsversuches.

Ort und Datum des Versuchs:
 Angabe der Liegegestelle:
 Art der Vertauung:
 Richtung des Buges:
 Richtung und Stärke des Windes:
 Richtung und Stärke des Stromes:
 Zustand der Wasseroberfläche:

Der Krängungsversuch findet statt:

- a) nach dem Stapellauf:
 b) bei der ersten Indienststellung:
 c) vor einer transatlantischen Reise:
 d) nach größeren Umbauten:

Der Zustand des Schiffes beim Versuch, sowie die an Bord befindlichen Gewichte sind im Gewichtsverzeichnis zum Krängungsversuch aufgeführt.

Für den Krängungsversuch wurden.....Tonnen Ballast auf das.....
Deck genommen und, wie folgt, verstaut:

.....Tonnen Ballast auf St. B. Schwerpunkt.....m von der Mittellinie,
 "m über der Konstruktionswasserlinie.
Tonnen Ballast auf B. B. Schwerpunkt.....m von der Mittellinie,
 "m über der Konstruktionswasserlinie.

In dem zum Krängungsversuch fertigen Zustande betrug:
 der Tiefgang des Schiffes vorn.....m
 hinten.....m

Die Lote waren an nachstehenden Orten aufgehängt:

Vorderes Lot zwischen Spant.....und Spant.....m lang
 Mittleres " " " " " "m "
 Hinteres " " " " " "m "

Die Ein- und Austauchungen wurden auf Spant.....gemessen.

Die Breite des Schiffes beträgt in der Wasseroberfläche bei obigem Tiefgange auf diesem Spant.....m.

Versuch.

I.

..... Tonnen Ballast von St. B. nach B. B. transportiert.
 Vorderes Lotm Ausschlag, daher $\text{tang. } \varphi$
 Mittleres "m " " " "
 Hinteres "m " " " "
 Austauchung auf St. B.m, " " "
 Eintauchung auf B. B.m, " " "

II.

..... Tonnen Ballast von B. B. nach St. B. transportiert.
 Vorderes Lotm Ausschlag, daher $\text{tang. } \varphi$
 Mittleres "m " " " "
 Hinteres "m " " " "
 Austauchung auf B. B.m, " " "
 Eintauchung auf St. B.m, " " "

III.

..... Tonnen Ballast von St. B. nach B. B. transportiert.
 Lage des Schiffes

Kommando „Mittschiffs“ die gesamte Mannschaft ihre ursprüngliche Stellung wieder einnehmen kann.

Nach Beendigung der Vorbereitungen tritt die Mannschaft aus der Mittellinie des Decks hart an die Bordwand auf St. B.

Auf das Kommando „Backbord“ läuft die Mannschaft auf dem kürzesten Wege so schnell als möglich auf die Backbordseite bis zur Bordwand, wo sie sofort Kehrt macht und auf das Kommando „Steuerbord“ schleunigst auf diese Seite zurückeilt.

Dies Überlaufen der Mannschaften muß so oft erfolgen, als an dem Latteninstrument noch eine Zunahme des Ausschlagswinkels bemerkt wird.

Ist der Maximalwinkel erreicht, so ist das Kommando „Mittschiffs“ zu geben, worauf die Mannschaft in ihre ursprüngliche Stellung in der Decksmittellinie eilt und hier verharret, bis der Versuch beendet ist.

Die einzelnen Kommandos zum Überlaufen sind so abzapassen, daß die Mannschaft zu laufen beginnt, wenn die Schiffsseite, auf der sie sich gerade befindet, am tiefsten eingetaucht ist.

Schlingert das Schiff sehr schnell und ist dasselbe sehr breit, so kann der Fall eintreten, daß die Mannschaften noch nicht die andere Seite erreicht haben, während das Deck schon wieder horizontal oder gar abwärts geneigt ist. Die Mannschaften würden in diesem Fall ein Stück abwärts laufen, also keine Arbeit verrichten, was ein Abnehmen des Schlingerwinkels zur Folge hat; die Mannschaft darf hier also nicht ganz bis zur Bordwand laufen.

Die Mannschaft soll bei jedem Überlaufen möglichst viel Arbeit durch Aufwärtslaufen verrichten. Es wird sich empfehlen, vor den zu definitiven Beobachtungen dienenden Versuchen einige Vorversuche zu machen, um die Mannschaften an ein exaktes Überlaufen zu gewöhnen.

Die Beobachtungen beginnen erst, nachdem das Schiff in regelmäßige Schwingungen gebracht, d. h. wenn die Mannschaft auf das Kommando „Mittschiffs“ längs der Mittellinie des Schiffes angetreten ist.

Die Beobachtungen erstrecken sich:

a) auf die Ermittlung der Zahl der einfachen Schwingungen, d. h. der Schwingungen von Steuerbord nach Backbord oder von Backbord nach Steuerbord in einer Minute;

b) auf die Größe der einzelnen Ausschlagswinkel.

Die Ermittlung der unter a) aufgeführten Schwingungszahl geschieht durch lautes Zählen der einfachen Schwingungen bis zu Ende der einunddreißigsten und Notierung der Zeit, welche von der Schwingung eins bis zur Schwingung einunddreißig (31) verflossen ist, und durch Division der beobachteten Zeit in dreißig.

Die Größen der einzelnen Ausschlagswinkel sind an einem besonders hierfür anzubringenden Latteninstrumente abzulesen, und genügt es, wenn die Beobachtungen nur für eine Schiffsseite gemacht werden.

Da der Horizont in der Querschiffsebene nur ausnahmsweise sichtbar sein wird, so muß das Latteninstrument in nachstehender Weise angepaßt werden.

Rechtwinklig zur eigentlichen mit der Tangenteneinteilung nach oben und unten versehenen Latte *a* wird eine Latte *b* angebracht, welche vom Auge des Beobachters bis zur Tangentlatte *a* reicht (Fig. 126).

Am inneren Ende der Latte *b* ist zum Durchvisieren eine Drahtschlinge bei *o* anzubringen. Das so angefertigte Instrument wird an Bord derart aufgestellt, daß die Ebene \overline{ab} in einer Querschiffsebene liegt und die Linie \overline{op} auf eine möglichst entfernte Landmarke (Sims oder Dachfirst eines Hauses, Maueroberkante usw.) eingestellt ist, derart, daß die gewählte Marke bei aufrechtem Schiffe, während die Mannschaft längs der Mittellinie des Schiffes angetreten ist, durch den Nullpunkt der Skala visiert wird. Beim Aufstellen des Latteninstrumentes ist besonders darauf zu achten, daß die Marke beim Schlingern nicht durch Schiffsteile verdeckt werden kann. Die horizontale Entfernung der Landmarke von der Schiffsmittellinie darf nicht kleiner sein als

$$35h + 2H,$$

worin *h* die Höhenlage des Augenpunktes des Latteninstrumentes und *H* die Höhenlage der Landmarke, beide vom Wasserspiegel aus gerechnet, bedeutet.

Wird diese Bedingung erfüllt, so ist der theoretische Fehler des Instruments kleiner, als der beim Ablesen zulässige Fehler.

Die einzelnen Ausschlagwinkel sind fortlaufend von der ersten gezählten Schwingung anfangend zu numerieren und müssen mit der Bezeichnung Steuerbord oder Backbord versehen werden. Die Beobachtungen der Ausschlagwinkel sind zu beenden, wenn sie bis auf etwa $1\frac{1}{2}$ Grad nach jeder Seite abgenommen haben.

Die Zeitdauer einer einfachen Schwingung liegt in den Grenzen von 3 bis 9 Sekunden.

Wie beim Versuch praktisch, so können durch folgende Rechnungen theoretisch Betrachtungen über die Schlingerbewegungen angestellt werden.

Das rollende Schiff als Pendel. An Stelle jedes schwingenden Körpers läßt sich ein Pendel denken, welches die gleichen Ausschläge hat als der Körper Schwingungen.

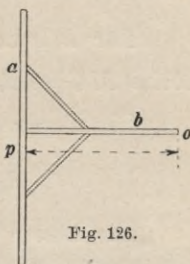


Fig. 126.

Die Länge (l) dieses an Stelle des Schiffes gedachten Pendels kann in folgender Weise bestimmt werden:

Ist D das Gewicht des Schiffes, h der Hebelarm des Aufrichtungs-
momentes vom Aufhängepunkt gemessen und r der Trägheitsradius¹⁾,
so ist: $D \times r^2 \sin \varphi$ das Trägheitsmoment bei der Winkelgeschwindigkeit φ ,
und $D \times h \sin \varphi$ das Aufrichte- oder statische Moment dieses
an Stelle des Schiffes schwingenden Pendels

$$l = \frac{D \times r^2 \sin \varphi}{D \times h \sin \varphi} = \frac{r^2}{h}.$$

Für h kann man für kleine Pendelausschläge die metazentrische
Höhe MG setzen, so daß $l = \frac{D \times r^2 \sin \varphi}{D \times MG \sin \varphi}$ wird.

Die Dauer (t) der Schwingung eines Pendels ist:

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (g \text{ Beschleunigung} = 9,81).$$

Die Dauer der Schlingerbewegung eines Schiffes von einer Seite
zur andern ist dann:

$$t = \pi \sqrt{\frac{r^2 \sin \varphi}{g \times MG \sin \varphi}}.$$

Diese Formel kann geschrieben werden:

$$t = \pi \sqrt{\frac{D \times r^2 \sin \varphi}{Dg \times MG \sin \varphi}}; \quad \frac{D}{g} = \text{der Masse } A \text{ des Schiffes,}$$

also:

$$t = \pi \times \sqrt{\frac{A \times r^2 \sin \varphi}{D \times MG \sin \varphi}} \quad \text{oder} \quad \frac{t^2}{\pi^2} = \frac{A \times r^2 \sin \varphi}{D \times MG \sin \varphi} = \frac{\text{Trägheitsmoment}}{\text{Stabilitätsmoment}}$$

Das Trägheitsmoment kann ermittelt werden, indem die Summe
gebildet wird aus den Produkten eines jeden Einzelgewichtes, durch
 g dividiert, und dem Quadrat des \odot -Abstandes von der Drehachse.
Die Rechnung ist eine noch schwierigere und unsichere als die Ge-
wichtsberechnung.

Schlingern. Ist die Periode der Schlinger- oder Rollbewegungen,
d. h. der Bewegungen des Schiffes um die Längsachse, zu kurz, so
kann diesem Übelstande durch folgende Mittel abgeholfen werden:

1. durch Vergrößerung des Trägheitsmoments,
2. durch Verkleinerung des Stabilitätsmoments,
3. durch Vergrößerung des Widerstandes gegen die seitliche Be-
wegung im Wasser.

1) Denkt man sich einen Körper um eine feste Achse drehend, so ist der
Trägheitsradius die Entfernung desjenigen Punktes von der Drehachse, in
welchem die Masse des drehenden Körpers angebracht gedacht werden muß,
wenn sie bei gleicher Winkelgeschwindigkeit dieselbe lebendige Kraft haben soll wie
der Körper.

Das erste kann geschehen durch Umstauen schwerer Gegenstände von der Mitte nach den Seiten; das zweite durch Hebung des System- \odot , indem Gewichte von unten nach oben gebracht werden; das dritte durch Anbringen von Kimm- oder Schlingerkielen. Dieses dritte Mittel wird hierbei von wenig Nutzen sein, weil der größere Widerstand mehr von Einfluß auf die Verkleinerung des Schwingungsaus- schlages, als auf die Verlängerung der Periode ist. Holt dagegen das Schiff zu weit über, so sind die entgegengesetzten Mittel zu 1 und 2 anzuwenden. Hierbei ist das Anbringen von Kimmkielen von großem Vorteil. Die Schwingungen eines Schiffes sind um so weniger heftig, je kleiner das Stabilitätsmoment ist.

Stampfen. Diese Bewegung um die Querachse wird am Bug Stampfen, am Heck Setzen genannt. Die Schwingungsdauer für die Stampfbewegung ist kürzer als für die Rollbewegung, etwa $\frac{3}{4}$ der letzteren. Theoretisch kann sie ebenso ermittelt werden wie die der Rollbewegung. Ein Versuch ist bei den heutigen Schiffen ihrer großen Länge und Längsstabilität wegen nicht möglich.

Um geringe Stampfbewegungen zu erhalten, sind die schweren Gewichte nach mittschiffs, die leichten nach den Enden zu schaffen und so tief zu lagern, als es mit Rücksicht auf die Rollbewegungen zugänglich ist.

Die Stabilität wird erhöht, wenn Gewichte an Bord tiefer, und erniedrigt, wenn solche höher gestaut werden.

Stabilitätsänderung nach Abgabe oder Zugabe von Gewichten (Fig. 127). Es wird sich oft darum handeln, festzustellen, wie sich die Stabilität ändert, nachdem größere Gewichte von Bord entfernt sind, z. B. Kohlen, Munition etc., oder größere Gewichte hinzugefügt worden sind, z. B. bei Ballastnahme.

Die Schwimmebenen seien für das ursprüngliche Displacement AB , nach der Wegnahme von Gewichten A_1B_1 , nach der Zugabe von Gewichten A_2B_2 .

$p = \gamma v$ sei das hinzugefügte bzw. abgenommene Gewicht, K sei der \odot desselben bzw. der gemein-

schaftliche \odot , wenn mehrere Gewichte entfernt oder hinzugefügt werden.

v sei das Volumen der Schicht $= AB \times z$.

Die Momente sind bezogen auf eine durch C gehende, zu $AB \parallel$ Achse.

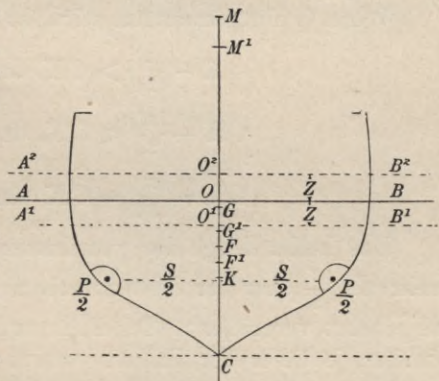


Fig. 127.

Dann lassen sich aus den Momentgleichungen die Abstände für den neuen Deplacements- und Systemschwerpunkt ermitteln:

$$CF_1 = \frac{D \times \overline{CF} \pm \gamma v \left(CO \pm \frac{z}{2} \right)}{(D \pm v)} \quad \text{und}$$

$$CG_1 = \frac{D \times \overline{CG} \pm \gamma v CK}{(D \pm \gamma v)}.$$

Die Abstände der Metazentren von C sind:

$$MC = CF + MF$$

$$M_1C = M_1F_1 + CF_1.$$

$$MG = MC - CG$$

$$M_1G_1 = M_1C - CG_1.$$

Die Stabilitätsmomente sind:

$$St = \gamma \times D \times MG \sin \varphi, \quad \text{nach Abnahme oder Zugabe von } p.$$

$St' = \gamma \times (D \pm v) M_1G_1 \sin \varphi$ und, da $\overline{CF} - \overline{CG} = -\overline{FG}$ ist, ergibt sich schließlich:

$$St' = St \pm \gamma v \left(CO - CK \pm \frac{z}{2} \right) \sin \varphi.$$

Wenn also in dem Ausdruck $\left(CO - CK + \frac{z}{2} \right)$, $\left(OK + \frac{z}{2} \right) > CK$, so ist $St' <$ als St .

Wenn $\left(OK + \frac{z}{2} \right) < CK$, so ist $St' >$ als St , und wenn $\left(OK + \frac{z}{2} \right) = CK$, so ist $St' = St$.

Wenn p fortgenommen wird, so können folgende Fälle eintreten:

$$\left(OK - \frac{z}{2} \right) > CK, \quad \text{dann ist } St' < St,$$

$$\left(OK - \frac{z}{2} \right) < CK, \quad \text{dann ist } St' > St,$$

$$\left(OK - \frac{z}{2} \right) = CK, \quad \text{dann ist } St' = St.$$

Das heißt: Liegt der gemeinsame \odot der hinzugefügten Gewichte mehr als $\frac{z}{2}$ über der Schwimmbene, so wird die Stabilität verringert, umgekehrt vergrößert. Bei Ballastnahme wird also das Schiff um so stabiler, je tiefer der Ballast gestaut wird.

Kommt bei Fortnahme von Gewichten der \odot dieser tiefer als $\frac{z}{2}$ unter der Schwimmbene, so wird die Stabilität verringert, umgekehrt vergrößert. Liegt der \odot der Gewichte in beiden Fällen in der Höhe von $\left(CO \pm \frac{1}{2}z \right)$, so findet eine Änderung der Stabilität nicht statt.

Dynamische Stabilität. Während die statische Stabilität über das Stabilitätsmoment oder den Hebelarm Auskunft gibt, an welchem das Deplacement des Schiffes angreift, um das Schiff wieder in seine aufrechte Lago zurückzudrehen, erklärt die dynamische Stabilität, welche Arbeitsleistung angewendet werden muß, um ein Schiff aus der lotrechten Lage in die geneigte überzuführen. Die mechanische Arbeit, welche gebraucht wird, um ein Schiff um einen bestimmten Winkel zu neigen, wird dargestellt als Summe der statischen Momente, welche bis zu dem Neigungswinkel aufgetreten sind. Ähnlich wie bei der statischen Stabilität abgeleitet, läßt sich auch für das dynamische Stabilitätsmoment eine Formel ableiten:

$$St_a = D \text{ in } t \left[\frac{v \times (JN + J_1 N_1)}{D \text{ in cbm}} - \overline{FG} (l - \cos \varphi) \right] \text{ oder}$$

$$St_a = \gamma [v(JN + J_1 N_1) - D \times \overline{FG} (l - \cos \varphi)].$$

Diese Formel wird die Moseleysche genannt.

Stabilitätskurven. Bei der nachher zu erläuternden Rechnung für die Stabilität werden für die verschiedenen Neigungswinkel z. B. von 5° zu 5° die Stabilitätsmomente errechnet. Die Resultate dieser Rechnung werden zu Kurven zusammengesetzt, die entstehen, wenn auf der Abszissenachse die Neigungswinkel und auf der Ordinatenachse die Größe der Stabilitätsmomente oder (da D sich gleich bleibt), um kleinere Rechnung und einfacheren Maßstab zu haben, die Hebelarme abgetragen werden.

Es entsteht die statische Stabilitätskurve, welche das Anwachsen und Abnehmen der Hebelarme zeigt und aus welcher die dynamische Stabilitätskurve gefunden wird, indem auf den Ordinaten die Summation der Flächen der statischen Kurve bis zu den betreffenden Ordinaten in einem bestimmten Maßstabe abgetragen wird (Fig. 128).

Die statische Kurve schneidet die X-Achse bei 75°, also ist die Stabilität hier gleich Null geworden. Der Winkel,

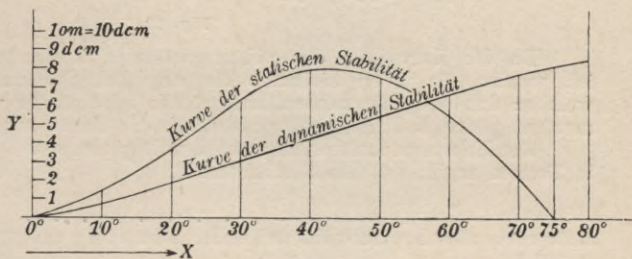


Fig. 128.

bis zu welchem Stabilität vorhanden ist, ist für die verschiedenen Schiffe sehr verschieden. Er liegt in den Grenzen von 30° bis 120°.

Jedem Schiff wird ein Stabilitätsblatt mitgegeben, welches die im folgenden Schema dargestellte Anordnung hat.

S. M. S. „Moltke“. Stabilitätsblatt.

Die Ordinaten geben die Größen der Stabilitätshebelarme = $MG \times \sin \varphi$ in Metern für die zugehörigen Werte des Neigungswinkels φ an, welche als Abszisse aufgetragen ist. (1 Grad = 2 mm) Hebelarme in $\frac{1}{5}$ nat. Größe (Fig. 129).

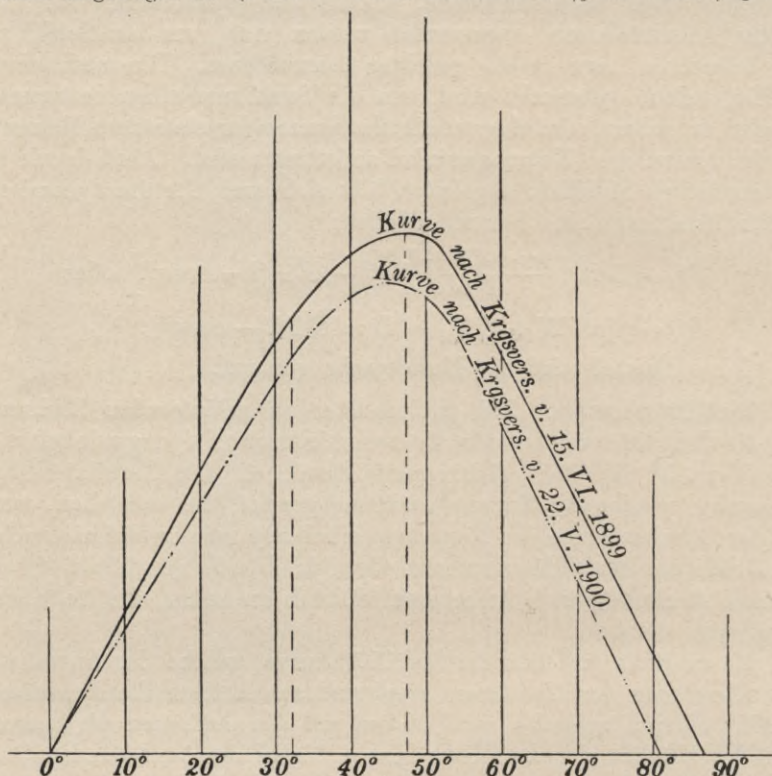


Fig. 129.

Da die Kurve für den vollausrüsteten Zustand des Schiffes berechnet ist, werden für jeden kleineren Tiefgang (bei gleichem MG) die Winkel, für welchen das Stabilitätsmoment am größten ist, und für welchen das Stabilitätsmoment gleich Null ist, größer als durch die Kurve angegeben.

Der Hebelarm multipliziert mit dem Displacement in Tonnen ergibt das Stabilitätsmoment.

	Kurve nach Krgsvers. v. 15. VI. 1899.	Kurve nach Krgsvers. v. 22. V. 1900.
Mittlerer Tiefgang	5,903 m	5,90 m
Entsprechendes Displacement bei voller Ausrüstung und 311 t Kohlen	3009,6 t	2980 t
Höhe des Systemschwerpunktes üb. der betr. Schwimmbene	0,404 m	0,528 m
Höhe des Metazentrums über dem Systemschwerpunkt (MG)	1,093 m	0,992 m
Das größte \oplus Stabilitätsmoment beträgt $0,685 \times 3009,6$ oder $0,616 \times 2980$	2061,6 mt	1836 mt
und findet statt bei	47 Grad	46 Grad
Die Oberkante des Oberdecks taucht ein bei	32 Grad	32 Grad
Die Stabilität wird zu Null bei	87 Grad	81 Grad

Metazentrische Höhen (MG bzw. $M_1 G_1$).

a) Bei voller Ausrüstung und 311 t Kohlen.	1,093 m	0,992 m
b) Ohne Kohlen über dem Panzer- bzw. Zwischendeck	— m	— m
c) Ganz ohne Kohlen	1,201 m	0,917 m
d) Ohne Munition	1,039 m	0,935 m
e) Ohne Proviant und Trinkwasser	1,037 m	0,927 m
f) Ohne Kohlen, Munition, Proviant, Trinkwasser, Material und Kesselwasser, Speise- und Waschwasser, Boote und Mannschaft mit Effekten	0,879 m	0,844 m.

Korrektur der Stabilitätsmomente.

Ist das Deplacement voll ausgerüstet = D und die metazentrische Höhe hierbei MG , ferner für ein kleineres Deplacement = D_1 die metazentrische Höhe = $M_1 G_1$, so ist bis zum Eintauchen der Oberdeckskante das Stabilitätsmoment für das kleinere Deplacement bei dem Winkel φ gleich

$$\frac{M_1 G_1 \times D_1}{MG \times D} \times \text{Stabilitätsmoment nach der Kurve.}$$

Die zur Berechnung von Trimmänderungen zu benutzende metazentrische Höhe für die Querachse beträgt ~ 84 m, Moment um die Steuerlastigkeit 1 m zu ändern ~ 3250 mt.

Barnes Methode für Stabilitätsberechnung. Die am meisten gebräuchliche Methode zur Errechnung sowohl der statischen wie der dynamischen Stabilität ist die vom Engländer Barnes erfundene.

Die Hauptrechnung besteht in der Errechnung der Volumina und der Vertikal- und Horizontalmomente der Keilstücke.

Die Aufmaße werden aus dem Spantenrisse entnommen, der im Maßstabe $\frac{1}{25}$ aufgezeichnet wird. Vom Punkte O dem Schnittpunkte der CWL mit der vertikalen Schiffsmittellinie, werden im

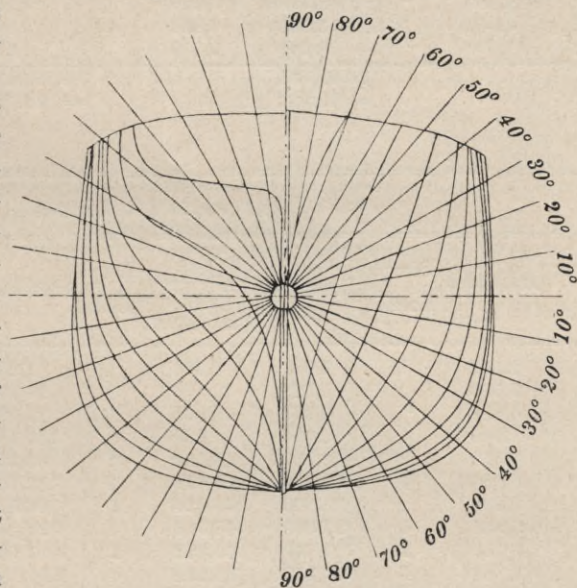


Fig. 130.

Abstände von etwa 8 bis 12° geneigte Wasserlinien gelegt, wie in Fig. 130 gezeigt ist.

Die Rechnungen selbst zerfallen in vorbereitende Rechnungen, die die Werte für die einzelnen Keilstücke ermitteln, und in Schlußrechnungen der Stabilitätswerte für die wachsenden Neigungen, wie die beigefügten Schemata erkennen lassen.

Schema zur Stabilitätsberechnung nach Barnes. (Seite 194—197).

A. Für vorbereitende

Schwimmebene bei 0° Neigung.

Eintauchendes Keilstück.

Spant Nr.	(y) Ordinaten m	Simp. Koeffz.	Produkte	(y ²) Quadrate der Ordinaten	Simp. Koeffz.	Produkte	(y ³) Kuben der Ordinaten	Simp. Koeffz.	Produkte	
0	2,142	1/2	1,071	4,588	1/2	2,294	9,837	1/2	4,918	
1/2	3,310	2	6,620	10,956	2	21,912	36,265	2	72,530	
1	4,250	3/2	6,375	18,062	3/2	27,093	76,766	3/2	115,149	
2	5,600	4	22,400	31,360	4	125,440	175,616	4	702,464	
3	6,360	2	12,720	40,450	2	80,900	257,259	2	514,518	
4	6,760	4	27,040	45,697	4	182,788	308,916	4	1235,664	
5	6,930	2	13,860	48,024	2	96,048	332,812	2	665,624	
6	6,965	4	27,860	48,511	4	194,044	337,881	4	1351,524	
7	6,770	2	13,540	45,832	2	91,664	310,289	2	620,578	
8	6,188	4	24,752	38,291	4	153,164	236,945	4	947,780	
9	5,130	2	10,260	26,316	2	52,632	135,005	2	270,010	
10	3,645	4	14,580	13,286	4	53,144	48,327	4	193,308	
11	1,850	3/2	2,775	3,425	3/2	5,137	6,332	3/2	9,498	
11 1/2	0,940	2	1,880	0,884	2	1,768	0,830	2	1,660	
12	0,000	1/2	0,000	0,000	1/2	0,000	0,000	1/2	0,000	
			3/185,733 = 61,911				3/1088,028 = 362,676			
									3/6255,225 = 2085,075	
										2
Für beide Keilstücke 4170,150										

Austauchendes Keilstück.

Spant Nr.	(y) Ordinaten m	Simp. Koeffz.	Produkte	(y ²) Quadrate der Ordinaten	Simp. Koeffz.	Produkte	(y ³) Kuben der Ordinaten	Simp. Koeffz.	Produkte	
0	2,142	1/2	1,071	4,588	1/2	2,294	9,837	1/2	4,918	
1/2	3,310	2	6,620	10,956	2	21,912	36,265	2	72,530	
1	4,250	3/2	6,375	18,062	3/2	27,093	76,766	3/2	115,149	
2	5,600	4	22,400	31,360	4	125,440	175,616	4	702,464	
3	6,360	2	12,720	40,450	2	80,900	257,259	2	514,518	
4	6,760	4	27,040	45,697	4	182,788	308,916	4	1235,664	
5	6,930	2	13,860	48,024	2	96,048	332,812	2	665,624	
6	6,965	4	27,860	48,511	4	194,044	337,881	4	1351,524	
7	6,770	2	13,540	45,832	2	91,664	310,289	2	620,578	
8	6,188	4	24,752	38,291	4	153,164	236,945	4	947,780	
9	5,130	2	10,260	26,316	2	52,632	135,005	2	270,010	
10	3,645	4	14,580	13,286	4	53,144	48,327	4	193,308	
11	1,850	3/2	2,775	3,425	3/2	5,137	6,332	3/2	9,498	
11 1/2	0,940	2	1,880	0,884	2	1,768	0,830	2	1,660	
12	0,000	1/2	0,000	0,000	1/2	0,000	0,000	1/2	0,000	
			3/185,733 = 61,911				3/1088,028 = 362,676			
									3/6255,225 = 2085,075	
										2
Für beide Keilstücke 4170,150										

Rechnungen.

Schwimmebene bei 60° Neigung.

Eintauchendes Keilstück.

Spant Nr.	(y) Ordinaten m	Simp. Koeffz.	Produkte	(y ²) Quadrate der Ordinaten	Simp. Koeffz.	Produkte	(y ³) Kuben der Ordinaten	Simp. Koeffz.	Produkte	
0	5,870	1/2	2,930	34,456	1/2	17,228	202,262	1/2	101,131	
1/2	5,780	2	11,560	33,408	2	66,816	193,101	2	386,202	
1	5,700	3/2	7,050	32,490	3/2	48,735	185,193	3/2	277,789	
2	5,270	4	21,080	27,772	4	111,088	146,363	4	585,452	
3	5,150	2	10,300	26,522	2	53,044	136,590	2	273,180	
4	5,130	4	20,520	26,316	4	105,264	135,005	4	540,020	
5	5,210	2	10,420	27,144	2	54,288	141,420	2	282,840	
6	5,220	4	20,880	27,248	4	108,992	142,237	4	568,948	
7	5,370	2	10,740	28,837	2	57,674	154,854	2	309,708	
8	5,600	4	22,400	31,360	4	125,440	175,616	4	702,464	
9	6,250	2	12,500	39,062	2	78,124	244,140	2	488,280	
10	6,670	4	26,680	44,488	4	177,952	296,741	4	1186,964	
11	4,490	3/2	6,735	20,160	3/2	30,240	90,519	3/2	135,779	
11 1/2	1,960	2	3,920	3,842	2	7,684	7,529	2	15,058	
12	0,500	1/2	0,250	0,250	1/2	0,125	0,125	1/2	0,063	
			3/188,115 = 62,705				3/1042,694 = 347,565			
									3/5853,878 = 1951,293	
										2
Für beide Keilstücke 4326,916										

Austauchendes Keilstück.

Spant Nr.	(y) Ordinaten m	Simp. Koeffz.	Produkte	(y ²) Quadrate der Ordinaten	Simp. Koeffz.	Produkte	(y ³) Kuben der Ordinaten	Simp. Koeffz.	Produkte	
0	2,510	1/2	1,255	6,300	1/2	3,150	15,813	1/2	7,906	
1/2	3,210	2	6,420	10,304	2	20,608	33,076	2	66,152	
1	3,830	3/2	5,745	14,668	3/2	22,002	56,182	3/2	84,273	
2	5,120	4	20,480	26,112	4	104,448	133,432	4	533,728	
3	6,100	2	12,200	37,210	2	74,420	226,981	2	453,962	
4	6,580	4	26,320	43,296	4	173,184	284,890	4	1139,560	
5	6,920	2	13,840	47,886	2	95,772	331,373	2	662,746	
6	6,950	4	27,800	48,306	4	173,224	335,702	4	1342,808	
7	6,890	2	13,780	47,472	2	94,944	327,082	2	554,164	
8	6,700	4	26,800	44,890	4	179,560	300,763	4	1203,052	
9	6,150	2	12,300	37,822	2	75,644	232,608	2	465,216	
10	4,890	4	19,560	23,912	4	115,648	116,930	4	467,720	
11	2,900	3/2	4,350	8,410	3/2	12,615	24,389	3/2	36,584	
11 1/2	1,650	2	3,300	2,722	2	5,444	4,492	2	8,984	
12	0,300	1/2	0,150	0,090	1/2	0,045	0,027	1/2	0,013	
			3/191,300 = 63,767				3/1150,708 = 383,569			
									3/7126,868 = 2375,623	
										2

B. Für Schlußrechnungen.

Stabilität für Neigung von 80°.

(φ hier = 10° angenommen.)

Eintauchendes Keilstück			Beide Keilstücke			Dynam. Stabilität	
Neigung Grad	1/3 der Produkte der Quadrate der Ordinaten	Simp. Koeffz.	1/3 der Produkte der Kuben der Ordinaten	Simp. Koeffz.	Produkte	cos der Winkel	Produkte
0°	362,676	1	4170,150	1	4170,150	80°	4099,805
10°	377,415	4	5133,080	4	20532,320	70°	19294,016
20°	382,141	2	4848,125	2	9696,250	60°	8397,234
30°	461,194	4	5609,517	4	22438,068	50°	17188,457
40°	489,581	2	5851,700	2	11703,400	40°	7522,828
50°	432,099	4	489,581	4	20671,272	30°	10335,836
60°	347,565	2	695,130	2	8653,832	20°	2959,784
70°	313,148	4	1252,592	4	16307,444	10°	2831,788
80°	309,914	1	4208,323	1	4208,323	0°	0,000
$EK = 9045,588$ $AK = 9217,145$ Überschub = 181,557			$\times \frac{1}{3} \times \frac{d\varphi}{3} \times dx = \frac{1}{3} \times dx = \frac{1}{3} \times \frac{1}{3}$ $\times 10^6 \times 7,833$			\times 82287,901	
$\times \frac{1}{2} \times \frac{d\varphi}{3} \times dx = \frac{1}{3} \times \frac{\arccos 10^\circ}{3} \times dx$ $= \frac{1}{2} \times \frac{0,1745}{3} \times 7,833 = \times 0,2278$			Unkorrigiertes Moment d. Keilstücke = 12507,760 Korrektur für Anhängsel = + 270,0 Korrigiertes Moment der Keilstücke = 12676,996 $= v \cdot \frac{JJ_1}{J_1} \div V$ $FR = FG \times \sin \varphi = 1,70 \times \sin 80^\circ = 2,655$ Hebelarm der statischen Stabilität = 2,660 $= FQ - FR = GH = 0,005$ m Stabilitätsmoment = D · GH = - 24,350 mt			\times 11049,723 = Unkorrigiertes Moment d. Keilstücke + 400 Korrekt. f. Anhängsel = 14,829 " Schicht - 11434,894 Korrigiertes Moment der Keilstücke = v · (JN + J ₁ N ₁) = v · JN = FφQ = v · (JN + J ₁ N ₁) ÷ V = FQ(1 - cos φ) = 1,404 = 1,70(-cos 80°) = 0,986 m = Hebelarm d. dynamisch. Stabilität 4801,820 = Arbeit in mt	

Austauschendes Keilstück		Geneigte Wasserlinie		Korrigierende Schicht	
0°	362,676	1	362,676	Überschub des austauschenden Keilstückes = 41,659	
10°	363,216	4	1452,864	Volumen des Anhängsels = 137,0	
20°	369,352	2	738,704	Summa = 178,659	
30°	388,134	4	1552,536	Dicke des Schichtvolumens = 178,659	
40°	383,601	2	767,202	Areal der geneigten WL = 1085,729	
50°	385,554	4	1542,216	0,165	
60°	383,569	2	767,138	Korrektur für statische Stabilität	
70°	395,499	4	1581,996	Volumen der Schicht × Abstand = 178,659 × 0,564 = 100,767 m ⁴	
80°	451,813	1	451,813	Korrektur für dynamische Stabilität	
$AK = 9217,145$		Moment und © der geneigten Wasserlinie		Korrektur für dynamische Stabilität	
Anhängsel		1/3 der Produkte der Quadrate der Ordinaten EK = 60,342 AK = 70,097 Summa = 130,439 × dx = 7,833 Areal ohne Anhängsel = 1021,729 qm " des " = 64,0 "		Überschub des austauschenden Keilstückes = 41,659 Volumen des Anhängsels = 137,0 Summa = 178,659 Dicke des Schichtvolumens = 178,659 Areal der geneigten WL = 1085,729	
Resultate besonderer Rechnung Volumen = 137 m ³ Moment desselben für statische Stabilität = 270 m ⁴ Moment desselben für dynamische Stabilität = 400 m ⁴ Areal der Wasserlinie = 64 qm Moment derselben = 57 m ³		Moment ohne Anhängsel = 555,747 " des " = 57,0 Gesamtmoment = 612,747 m ³ © der Wasserlinie nach d. austauschenden Moment = 612,747 Areal = 1085,729 = 0,564 m		Korrektur für statische Stabilität Volumen der Schicht × Abstand = 178,659 × 0,564 = 100,767 m ⁴ Korrektur für dynamische Stabilität Volumen der Schicht × 1/2 Dicke = 178,659 × 0,083 = 14,829 m ⁴	
Länge zwischen den Perpendikeln = 94. m. Größte Breite in der CWL = 14,0. Konstruktionstiefe = 6,9075 m. Displacement = 4774,36 cbm = 4870 t. Displacementsschwerpunkt unter CWL = 2,803. Entfernung des Systemschwerpunktes vom Displacementsschwerpunkt (FG) = 1,70 m, Spantenentfernung dx(h) = 7,833 m, Wasserlinienentfernung dy(d) = 0,7675 m, Winkelintervall = 10° dφ = 0,1745.					

Numerische Beispiele.

I. Veränderung der metazentrischen Höhe

a) durch Zunahme von Gewichten,

b) durch Abnahme „ „

a) 1. Ein Kreuzer von 5000 t Displacement und einer metazentrischen Höhe $MG = 0,7$ m soll größere Kessel erhalten. Wie groß wird MG bei einem Mehrgewichte von 80 t? Schwerpunkt desselben unter $M = 2,5$ m.

Die Momentengleichung, von M aus angesetzt, lautet:

$$\frac{5000 \times 0,7 + 80 \times 2,5}{5000 + 80} = \underline{0,728 \text{ m} = MG.}$$

2. Derselbe Kreuzer erhält eine neue Bootsauflage, welche ein Mehrgewicht von 35 t erfordert, Schwerpunkt desselben über $M = 3$ m.

Die Momentengleichung, von M aus angesetzt, lautet:

$$\frac{5000 \times 0,7 - 35 \times 3}{5000 + 35} = \underline{0,674 \text{ m} = MG.}$$

b) 1. Ein Linienschiff von 10000 t Displacement und einer metazentrischen Höhe $MG = 1,2$ m, hat 800 t Kohlen verbraucht. Wie groß ist die metazentrische Höhe, wenn der Schwerpunkt der verbrauchten Kohlen 3 m unter M liegt?

Die Momentengleichung, von M aus angesetzt, lautet:

$$\frac{10000 \times 1,2 - 800 \times 3}{10000 - 800} = \underline{1,043 \text{ m} = MG.}$$

2. Dasselbe Linienschiff soll leichtere Takelage erhalten. Mindergewicht 70 t, Schwerpunkt desselben über $M = 11$ m. Wie groß ist MG ?

Die Momentengleichung, von M aus angesetzt, lautet:

$$\frac{10000 \times 1,2 + 70 \times 11}{10000 - 70} = \underline{1,286 \text{ m} = MG.}$$

Bemerkung: Bei obigen Beispielen ist angenommen, daß der \odot der zu resp. abnehmenden Gewichte und der Systemschwerpunkt G in derselben Querschiffsebene liegen.

Krägungsversuch mit einem Torpedoboot.

Ort und Tag des Versuches: Kiel, den 23. 12. 99.

Liegestelle: Torpedobootshafen.

Art der Vertäuung: Vorn durch 1 Leine.

Richtung des Buges: SO.

Richtung und Stärke des Windes: SO. 1.

„ „ „ „ Stromes: —.

Zustand der Wasseroberfläche: leicht bewegt.
 Temperatur des Wassers: 2,5°.
 Spezifisches Gewicht des Wassers: 1,0135.

Zustand des Bootes.

A. Bei dem Versuche befanden sich an Bord:

- | | |
|---|----------|
| 1. Kohlen | 98,0 t. |
| 2. Proviant | 1,9 „ |
| 3. Effekten der Offiziere und Deckoffiziere | 1,3 „ |
| 4. Effekten der Mannschaft: vorschriftsmäßig in Kleiderkisten verpackt. | |
| 5. Trinkwasser | 1,6 „ |
| 6. Speisewasser | 7,0 „ |
| 7. Material | 2,7 „ |
| 8. Wasser in den Kesseln | 7,8 „ |
| Die Kessel bis zum niedrigsten Wasserstande gefüllt. | |
| 9. Kondensatoren, Pumpen und Rohre: normal mit Wasser gefüllt. | |
| 10. Geschütze: in normaler Aufstellung. | |
| 11. Munition: nach dem Etat in normaler Verstaung. | |
| 12. Torpedoarmierung: vollständig an Bord. | |
| 13. Inventar: vollständig nach dem Etat an Bord in normaler Verstaung. | |
| 14. Mannschaften: | |
| a) auf Back, Walfischdeck, Brücke | 7 Mann, |
| b) auf Oberdeck | 14 „ |
| c) im Zwischendeck | 6 „ |
| d) in den Heizräumen | 22 „ |
| e) in den Maschinenräumen | 9 „ |
| | 58 Mann. |
| 15. Bilgewater: die Bilgen waren leer. | |
| 16. Ballast: keiner. | |

B. An der etatsmäßigen Ausrüstung fehlte außerdem beim Versuch:
 nichts.

Vorrichtungen zur Ausführung des Krängungsversuches.

Für den Krängungsversuch wurden 4 t Ballast auf das Oberdeck genommen und, wie folgt, verstaunt:

Je 2 t Ballast auf Steuerbord und Backbord, Schwerpunkt 3,29 m von der Mittellinie und 2,155 m über der CWL.

Vorn, mitschiffs und hinten wurde je 1 Lot aufgehängt.

Länge des vorderen Lotes	2,94 m,
„ „ mittleren „	2,88 „
„ „ hinteren „	2,60 „

In dem zum Krängungsversuche fertigen Zustande betrug der Tiefgang des Bootes: vorn 2,06 m,
hinten 2,87 „

Breite des Bootes in der Wasseroberfläche bei diesem Tiefgang auf dem ∞ gemessen = 6,92 m.

Versuch.

I. 2 Tonnen Ballast von St. B. nach B. B. transportiert.

Vorderes Lot.	0,136 m Ausschlag, daher $\text{tg } \varphi = 0,0463$
Mittleres „	0,130 „ „ „ „ = 0,0451
Hinteres „	0,120 „ „ „ „ = 0,0462
Austauchung auf St. B. am Hauptspant gemessen	0,160 „ „ „ „ = 0,0462
Eintauchung auf B. B. .	0,155 „ „ „ „ = 0,0448

II. 4 Tonnen Ballast von B. B. nach St. B. transportiert.

Vorderes Lot	0,140 m Ausschlag, daher $\text{tg } \varphi = 0,0476$
Mittleres „	0,133 „ „ „ „ = 0,0462
Hinteres „	0,120 „ „ „ „ = 0,0462
Austauchung auf B. B. .	0,165 „ „ „ „ = 0,0477
Eintauchung auf St. B. .	0,155 „ „ „ „ = 0,0448

III. 2 Tonnen Ballast von St. B. nach B. B. transportiert.

Lage des Bootes wie beim Beginne des Versuches.

Berechnung der metazentrischen Höhe.

$$MG = \frac{p(d + h \text{tg } \varphi)}{(D + p) \text{tg } \varphi}$$

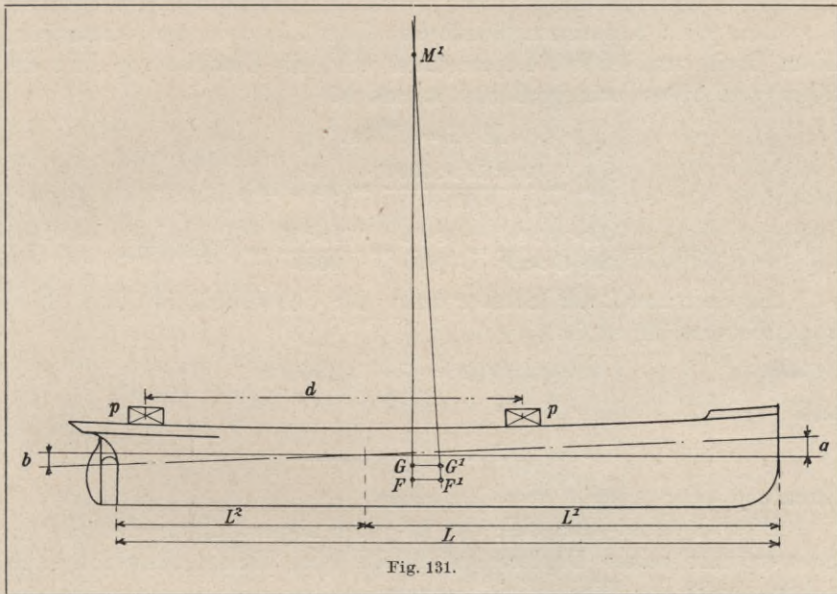
p = Gewicht des Krängungsballastes	= 4 t.
d = Entfernung des \odot des Krängungsballastes von der Mittellinie	= 3,29 m.
h = Höhe des \odot des Krängungsballastes über CWL	= 2,155 m.
D = Displacement des Bootes mit Krängungsballast	= 398,6 t
$\text{tg } \varphi$ = Tangente des Krängungswinkels im Mittel .	= 0,0461

$$MG = \frac{4(3,29 + 2,155 \times 0,0461)}{398,6 \times 0,0461}$$

$$\underline{MG = 0,745 \text{ m.}}$$

C. Trimberechnung.

Die Trimberechnung hat den Zweck, die Tauchungsänderungen zu bestimmen bei Verschiebung von Gewichten in der Längsrichtung nach Zunahme oder Abgabe von Gewichten und nach Wassereinbrüchen (Fig. 131).



Verschiebung von Gewicht an Bord längsschiffs. Ein Gewicht p soll an Bord eines Schiffes um die Strecke d parallel zur Wasserlinie verschoben werden. Bei der Verschiebung wandert der System-Schwerpunkt von G nach G^1 .

Es verhält sich:

$$G G^1 = \frac{p \times d}{P},$$

worin P das Gesamtgewicht des Schiffes in Tonnen bedeutet. Da aus der Bedingung, daß $M^1 G^1$ in der geneigten Lage senkrecht zur neuen Wasserlinie stehen muß, ergibt sich:

$$a + b = \frac{L \times p \times d}{M^1 G \times P}.$$

Daher

$$a = (a + b) \times \frac{L^1}{L}$$

und

$$b = (a + b) \times \frac{L^2}{L}.$$

Trimmmoment. Um einen einheitlichen Wert in Rechnung setzen zu können, hat man die Werte, bei denen $p \times d$ die Summe $a + b = 1$ m ergeben, als Vergleichseinheit eingesetzt und Trimmmoment \mathfrak{M} genannt.

Die Formel heißt:

$$\mathfrak{M} = \frac{1 \times M^1 G \times P}{L}$$

Beispiel: Auf einem Schiffe von 70 m Länge in der Wasserlinie, 15 m Breite und 3500 t Deplacement wird ein Gewicht von 72 t um 20 m verschoben, wie groß sind a und b ?

$$M^1 G = 72 \text{ m.}$$

$$\mathfrak{M} = \frac{1 \times 72 \times 3500}{70} = 3650 \text{ mt,}$$

$$a + b = \frac{L \times p \times d}{M^1 G \times P} = \frac{p \times d}{\mathfrak{M}} = \frac{72 \times 20}{3650} = 0,3944 \text{ m.}$$

Angenommen, der Schwerpunkt der Schwimmlinie liege 28 m vom Hinterschiff, so ist

$$a = 0,3944 \times \frac{42}{70} = 0,2366 \text{ m}$$

und

$$b = 0,3944 \times \frac{28}{70} = 0,1577 \text{ m}$$

Zuladung oder Abgabe von Gewichten.

Hierbei denkt man sich das zu- oder abgenommene Gewicht im Schwerpunkt seines Deplacementanteiles (bei kleinen Gewichten im Schwerpunkt der Wasserlinie) angebracht, so daß eine der Wasserlinie parallele Ein- oder Austauschung stattfindet. Man verfährt nun wie vorstehend, indem man die Verschiebung mit d bezeichnet.

Beispiel. Auf vorgenanntes Schiff wird ein Gewicht von 72 t gebracht und 5,5 m hinter dem Schwerpunkt der Wasserlinie plaziert. Wie groß wird die Ein- und Austauschung?

Angenommen, das Areal der Wasserlinie beträgt 800 qm, so beträgt die parallele Tiefertauchung:

$$\frac{72}{800} = 0,09 \text{ m.}$$

Da sich nun aber in Wirklichkeit die 72 t 5,5 m hinter dem Schwerpunkt der Wasserlinie befinden, tritt keine Paralleлтаuchung ein, sondern der Wert wird

$$72 \times 5,5 = 396 \text{ mt.}$$

Da das Trimmoment dieses Schiffes 3650 mt beträgt, wird die Gesamttäuchungsänderung

$$\frac{396}{3650} = 0,10849 \text{ m.}$$

Angenommen, der Schwerpunkt der Schwimmebene liege auf halber Länge, der des hinzukommenden Gewichtes von 72 t 5,5 m dahinter, folglich 29,5 m vom Hinterschiff entfernt, dann wird die Eintauchung hinten:

$$b = 0,10849 \times \frac{29,5}{70} = 0,0457 \text{ m,}$$

die Austauchung vorne:

$$a = 0,10849 \times \frac{40,5}{70} = 0,06279 \text{ m.}$$

Bemerkung. Das Gewicht ist im Vergleich zum Displacement des Schiffes bei den obigen Beispielen klein; wird es bedeutend, so müssen die Schwerpunkte der in Betracht kommenden Schwimmebenen neu berechnet werden; ebenfalls ändert sich das Trägheitsmoment der Schwimmebene und folglich auch das Metazentrum und das Trimmoment, die dann vermittle der Spantintegralkurven berechnet werden müssen.

Leckrechnung. Durch ein entstandenes Leck wird eine Schiffsabteilung bis zur Wasserlinie mit Wasser gefüllt (Fig. 132), infolgedessen tritt eine Displacementserhöhung ein, die gleich dem Volumen des eingetretenen Wassers ist.

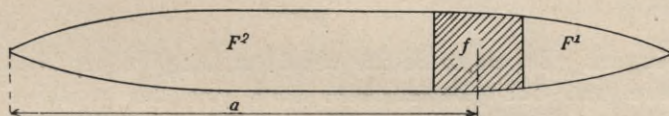


Fig. 132.

Die Trimmänderung wird dadurch herbeigeführt, daß ein Trimmmoment von dem Volumen des eingetretenen Wassers mal dem Abstand seines Schwerpunktes von dem Schwerpunkte des Schiffes entsteht.

Bei der Rechnung geht man davon aus, daß das Displacement der nicht lecken Abteilungen gleich dem Gesamtgewicht des Schiffes sein muß.

Die parallele Tiefertauchung setzt man aus dem Lastenmaßstabe ab oder berechnet sie aus dem Areal der ganzen Wasserlinie minus dem Areal der lecken Abteilung.

Für das neue Displacement erhält man die Schwerpunktslagen der Länge nach wie folgt:

Ist x der Abstand des Schwerpunktes von $(V^1 + V^2)$ vom hinteren Perpendikel in m und a derjenige für v , und b für $(V^1 + V^2 + v)$, so ist:

$$x = \frac{b \times (V^1 + V^2 + v) - a \times v}{V^1 + V^2}. \quad (\text{Fig. 133.})$$

J sei das Trägheitsmoment von $F^1 + F^2 + f$, bezogen auf den Schwerpunkt von $F^1 + F^2$, i das Trägheitsmoment von f , bezogen auf den Schwerpunkt von f , l der Abstand der Schwerpunkte von $F^1 + F^2$ und f , so wird das in Rechnung zu ziehende Trägheitsmoment

$$J_0 = J - (i + e^2 \times f).$$

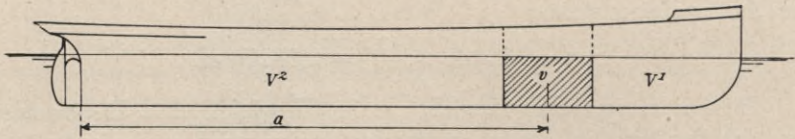


Fig. 133.

Die Gesamtauchungsänderung erhält man aus den Werten $p \times d$. Das ist in diesem Falle Gewicht des Schiffes mal Entfernung des alten von dem neuen Deplacementsschwerpunkt.

$M^1 F$ bzw. $M^1 G$ ist

$$\frac{J_0}{V},$$

mithin lautet die ganze Formel:

$$a + b = \frac{L \times p \times d}{\frac{J_0}{V} \times P}.$$

Beispiel. Bei einem Schiffe von 64 m Länge in der Wasserlinie, 6 m Breite und 371 t Deplacement läuft eine der vorderen Abteilungen bis zur Wasserlinie voll Wasser. Wie groß ist die vordere Ein- und hintere Austauchung?

Der rechnerisch ermittelte Inhalt der lecken Abteilung beträgt 23,5 t.

Die ermittelte parallele Tiefertauchung beträgt 0,084 m, wodurch der Inhalt der lecken Abteilung um 2,04 t vermehrt wird, mithin $23,5 + 2,04 = 25,54$ t.

Der Schwerpunkt des neuen Deplacements liegt 29 m vom hinteren Perpendikel, Entfernung des alten vom neuen Schwerpunkt 3 m, der Schwerpunkt der Schwimmbene liegt 25 m vom hinteren Perpendikel entfernt.

Das ausgerechnete Trägheitsmoment der neuen Schwimmbene (bei paralleler Tiefertauchung) beträgt 62000 cm⁴, folglich

$$M^1 F = \frac{62000}{371} = 170 \text{ m} \sim M^1 G.$$

Die Gesamtauchungsänderung daher

$$a + b = \frac{64 \times 371 \times 3}{170 \times 371} = 1,13 \text{ m},$$

vordere Eintauchung

$$1,13 \times \frac{39}{64} = 0,69 \text{ m,}$$

hintere Austauchung

$$1,13 \times \frac{25}{64} = 0,44 \text{ m.}$$

D. Widerstandsberechnung.

Geschwindigkeit des Schiffes. Die Geschwindigkeit eines Schiffes wird nach Knoten, die das Schiff in einer Stunde zurücklegt, gerechnet.

In Deutschland ist 1 Knoten (Seemeile) =

1852 m in der Stunde = 0,5144 m in der Sekunde.

In England = 1 Nautical mile = 6080 engl. Fuß = 1853 m,

1 Admiralty mile = 6086,5 engl. Fuß = 1855 m.

Die genaue Geschwindigkeit eines Schiffes wird bei der Probefahrt an der abgesteckten Meile ermittelt, und zwar ist hierbei zu berücksichtigen, daß bei gleicher Maschinenleistung im tiefen Wasser eine höhere Geschwindigkeit erzielt wird als im flachen Wasser.

Zur ziemlich genauen Vorherbestimmung der Geschwindigkeit eines Schiffes werden Schleppversuche in eigens dafür hergestellten Schleppversuchsanstalten gemacht. Das zu schleppende Objekt wird in kleinem Maßstabe von 4—4,5 m Länge aus Paraffin angefertigt und mittels besonderer Geräte in einem ca. 164 m langen, 6 m breiten Bassin geschleppt. Die ermittelte Geschwindigkeit wird dann im Verhältnis zum auszuführenden Schiffe gesetzt.

Zur rechnerischen Ermittlung der Geschwindigkeit gibt es verschiedene Formeln, von denen wir im Nachstehenden die gebräuchlichste, die Middendorfsche besprechen wollen.

Widerstand. Der Widerstand eines Schiffes setzt sich zusammen aus dem

1. Formwiderstand,
2. Reibungswiderstand,
3. Wellen- und Wirbelbildenden Widerstand,
4. Luftwiderstand.

Middendorf faßt diese zusammen und sagt:

W = Gesamtwiderstand in kg,

W^2 = Reibungswiderstand in kg,

W^1 = Gesamtwiderstand abzüglich Reibungswiderstand in kg;
bezeichnet man nun

L = die ganze Länge des Schiffes in der Wasserlinie in m,

B = die größte Breite des Schiffes im Hauptspant unter der Wasserlinie in m,

- T = den Tiefgang des Schiffes ohne Kiel in m,
 \boxtimes = die eingetauchte Fläche des Hauptspantes in qm,
 Ω = die eingetauchte Oberfläche des Schiffes in qm,
 F = die Kreisfläche der Schraube oder Schrauben in qm, bei Rad-
 dampfern die Fläche zweier Radschaufeln in qm,
 V = die Geschwindigkeit in Knoten pro Stunde,
 v = die Geschwindigkeit in m pro Sekunde,
 ξ = Koeffizient zwischen 2—1,23,
 ε = Koeffizient zwischen 24,3—10,

dann ist:

$$W^1 = \varepsilon \times \frac{\boxtimes \times B \times v^{2,5}}{\sqrt{B^2 + \xi \times L^2}}$$

oder

$$W^1 = \varepsilon \times \frac{\boxtimes \times v^{2,5}}{\sqrt{1 + \xi \times \left(\frac{L}{B}\right)^2}},$$

$$W^2 = 0,16 \times \Omega \times v^{1,85} \text{ für Schraubendampfer,}$$

$$W^2 = 0,16 \times \Omega \times (1,2 \times v)^{1,85} \text{ für Raddampfer,}$$

$$W = W^1 + W^2.$$

Beispiel. Ein Schraubenschiff hat die nachfolgenden Werte, wie sind W^1 , W^2 und W ?

$L = 116,6 \text{ m,}$	$\Omega = 1977,0 \text{ qm,}$	$v = 11,067 \text{ m, sec}$
$B = 14,0 \text{ m,}$	$F = 31,808 \text{ qm,}$	$\xi = 2,$
$\boxtimes = 68,397 \text{ qm,}$	$V = 21,5 \text{ kn, std,}$	$\varepsilon = 10,$

$$W^1 = 10 \times \frac{68,397 \times 14 \times 11,067^{2,5}}{\sqrt{14^2 + 2 \times 116,6^2}} = 23574 \text{ kg}$$

oder

$$W^1 = 10 \times \frac{68,397 \times 11,067^{2,5}}{\sqrt{1 + 2 \times \left(\frac{116,6}{14}\right)^2}} = 23574 \text{ kg,}$$

$$W^2 = 0,16 \times 1977 \times 11,067^{1,85} = 27014 \text{ kg,}$$

$$W = 23574 + 27014 = 50588 \text{ kg.}$$

Zur Bestimmung der nötigen Pferdestärken multipliziert man den Gesamtwiderstand W mit der Geschwindigkeit des Propellers unter Zuhilfenahme der hierzu gehörigen Koeffizienten und erhält

dann die Formel:

$$PSe = \frac{W}{75} \left(v + \sqrt{\frac{W}{160 \times F}} \right)$$

und

$$PSi = PSe \times \eta.$$

Hierin bedeutet:

PSe = nutzbare Maschinenleistung,

PSi = indizierte Maschinenleistung,

η = Koeffizient zwischen 1,73—1,1,

160 = konstanter Wert,

75 = m kg/sec

Auf obiges Schiff bezogen wird

$$PSe = \frac{50588}{75} \times \left(11,067 + \sqrt{\frac{50588}{160 \times 31,808}} \right) = 9593$$

und

$$PSi = 9593 \times 1,1 = 10552.$$

E. Festigkeitsberechnung.

Während der Zusammenstellung der Bauvorschrift für ein Schiff werden für Schiffsteile und für gewisse Mechanismen, z. B. den Steuerapparat, eingehende Festigkeitsberechnungen angestellt, die nach den Anschauungen der allgemeinen Festigkeitslehre, deren Entwicklung hier zu weit führen würde, vorgenommen werden. Auch im Laufe des Baues sind für Einzelausführungen während der Anfertigung der eigentlichen Bau- und Werkstattzeichnungen, die beim Entwurf nicht angefertigt worden sind, zahlreiche solche Festigkeitsberechnungen vorzunehmen.

Für den ganzen Schiffskörper wird diese Rechnung wie folgt angestellt:

Man betrachtet das Schiff als Gitterträger, auf den von unten der Auftrieb des Wassers, von oben das Eigengewicht und alle anderen Gewichte einschl. der nützlichen Zuladung wirken.

Die stärkste Beanspruchung der Schiffsverbände wird in zwei Lagen geschehen:

1. Das Schiff schwimmt auf einem Wellenberge und trägt mit den Enden frei.
2. Es schwimmt auf zwei Wellenbergen und trägt im Wellental frei.

Die Wellenlänge wird meist gleich der Schiffslänge angenommen. Bei den meisten Seeschiffen entstehen die größten Biegemomente, wenn mitschiffs ein Wellenberg und an jedem Schiffsende ein Wellental liegt, so daß das Schiff in der Mitte aufbuchtet und an den

Enden durchsacken will, z. B. bei Kriegsschiffen mit schweren Geschützen oder langen Handelsdampfern mit den Laderäumen an den Enden.

Man konstruiert sich zunächst als Wasserlinie eine Welle. Theoretisch nimmt man an, daß diese Welle eine Trochoidenkurve sei, welche für das auf Festigkeit zu berechnende Schiff am ungünstigsten ist, wenn die Länge der Welle gleich der Länge des Schiffes ist. Erfahrungsgemäß ist die Tiefe des Wellentales und die Höhe des Wellenberges ungefähr $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{20}$ der Länge.

Die Konstruktion der Trochoide (T) ist die einer verlängerten Zykloide. Von dieser Kurve aus, die je nach der Lage des Schiffes, ob auf einem Wellenberge in der Mitte oder auf zwei Wellenbergen an den Enden unterstützt, konstruiert sein muß, trägt man eine neue Spantarealkurve (A) ab. Die Verteilung der Gewichte des Schiffes stellt man sich graphisch aus folgenden Betrachtungen in einer Gewichtskurve dar.

Denkt man sich ein Schiff in eine Anzahl Teile zerlegt und besäße jeder dieser Teile (t) genau dasselbe Gewicht wie die Wassermenge, die er verdrängt, so würde in der Längsrichtung keine Beanspruchung der Verbände stattfinden. Eine solche Gewichtsverteilung kommt aber in Wirklichkeit nicht vor. Die Schiffsenden z. B. haben eine scharfe, wenig Wasser verdrängende Form, während sie mit erheblichen Gewichten belastet sind. Das an den Enden fehlende Deplacement ist in der Mitte durch einen Deplacementsüberschuß ersetzt. Denkt man sich die Teile t_0 bis t_n voneinander getrennt, so können sie sich nicht mehr auf gleicher Schwimmebene erhalten, sondern es müßte ein jeder seine Schwimmebene durch tieferes Einsinken oder durch Emportauchen soweit verändern, bis überall Wasser-Verdrängung und Gewicht gleich werden. Die Enden kommen also tiefer, die in der Mitte gelegenen Teile höher zu schwimmen als bei dem Schiff als Ganzes, in den einzelnen Teilen verbundenes schwimmendes Gebäude. Dieses Bestreben der Teile, sich zu senken oder sich zu heben, je nachdem ein Überschuß an Gewicht oder Auftrieb vorhanden ist, ruft Beanspruchungen hervor, die beim Schiffskörper auf Verbiegen beziehungsweise Zerreißen der Verbände hinwirken, wenn nicht der ganze Bau so stark hergestellt ist, daß er diese Kräfte ohne Formveränderung oder Zerreißung auszuhalten vermag.

Man konstruiert sich also die Gewichtskurve (B), indem man das Schiff durch gleich weit abstehende Ebenen in eine Anzahl vertikale Schichten teilt und für jeden Teil das Gewicht des Schiffskörpers und das der Zuladung berechnet. Diese Gewichte (in t) können als Ordinaten einer Kurve aufgetragen werden. Diese Kurve setzt man sich von einer Trochoide als Schwimmebene ab. Kurve A

muß mit Kurve B gleiche Fläche und gleichen \ominus -Abstand vom HP haben. An jenen Stellen, wo die Gewichtsfläche über die Displacementsfläche hervorragt, ist ein Gewichtsüberschuß, wo aber die Displacementsfläche hervorragt, ein Auftriebsüberschuß vorhanden.

Benützt man nun die Differenz der Ordinatenlängen der Kurven A und B , je nach ihren Zeichen als Ordinaten einer neuen Kurve C , so stellt diese die Verteilung der auf Biegung des Schiffes wirkenden Kräfte dar und wird die Differenz- oder Belastungskurve genannt. Aus der Entstehungsweise dieser Kurve geht hervor, daß das Areal des Flächenteils oberhalb der Grundlinie L dem unterhalb derselben liegenden gleich sein muß, also das Gesamtareal aller Teile gleich Null ist.

Die Integralkurve von C ist die Kurve der Scheerkräfte (D), die Integralkurve dieser die Kurve der Biegemomente (E). Unter Integration einer Kurvenfläche versteht man das stückweise Aufsummen ihrer Flächenteilchen, die in den Teilpunkten dann wieder als Ordinaten einer neuen Kurve, der Integralkurve der ersten, abgetragen werden.

Sollen nun belastete Träger den Bruchbeanspruchungen widerstehen, so muß an den am meisten beanspruchten Stellen genügend viel und entsprechend verteiltes Material vorhanden sein, damit dem Biegungs- oder Bruchmomente ein mindestens gleich großes mechanisches Widerstandsmoment (W) entgegensteht. Für die Bestimmung dieses Momentes gibt die Festigkeitslehre die Formel: $W = \frac{kJ}{e}$, wobei J das Trägheitsmoment des Querschnittes unter Bezugnahme auf die durch seinen \ominus gelegte neutrale Achse ist. e ist die Entfernung der am meisten beanspruchten Faser des Querschnittes von der neutralen Achse. k ist die auf die Flächeneinheit bezogene zulässige Spannung des Materials in kg pro qcm. Für jeden Schiffskörperquerschnitt kann man sich das Trägheitsmoment angenähert bestimmen, indem man sich die Verbände in einen Querschnitt (meist den eines einfachen Trägers, dessen Trägheitsmoment sich nach einer gebräuchlichen Formel der Festigkeitslehre berechnen läßt) zusammengelegt denkt.

Für die Berechnung der Trägheitsmomente zieht man auf der Seite der gezogenen Faser 12,5% für Nietlöcher ab, auf der Seite der gedrückten Faser wird der Materialquerschnitt voll gerechnet. Vom Querschnitte der Holzdecks berücksichtigt man nur 4%.

Dividiert man die Biegemomente durch die zugehörigen Widerstandsmomente der Querschnitte des Schiffskörpers, so erhält man die Spannungen der äußersten gezogenen bezüglich der äußersten gedrückten Faser. Sind diese Spannungen höher als die zulässige

Beanspruchung für das betreffende Material, so muß entsprechende Verstärkung der Verbände vorgenommen werden, bis die Spannungen das zulässige Maß erreicht haben.

Gewöhnlich rechnet man hierbei mit 4- bis 5facher Sicherheit; bei sehr langen Schiffen genügt schon eine 2- bis 3fache Sicherheit, weil Meereswellen von dem Schiffe entsprechender Länge nicht vorkommen, so daß bei einem solchen langen Schiff die ungünstige Lage auf einem Wellenberge in der Mitte oder zwei Wellenbergen an den Enden liegend nicht vorkommen kann. Für überschlägliche Festigkeitsberechnung geben einige Forscher als größtes Biegemoment $\frac{1}{25} DL$, einige $\frac{1}{35} DL$ an. Brauchbare Ergebnisse erhält man mit dem Mittelwerte $\frac{1}{30} DL$.

1. Numerisches Beispiel für eine Festigkeitsberechnung an einer Stelle des Schiffes, z. B. bei Spant 64.

Größtes auftretendes Biegemoment, wenn sich ein Torpedoboot von 380 t Displacement im Tale einer Welle befindet, die 2 m hoch und 65,4 m lang ist:

$$790 \text{ mt} = \underline{79000000 \text{ cmkg.}}$$

1. Querschnitt ohne jede Verstärkung:

Areal des Querschnittes: 961,2 cm².

Neutrale Achse (NA) über Oberkante Kiel 182,8 cm.

Trägheitsmoment bezogen auf NA 19335200 cm⁴.

Abstand von NA bis zur äußersten Faser des Oberdecks 222,8 cm.

Widerstandsmoment $\frac{19335200}{222,8} = 85000 \text{ cm}^3$.

Inanspruchnahme auf Druck an der Oberkante:

$$\frac{79000000}{85000} = \underline{930 \text{ kg pro cm}^2}$$

Trägheitsmoment nach Abzug für Nietung 18165900 cm⁴.

Abstand von NA bis zur äußersten Faser des Flachkiels 183,4 cm.

Widerstandsmoment $\frac{18165900}{183,4} = 99000 \text{ cm}^3$.

Inanspruchnahme auf Zug an der Unterkante:

$$\frac{79000000}{99000} = \underline{798 \text{ kg pro cm}^2}$$

2. Verstärkter Querschnitt. Auf Deck werden zwei Doppelungen von 500 mm Breite und 5 mm Dicke gelegt. Die vertikale Platte unter dem Unterzug wird von 3 auf 5 mm verstärkt.

Areal des Querschnittes 1037,6 cm².

Neutrale Achse über Oberkante Kiel 202 cm.

Trägheitsmoment bezogen auf *NA* 24 685 000 cm⁴.

Abstand von *NA* bis zur äußersten Faser des Oberdecks 203,4 cm.

Widerstandsmoment $\frac{24\,685\,000}{203,4} = 121\,500$ cm³.

Inanspruchnahme auf Druck an der Oberkante:

$$\frac{79\,000\,000}{121\,500} = \underline{650 \text{ kg pro cm}^2}.$$

Trägheitsmoment nach Abzug für Nietung 23 203 900 cm⁴.

Abstand von *NA* bis zur äußersten Faser des Flachkiels 202,6 cm.

Widerstandsmoment $\frac{23\,203\,900}{202,6} = 114\,800$ cm³.

Inanspruchnahme auf Zug an der Unterkante:

$$\frac{79\,000\,000}{114\,800} = \underline{690 \text{ kg pro cm}^2}.$$

Durch die angeordnete Verstärkung ist also bei Beanspruchung auf Druck an der am meisten beanspruchten Stelle, bei 4000 kg pro qcm zulässiger Bruchfestigkeit, eine 6fache Sicherheit, bei Beanspruchung auf Zug eine 5,8fache Sicherheit erzielt worden, während vorher auf Druck nur eine 4,3fache Sicherheit und auf Zug eine 5fache Sicherheit vorhanden war.

2. Numerisches Beispiel für die Festigkeitsberechnung eines ganzen Schiffes, z. B. eines Torpedobootes. (Tafel I und II, a.)

Der Festigkeitsberechnung ist das voll ausgerüstete Schiff mit 100 t Kohlen, einem Displacement von 381,7 t entsprechend, zu Grunde gelegt.

Es ist hierbei angenommen, das Schiff schwimme im Tal einer Welle, die 2 m hoch und 64,5 m lang ist.

Aus dem nach den Angaben im ersten Teile der Festigkeitsberechnung angefertigten Diagramm ist ersichtlich:

Die aus der Differenz von Gewicht und Auftrieb konstruierte Kurve der Scheerkräfte ergibt die drei neutralen Querschnitte

- a) 250 mm vor Spant 2,
- b) 400 „ „ „ 62,
- c) 350 „ „ „ 119.

Das Maximum der auftretenden Biegemomente mit 790 mt befindet sich bei dem neutralen Querschnitt b, während die neutralen Querschnitte a und c Minima der Biegemomente mit 4 bzw. 6 mt aufweisen.

Ein Abzug für die Nietung in der gezogenen Faser hat nicht stattgefunden,

a) weil das äquatoriale Trägheitsmoment $\frac{bh^3}{12}$ vernachlässigt ist (es sind nur die Produkte der Querschnittsflächen mit dem Quadrat ihrer Entfernung von der neutralen Faser summiert worden);

b) weil ferner die wegen der Erleichterungslöcher vernachlässigten Längsverbände, nämlich Mittelkiel, die beiden Kesselträger, die Unterzüge unter den Lancierrohren, Kohlenbunkerwände immerhin noch so viel Längsschiffs-Festigkeit besitzen, daß sie die durch die Nietung hervorgerufene Schwächung der Längsverbände ersetzen.

Nachstehend ist die Ermittlung der Inanspruchnahme des Materials für eine Anzahl Spanten durchgeführt.

Es bedeutet:

M_b = Biegemoment in cm/kg,

J = Trägheitsmoment, bezogen auf die neutrale Achse,

A = Areal des Querschnittes,

NA = Entfernung der neutralen Achse von Oberkante Kiel,

W = Widerstandsmoment,

k = Inanspruchnahme.

Da $\frac{J}{e}$ = Widerstandsmoment der äußersten Faser, so ist W für Oberkante,

$W_o = \frac{\text{Trägheitsmoment}}{405 - NA + \text{Dicke der Deckbeplattung}}$, und W für Unterkante,

$W_u = \frac{\text{Trägheitsmoment}}{NA + \text{Dicke des Flachkiels}}$,

405 cm = Höhe des Schiffes von Oberkante Kiel bis Mitte Deck (Oberkante Decksbalken).

Im Bereiche der Back ist für 405 cm = 510 cm in Rechnung zu setzen.

Aus Nachstehendem ergibt sich, daß die größte Beanspruchung mit 690 kg pro Quadratcentimeter bei Spant 64 auftritt, so daß genügend Sicherheit vorhanden ist und Verstärkungen nicht anzuordnen sind.

Eine Errechnung der Beanspruchungen im Wellenberg hat nicht stattgefunden, weil angenommen worden ist, daß im vorliegenden Falle bei der Anhäufung der Gewichte in der Schiffsmittle — besonders mit gefüllten Kohlenbunkern — die größten Biegemomente im Wellental auftreten werden.

Spant 0.

$$M_b = 400000 \text{ cmkg}$$

$$J = 3595500 \text{ cm}^4$$

$$A = 413,4 \text{ cm}^2$$

$$NA = 274 \text{ cm über Oberkante Kiel}$$

Obere äußerste Faser:

$$W = \frac{3595500}{144} = 31400 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{400000}{31400} = 12,7 \text{ kg/cm}^2$$

Untere äußerste Faser:

$$W = \frac{3595500}{131,3} = 27400 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{400000}{27400} = 14,6 \text{ kg/cm}^2$$

Spant 10.

$$M = 350000 \text{ cmkg}$$

$$J = 10438650 \text{ cm}^4$$

$$A = 654 \text{ cm}^2$$

$$NA = 233 \text{ cm über Oberkante Kiel}$$

Obere Faser:

$$W = \frac{10438650}{173,4} = 60600 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{850000}{60600} = 14 \text{ kg/cm}^2$$

Untere Faser:

$$W = \frac{10438650}{233,5} = 44800 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{850000}{44300} = 19 \text{ kg/cm}^2$$

Spant 30.

$$M_b = 28200000 \text{ cmkg}$$

$$J = 18994900 \text{ cm}^4$$

$$A = 1005,6 \text{ cm}^2$$

$$NA = 225,7 \text{ cm über Oberkante Kiel}$$

Obere Faser:

$$W = \frac{18994900}{178,7} = 106200 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{28200000}{106,200} = 265 \text{ kg/cm}^2$$

Untere Faser:

$$W = \frac{18994900}{226,3} = 83700 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{28200000}{83700} = 337 \text{ kg/cm}^2$$

Spant 50.

$$M_b = 70000000 \text{ cmkg}$$

$$J = 21980140 \text{ cm}^4$$

$$A = 998 \text{ cm}^2$$

$$NA = 194,7 \text{ cm über Oberkante Kiel}$$

Obere Faser:

$$W = \frac{21980140}{210,7} = 104200 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{70000000}{104200} = 672 \text{ kg/cm}^2$$

Untere Faser:

$$W = \frac{21980140}{195,3} = 112400 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{70000000}{112400} = 623 \text{ kg/cm}^2$$

Spant 64.

$$M_b = 78700000 \text{ cmkg}$$

$$J = 23470000 \text{ cm}^4$$

$$A = 1043 \text{ cm}^2$$

$$NA = 200 \text{ cm über Oberkante Kiel}$$

Obere Faser:

$$W = \frac{23470000}{205,4} = 114300 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{78700000}{114300} = 690 \text{ kg/cm}^2$$

Untere Faser:

$$W = \frac{23470000}{200,6} = 117000 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{78700000}{117000} = 675 \text{ kg/cm}^2$$

Spant 80.

$$M_b = 59200000 \text{ cmkg}$$

$$J = 20501040 \text{ cm}^4$$

$$A = 956 \text{ cm}^2$$

$$NA = 197,6 \text{ cm über Oberkante Kiel}$$

Obere Faser:

$$W = \frac{20501040}{207,8} = 99000 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{59200000}{99000} = 602 \text{ kg/cm}^2$$

Untere Faser:

$$W = \frac{20501040}{193,2} = 103500 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{59200000}{103500} = 572 \text{ kg/cm}^2$$

Spant 100.

$$M_b = 130000000 \text{ cmkg}$$

$$J = 15242660 \text{ cm}^4$$

$$A = 765,4 \text{ cm}^2$$

$$NA = 208,2 \text{ cm über Oberkante Kiel}$$

Obere Faser:

$$W = \frac{15242660}{197,2} = 77400 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{130000000}{77400} = 168 \text{ kg/cm}^2$$

Untere Faser:

$$W = \frac{15242660}{208,7} = 73100 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{130000000}{73100} = 178 \text{ kg/cm}^2$$

Spant 120.

$$M_b = 600000 \text{ cmkg}$$

$$J = 9563200 \text{ cm}^4$$

$$A = 428,5 \text{ cm}^2$$

$$NA = 296,9 \text{ cm über Oberkante Kiel}$$

Obere Faser:

$$W = \frac{9563200}{213,4} = 45000 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{600000}{45000} = 13,3 \text{ kg/cm}^2$$

Untere Faser:

$$W = \frac{9563200}{260} = 36800 \text{ cm}^3$$

$$k = \frac{600000}{36800} = 16,3 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensionierung der Bauteile nach dem Germ. Lloyd.

Da die Festigkeitsberechnung eines Schiffskörpers in der im Vorhergehenden gezeigten Weise ziemlich umfangreich ist und die Vorausbestimmung der angenommenen Stärken eine größere Praxis erfordert, hat der Germ. Lloyd eine Bauvorschrift nebst Formeln und Tabellen zusammengestellt, aus denen man an Hand von Leitzahlen die erforderlichen Dimensionen entnehmen kann.

Der Lloyd klassifiziert die Schiffe nach den Fahrten und Decksanordnungen.

Die Fahrtenbezeichnungen stellen sich wie folgt zusammen:

Sund- und Wattfahrt	mit dem Fahrtenzeichen	<i>W</i>
Innen- oder Binnenfahrt	„ „ „	<i>I</i>
Kleine Küstenfahrt	„ „ „	<i>k</i>
Große Küstenfahrt	„ „ „	<i>K</i>
Atlantische Fahrt	„ „ „	<i>Atl.</i>
Lange- oder Großefahrt	„ „ „	<i>L</i>

Die Decksanordnungen sind aus Fig. 134 ersichtlich.

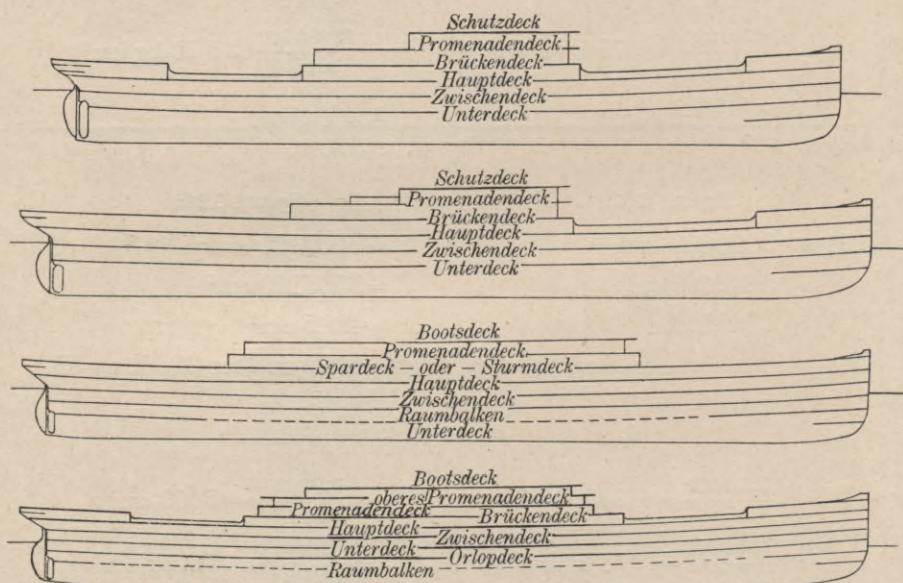


Fig. 134.

Die Leitzahl Q für die Querverbände wird durch Addition von Spantumfang von Mitte Kiel bis Oberkante Hauptdeckbalken plus Schiffsbreite dividiert durch 2, gefunden.

$$Q = \frac{U + B}{2}.$$

Die Leitzahl QL für die Längsverbände durch Multiplikation von Q mit der Schiffslänge zwischen den Perpendikeln

$$QL = Q \times L.$$

Im Nachstehenden sollen die Hauptverbände eines Frachtdampfers mit Haupt-, Brücken- und Bootsdeck für die Atlantische Fahrt bestimmt werden. (Fig. 135 und Tafel II, b.)

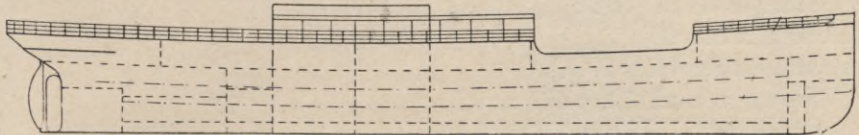


Fig. 135.

Dimensionen des Schiffskörpers.

Länge zwischen den Perpendikeln	64,00 m
Größte Breite auf Spanten . . .	9,95 m
Seitenhöhe bis Hauptdeck . . .	5,13 m
Spantumfang bis Hauptdeck . .	18,63 m

$$Q = \frac{18,63 + 9,95}{2} = 14,29,$$

$$QL = 14,29 \times 64,00 = 914.$$

Abmessungen der Bauteile in Millimeter.

Spantentfernung 600

Flachkiel auf $\frac{6}{10}$ Länge 16,5, an den Enden 13Kielgang " $\frac{6}{10}$ " 13, " " " 11Bodengänge " $\frac{1}{2}$ " 11,5 " " " 9,5Seitengänge " $\frac{1}{2}$ " 11, " " " 9Scheergang " $\frac{1}{2}$ " 13,5 " " " 10,5

Hauptdeck bis Brückendeck 7

Deckshäuser 5,5

Doppelboden-Mittelträger $880 \times 10,5$

Doppelboden-Seitenträger im Kesselraum 10,5, im Maschinen- und Laderaum 9

Doppelboden-Randplatte im Maschinen- und Laderaum 520×9 , im Kesselraum 10,5

Doppelbodenbeplattung:

Mittelplatte auf $\frac{1}{2}$ Länge 840×10 , an den Enden 9

Seitenplatten im Maschinenraum 9,5, im Kesselraum 12,5, im Laderaum 8

Längswinkel an der Randplatte $80 \times 80 \times 9$, an den Seitenträgern und vertikale $75 \times 75 \times 8$

Hauptdeckbeplattung 7

Hauptdeckstringer auf $\frac{1}{2}$ Länge $1100 \times 10,5$, an den Enden $710 \times 8,5$
Stringerwinkel $90 \times 90 \times 10$

Brückendeckbeplattung 6

Brückendeckstringer 450×8
Stringerwinkel $75 \times 75 \times 9$

Bootsdeckstringer 350×6

Stringerwinkel $75 \times 75 \times 7$

Decksplanken 65

Raumstringerplatte 9

Stringerwinkel $120 \times 75 \times 9,5$

Spanten auf $\frac{6}{10}$ Länge $110 \times 75 \times 10$, an den Enden $100 \times 75 \times 9$
Gegenspanten $75 \times 75 \times 9$

Hauptdeckbalken Γ $150 \times 70 \times 10$ auf jedem Spant

Brückendeckbalken $120 \times 75 \times 9$ auf jedem Spant

Bootsdeckbalken $100 \times 65 \times 7$ auf jedem 2. Spant

Querschotte oben 6, unten 7,5

Versteifungen Γ $200 \times 85 \times 8 \times 14$ Entfernung 760

Deckstützen 84 Durchmesser

Festigkeitsberechnung des Ruders.

Ruderdruck. Der Ruderdruck beträgt:

1. nach Rankine: $R = 11 \times F \times v^2 \times \sin^2 a$,

2. nach Weißbach: $R = 34,5 \times F \times v^2 \times \sin a \times (1 - \cos a)$.

Die beiden Formeln stimmen überein für $a = 35\frac{1}{2}^\circ$; darunter ergibt 1, darüber 2 die größeren Werte für R .

Hierin bezeichnet:

R = Ruderdruck in kg, v = Geschwindigkeit in Knoten,

F = Ruderfläche in qm, a = Ausschlagwinkel des Ruders.

Ruderblatt und Schaft. Für die Dimensionierung des Ruders und des Rudergeschirrs gibt der Germ. Lloyd ebenfalls Formeln und Tabellen an, deren Anwendung im Nachstehenden auf das im Vorhergehenden bearbeitete Schiff gezeigt werden soll.

Der Durchmesser des Ruderschaftes ergibt sich aus der Formel:

$$D = 0,42 \times \sqrt[3]{F \times r \times v^2},$$

hierin bedeutet:

F = Ruderfläche in qm,

r = Abstand des Schwerpunktes der Ruderfläche von der Drehachse
in cm,

v = Geschwindigkeit des Schiffes in Knoten,

für das zu berechnende Schiff wird

$$D = 0,42 \times \sqrt[3]{5,76 \times 60 \times 12^2} = 15,4 \text{ cm.}$$

Angenommen, das Ruderblatt wird als Plattenruder gebaut (Fig. 136), so ergeben sich nach der Tabelle folgende Abmessungen:

größte Entfernung der Arme 0,7 m

Anzahl der Arme 7

oberster Arm am Ruderschaft 145 × 61 mm

Stärke der Arme an den Enden 90 × 25 mm

Wanddicke der Augen um den Pfosten 52 mm

Stärke der Ruderplatte 19 mm

Fingerlinge 84 mm Durchmesser.

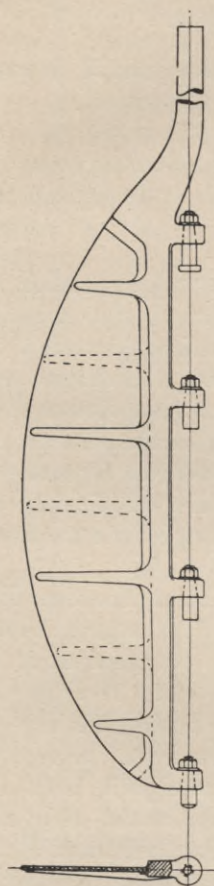


Fig. 136.

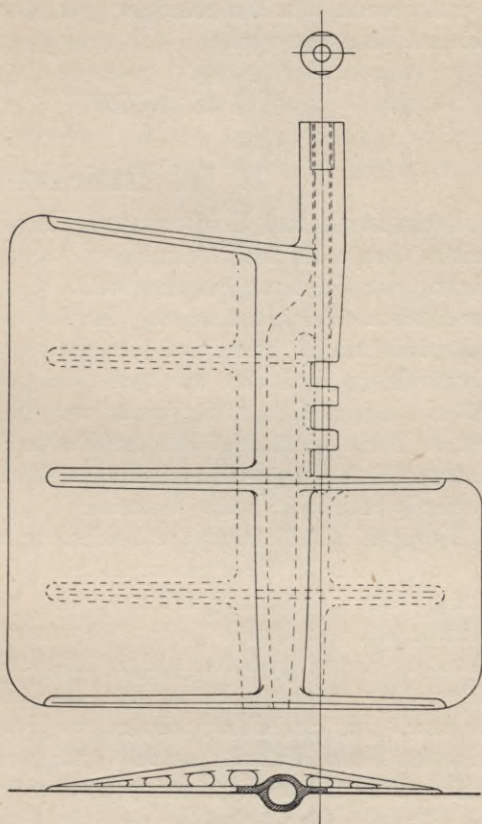


Fig. 137.

Rudergeschirr. Die Abmessungen des Rudergeschirrs ergeben sich nach der Tabelle wie folgt:

Ruderquadrant 1,21 m Radius

Ruderkette 21 mm Durchmesser

Zugstangen 26,25 mm „

Kettenscheiben 255—335 mm

Durchmesser

Scheibenbolzen 42 mm „

Ruder für einen kleinen Kreuzer (Fig. 137). Nach der Formel beträgt der Durchmesser des Ruderschaffes:

$$0,42 \times \sqrt[3]{10,96 \times 95 \times 22^2} = 36,2 \text{ cm.}$$

Da nun aber zur Befestigung des Ruders ein hohler Schaft angewandt werden muß, wird der Schaft stärker, damit das gleiche Widerstandsmoment gegen Torsion erzielt wird.

$$W \text{ von } 36,2 \text{ cm} = \frac{\pi \times d^3}{32} = 4550 \text{ cm}^3.$$

Die angenommenen Durchmesser für den hohlen Schaft betragen 37/15 cm, demnach wird

$$W = \frac{\pi}{32} \times \frac{D^4 - d^4}{D} = 4810 \text{ cm}^3.$$

F. Schiffszeichnungen.

Rechnungen und Zeichnungen. Die in den vorhergehenden Abschnitten besprochenen Rechnungen werden während und nach Anfertigung der Zeichnungen angestellt. Diese Zeichnungen sind teilweise Resultate der Rechnungen, teilweise dienen die Rechnungen dazu, die Ausführbarkeit jener und ihre zweckentsprechende Konstruktion zu kontrollieren, so daß oft nach Fertigstellung zeichnerischer Entwürfe ein Umarbeiten nötig wird, um die Zeichnungen für den Bau selbst so herzustellen, daß die Ausführungen in der Wirklichkeit den verlangten Anforderungen und dem augenblicklichen Stande der Schiffbautechnik möglichst nahe kommen.

Die erste Ausführung der Zeichnungen geschieht mit dem Bleistift, und erst nach Zusammenarbeiten mit den Rechnungen, Fertigstellung aller Ergänzungszeichnungen, erfolgt das Ausziehen der Bleilinen mit der Reißfeder mit schwarzer oder bunter Tusche. Als Hilfsmittel dienen gute Reißzeuge, Reißschiene, Straklatten mit Gewichten, Kurvenlineale, Planimeter, Rechenschieber, gute lange Maßstäbe usw. Im Schiffbauzeichnen, wo große Genauigkeit notwendig ist, ist das beste Material gerade gut genug und macht sich stets bezahlt. Daß das beste Zeichenpapier, vielleicht mit Leinwand hinterklebt, für die Hauptentwürfe genommen wird, ist selbstverständlich. Nach diesen Hauptentwürfen werden auf Pausleinwand oder gutem Pauspapier Durchpausungen vorgenommen, um ein beliebiges Vervielfältigen der Zeichnungen durch Lichtpausapparate zu ermöglichen, damit in den Bureaus und auf den Bauten selbst für Ingenieure, Meister und Arbeiter genügend Zeichnungen zur Einsicht gegeben werden können. Auch erhält bei einem Kriegsschiff stets, bei Handelsschiffen noch nicht immer, der Führer (wohl aber stets der Reeder)

des Schiffes alle Hauptpläne in solchen Lichtpausen, um sich über das Schiff, seine Eigenschaften, seine Einrichtungen und Verhältnisse unterrichten zu können.

Zu den Schiffszeichnungen gehören:

1. Konstruktionszeichnung (Linienriß),
2. Einrichtungszeichnungen,
3. Hauptspantszeichnung,
4. graphische Darstellung der Berechnungsergebnisse,
5. Pläne der Rohrleitungen für Ent- und Bewässerung.
6. Pläne für Lüftungseinrichtungen.
7. Zeichnungen für wichtige Einzelheiten,
8. Bauvorschrift, durch welche die Zeichnungen ergänzt werden.

Die Zeichnungen für die Maschine, für Kessel, Hilfsmaschinen und für Einzelheiten der Maschinenanlage sind hier, als nicht unmittelbar zu den Schiffszeichnungen gehörig, nicht besonders erwähnt worden.

Für Segelschiffe kommt selbstverständlich eine Bemastungszeichnung mit Segelplan hinzu.

Bei Kriegsschiffen kommen noch artilleristische Pläne, Bestreichungspläne, Pläne für die Munitionsstauungen usw. hinzu.

Die Handelsmarine beschränkt sich auf weniger Zeichnungen, obgleich die großen Werften neuerdings, ähnlich wie für Kriegsschiffe verlangt, ebenfalls alle vorherwähnten Ausarbeitungen zum Bau und zum späteren Betriebe des Schiffes liefern.

In der Kriegsmarine wird außerdem zur Ergänzung der Zeichnungen noch eine Biographie mitgegeben, in welcher alle Daten und Eigenschaften des Schiffes eingetragen sind, außerdem die Kommandanten Eintragungen machen über alles, was das Schiff betrifft.

Konstruktionszeichnung. Die Konstruktionszeichnung legt die äußere Form eines Schiffes in verkleinertem Maßstabe (meist 1:100, 1:50 oder 1:25) in drei Projektionen auf dem Papier fest. Die drei Projektionen sind:

Längsriß, Wasserlinienriß, Spantenriß.

Die Anordnung ist so, daß oben der Längsriß, darunter der Wasserlinienriß und rechts in der Höhe des Längsrisses der Spantenriß angeordnet ist. (Tafel III.)

Spantenriß. Der Spantenriß ist eine Horizontalprojektion auf die Querschiffsebene. Er entsteht, indem man sich die Länge des Schiffes in gleiche Teile zerlegt denkt, durch welche man Vertikal Ebenen hindurch legt. Die Schnittkurven mit der Innenkante der Außenhaut sind die Spanten, die auf die vertikale Mittschiffsebene projiziert sind, und zwar so, daß links die Formen des Hinterschiffes,

rechts die des Vorderschiffes erscheinen. Diese Spantkurven sind in ein Netz von geraden Linien gezeichnet, von denen die Horizontalen die Projektionen der Wasserlinienebenen, die Vertikalen die Projektionen der Schnittebenen sind. Die Projektionen des Decks sind ebenfalls entsprechend den Endpunkten der Spanten eingetragen.

Wasserlinienriß. Der Wasserlinienriß ist eine Vertikalprojektion auf die Horizontalebene. Die Kurven der Wasserlinien entstehen, indem man sich die Tiefe des Schiffes in gleiche Teile zerlegt. Diese Teilung wird noch für mehrere Punkte über die Konstruktionswasserlinie fortgesetzt, um auch die Form des Oberschiffes festzustellen. Durch die Teilpunkte werden Horizontalebenen gelegt gedacht. Die Schnittkurven dieser Ebenen mit der Innenkante der Außenhaut sind die Wasserlinien, deren Form auf eine Horizontalebene projiziert sind. Da das Schiff ein symmetrischer Körper ist, ist nur eine Hälfte nach oben dargestellt. Die Decks werden in diesem Riß ebenfalls ausgestrakt. Diese Kurven sind eingezeichnet in ein Netz von geraden Linien, von denen die Vertikalen die Projektionen der Spantebenen, die Horizontalen die Projektionen der Schnittebenen sind.

Längsriß. Der Längsriß oder der Längsschnitt ist eine Vertikalprojektion auf die Längsschiffsebene. Im Längsschnitt sind die Formen des Vor- und Hinterstevens, der Verlauf des Kiels und der Decks erkennbar. Als Kurven erscheinen hier die Schnitte, welche entstehen, wenn von der Mitte des Schiffes aus in gleichen Abständen Vertikalschnitte parallel zur Längsschiffsebene gelegt werden. Die Schnittkurven dieser Ebenen mit der Innenkante der Außenhaut sind die Schnitte. Sie sind eingetragen in ein Netz von geraden Linien, von denen die Vertikalen die Projektionen der Spantebenen, die Horizontalen die Projektionen der Wasserlinienebenen sind.

Die Darstellung geschieht auch im Wasserlinienriß und Längsschnitt so, daß links stets das Hinterschiff, rechts das Vorschiff vom Beschauer liegt.

Senten. Neben den Spanten, Wasserlinien und Schnitten hat man noch Sentenkurven. Diese Kurven entstehen, wenn man sich Ebenen unter solchen Winkeln durch den Schiffskörper gelegt denkt, daß sie die Oberfläche des Schiffes möglichst senkrecht durchschneiden und mit der Mittschiffsebene eine horizontale Schnittlinie bilden. Die Projektionen dieser Sentenebenen erscheinen im Spantenriß als nach unten geneigte gerade Linien, welche die Spantlinien unter solchen Winkeln schneiden, die dem rechten möglichst nahe kommen. Die Schnittpunkte dieser geraden Linien mit den Spanten werden im Wasserlinienriß zu den Sentenkurven ausgestrakt. Sie sind die schärfste Kontrolle für das Straken der Wasserlinien, Spanten und Schnitte.

Die Senten finden bei der Ausführung des Baues zur Formgebung verschiedener Verbandstücke Anwendung.

Straken. Unter Straken versteht man das Auszeichnen der Schiffskurven mittelst feiner Holzlatten, deren gleichmäßige Spannung einen glatten rechnungsmäßigen Verlauf dieser Kurven sichert, wobei man sagt, daß die Kurve strakt. Die Rechnungspunkte werden durch Beschwerung der Latte mit Gewichten festgehalten und ihre abwechselnde Freigabe (Springen lassen) ermöglicht der Latte von Punkt zu Punkt etwas freies Spiel, so daß durch den Spannungsausgleich ein regelrechter Strak der betreffenden auszustrakenden Kurve erzielt wird. Die Spantformen werden mit Hilfe von Kurvenlinealen auf dem Papiere gezeichnet, die nach guten, schon ausgeführten, bewährten Formen, kreisförmigen, parabolischen, hyperbolischen und elliptischen Kurvenabschnitten hergestellt werden. Beim Abschnüren des Konstruktionsrisses in natürlicher Größe auf dem Schnürboden werden auch die Spanten mit Latten austrakt, die dann durch Nägel an den Konstruktionspunkten festgehalten werden.

Einrichtungszeichnungen. Zur baulichen Ausführung des Schiffes bedarf es neben der Konstruktionszeichnung noch besonderer Bauzeichnungen, von denen die wichtigsten die Einrichtungszeichnungen sind.

Die Einrichtungszeichnungen zerfallen in Deckpläne mit dem Stauungsplan, in Querschnitte und den Längsschnitt. In diesen Zeichnungen sind die Verteilung des Schiffsraums und die Einrichtungen erkennbar. In den Decksplänen werden die Decks oberhalb durchschnitten gedacht, so daß man von oben ihre allgemeine Konstruktion und alle auf dem Deck befindlichen Räume mit ihren Einrichtungen übersehen kann. Im Stauungsplan ist die Stauung der untersten Schiffsräume unter dem untersten Deck erkennbar. Die Querschnitte zeigen Spantdurchschnitte, in denen die wichtigsten Einrichtungen eingezeichnet sind. Beim Längsschnitt denkt man sich die vordere Seite durchsichtig und alle Einrichtungen innen- und außenbords und die Raumeinteilung sichtbar, und zwar so, daß man alle Einrichtungen außenbords erkennen läßt und alle anderen inneren Einrichtungen von außen gesehen oder im Schnitt darstellt, die von der Mittschiffsebene getroffen werden.

In den beigegeführten Schiffsplänen ist das Beschriebene zeichnerisch dargestellt. (Tafel X, 1—3, III, IV, VII, 2.)

Zum leichteren Zurechtfinden in den Schiffsplänen sind diese in den Materialfarben angelegt, z. B. Schiffbaustahl blau, Stahl violett, Kupfer rot, Messing und Bronze gelb, Holz braun, Kohle grau und dunkel gerändert, Wasser und Glas hellgrün usw.

Hauptspantzeichnung. Diese Zeichnung enthält einen Schnitt durch das Schiff im \boxtimes und läßt die Art der gedachten Bauausführung und die Verbandteile erkennen. An den Verbandteilen sind die Materialstärken der Platten, Winkel, Profilstähle usw., aus denen der Schiffskörper erbaut wird, angegeben. Oft sind noch besondere Auszeichnungen der Längsspanten oder des Innenschiffes, in seinen Bauteilen von der Innenseite gesehen, sowie noch Schnitte weiter vorn und achtern beigelegt. (Tafel VII, 3, VIII, 3/4.)

Graphische Darstellung der Berechnungsergebnisse. Die Berechnungsergebnisse werden graphisch in Koordinatensystemen zusammengestellt, so daß am Verlaufe der Kurven eventuelle Rechenfehler an den nicht strakenden Punkten gefunden werden, außerdem können für Werte, zwischen den errechneten Punkten nach den betreffenden Maßstäben, in denen die Kurven dargestellt sind, Maße abgesetzt werden. (Tafel IX.)

Pläne der Rohrleitungen für Ent- und Bewässerung. Diese Zeichnungen und Tafeln enthalten die Leitungen, Ventile, Hähne und Einrichtungen, mit welchen Wasser an Bord gegeben und von Bord genommen werden kann, die Feuerlösch- und Überflutungseinrichtungen, sowie Angaben über alle wasserführenden Räume des Schiffes.

Pläne der Lüftungseinrichtung. Diese Zeichnungen sind Pläne, welche über die Ventilation Auskunft geben und die Mittel zur Abführung verdorbener Luft und Zuschaffung frischer Luft, sowie über alle Luftleitungen und die zu ventilierenden Räume und die Art der Ventilation Angaben enthalten.

Zeichnungen für wichtige Einzelheiten. Zu diesen Zeichnungen gehört eine große Zahl zeichnerischer Darstellungen, die zur Bauausführung nötig sind. Hierher gehören die Zeichnungen des Vorder- und Hinterstevens mit den eingezeichneten Ruder- und Steuermechanismen, Außenhautzeichnungen, Schottzeichnungen, Panzerungen, Armierungszeichnungen, Bemastungseinzelheiten, Aufstellung der Boote, Bootszeichnungen, Anker mit ihren Einrichtungen, Einrichtungen der Wohnräume mit allem Zubehör, Zeichnungen von schwierigen Verbandteilen, von Gußstücken für die Verbände, von Lasteneinrichtungen, von Ventilen, Rohrleitungen, Niedergängen, Luken, Fenstern, Türen, Treppen, Geländern, Beschlägen usw. (Tafel X, 1–3, XI, 1/2.)

Bauvorschrift. Die Bauvorschrift vervollständigt alle Angaben der Zeichnungen und gibt Auskünfte auch über solche Einzelheiten, welche sich in den Zeichnungen nicht darstellen lassen. Sie enthält eine Beschreibung des Schiffes betreffs der Bauweise, der Arten und Qualitäten der Materialien und ihrer Stärken; weiter sind Inventarien-

verzeichnisse, Bearbeitungsweise der Materialien, Schutz durch Anstriche usw. angeben.

Eine Bauvorschrift konnte wegen ihres zu großen Umfangs hier nicht zum Abdruck gebracht werden, doch ist ihr Studium sehr lehrreich.

G. Schiffsvermessung.

Tonnengehalt. Für die Größe eines Schiffes ist nicht nur seine Wasserverdrängung das alleinige Maß, sondern auch sein Rauminhalt. Diese besondere Größenfeststellung geschieht durch die Schiffsvermessung. Durch das Meßverfahren wird der für die nützliche Zuladung verfügbare Raum festgestellt; dieser sogenannte Tonnengehalt ist für die Abgaben maßgebend, welche ein Schiff für Steuerzwecke, zur Benutzung von Häfen und Kanälen usw. zu leisten hat.

Die Bezeichnung Tonnengehalt rührt davon her, daß in älteren Zeiten das Stauvermögen eines Schiffes durch eine bestimmte Anzahl Fässer von derzeit üblicher Größe ausgedrückt wurde, die im Raume verstaub werden konnten.

Zur Feststellung des Tonnengehalts haben die Staaten besondere Schiffsvermessungsordnungen erlassen. Für den Suezkanal ist eine internationale Regelung für die Schiffsvermessung erfolgt. Für die Berechnung des Rauminhaltes wird ein Vermessungsprotokoll nach einem durch die Vermessungsordnung vorgeschriebenen Schema aufgestellt, welches der obersten Vermessungsbehörde, dem Reichsvermessungsamt, einzureichen ist.

Die Vermessungsprotokolle bleiben bei diesem Amt, welches auf Grund der Protokolle einen Meßbrief ausstellt, dessen Schema vorgeschrieben und umstehend beigefügt ist.

Brutto- und Netto-Raumgehalt. Ein Exemplar des Meßbriefes erhält der Führer des Schiffes, ein zweites bleibt bei der betreffenden Landesbehörde.

Bei Staaten mit metrischem Maßsystem wird die Vermessung in Kubikmeter und Registertonnen angegeben, bei Staaten mit englischem Maßsystem in Kubikfuß und Registertonnen.

$$1 \text{ cbm} = 0,353 \text{ Reg.-t} = 35,5 \text{ Kubikfuß,}$$

$$1 \text{ Reg.-t} = 2,832 \text{ cbm} = 100 \text{ Kubikfuß.}$$

Die Vermessung wird nach Fertigstellung des Schiffes an Bord vorgenommen, nicht nach den Zeichnungen.

Das Gesamtergebnis ist der Brutto-Raumgehalt, von dem bestimmte Abzüge gemacht werden, so daß für Abgabezwecke usw. der Netto-Raumgehalt übrig bleibt.

Man erhält den Netto-Tonnengehalt nach gewissen Abzügen vom Brutto-Tonnengehalt:

1. bei Segelschiffen für Mannschaftsräume und Räume für die Navigierung;
2. bei Schiffen, die mit Dampf oder anderer künstlich erzeugter Kraft ihren Antrieb erhalten, für Maschinen-, Kessel-, Bunker-, Mannschafts- und Navigierungsräume.

Man unterscheidet drei Meßverfahren:

1. das vollständige,
2. das abgekürzte Vermessungsverfahren und
3. die Vermessung offener Boote.

Vollständiges Meßverfahren. Bei Schiffen mit weniger als drei Decks gilt das oberste Deck als Vermessungsdeck, bei Schiffen mit drei oder mehr Decks gilt das zweite Deck von unten als Vermessungsdeck.

Die unter dem Vermessungsdeck befindlichen Räume werden als Ganzes für sich gemessen. Die über dem Vermessungsdeck befindlichen Räume, mögen sie durch Decks oder durch Aufbauten auf oder über dem obersten Deck gebildet sein, werden ein jeder für sich vermessen.

Die Vermessung des inneren Schiffsraumes unter dem Vermessungsdeck geschieht durch Aufnahme der Länge und einer je nach dieser Länge verschiedenen Anzahl von Querschnitten und Berechnung nach der Simpsonschen Regel.

Die Länge wird auf dem Vermessungsdeck in gerader Linie gemessen und den in der Verordnung angegebenen Vorschriften.

Hat das Schiff über dem Vermessungsdeck noch ein drittes Deck, so wird der Kubikinhalt des Raumes zwischen dem dritten Deck und dem Vermessungsdeck derart bestimmt, daß die Länge des Raumes in halber Höhe, nach Maßgabe der in der Vermessungsordnung festgesetzten Endpunkte, gemessen wird. Diese Länge wird in dieselbe Anzahl gleicher Teile geteilt, in welche die auf dem Vermessungsdeck gemessene Länge geteilt worden ist, es werden die Breiten an diesen Stellen gemessen, und der Kubikinhalt wird nach der Simpsonschen Regel berechnet.

Hat ein Schiff mehr als drei Decks über dem Vermessungsdeck, so werden die über letzterem befindlichen Deckräume ein jeder für sich in der vorstehenden Weise vermessen.

Befinden sich Kajüten, Hütten, Deckhäuser, Backs oder sonstige fest angebrachte Aufbauten auf dem obersten Deck, die zur Aufnahme von Gütern oder Vorräten oder zur Unterbringung oder Bequemlichkeit der Passagiere oder Schiffsbesatzung dienen, so wird der Rauminhalt derselben jeder für sich festgestellt.

Abgekürztes Meßverfahren. Dies Verfahren kann nur eingeschlagen werden, wenn das Schiff beladen ist, oder andere Umstände die vollständige Vermessung hindern, die dann, sobald zugänglich, nachzuholen ist.

Die Vermessungslänge wird auf dem obersten Deck gemessen nach Maßgabe der Bestimmungen der Vermessungsordnung.

Die größte Breite des Schiffes wird zwischen den Außenflächen der Außenbordsbekleidung gemessen. An der Stelle der größten Breite außenbords wird sodann die Höhe des obersten Decks außenbords an beiden Seiten vermerkt und mittels einer in senkrechter Richtung zum Kiel straff um das Schiff herumgezogene Kette die Länge derjenigen Linie gemessen, welche den einen der vermerkten Punkte unter dem Kiel hindurch mit dem anderen gegenüberliegenden Punkte verbindet; d. h. es wird der bezügliche Schiffsumfang gemessen. Zur Hälfte des so ermittelten Umfangs wird die Hälfte der größten Breite addiert. Diese Summe wird mit sich selbst multipliziert, sodann mit der Vermessungslänge. Dieses erhaltene Produkt wird nochmals mit einem Koeffizienten multipliziert, der bei aus Eisen oder Stahl erbauten Schiffen 0,18, bei Holzschiffen 0,17 beträgt.

Die so gefundene Zahl ergibt den Inhalt des unter dem obersten Deck befindlichen Schiffsraumes in Kubikmetern. Sind Kajüten, Hütten, Deckshäuser, Backs oder sonstige fest angebrachte Aufbauten auf dem obersten Deck, die zum Nutzraum des Schiffes gehören, so wird der Rauminhalt derselben ebenfalls festgestellt und dem Rauminhalt bis zum obersten Deck zugezählt. Dieser so erhaltene Wert gibt alsdann den Brutto-Raumgehalt in Kubikmetern.

Vermessung offener Fahrzeuge. Die Vermessung offener Fahrzeuge geschieht nach denselben Vorschriften, wie vorher angegeben, nur bezeichnet die Oberkante des obersten Plankenganges die Grenzfläche des zu vermessenden Raumes, von wo aus auch die Tiefen gerechnet werden.

Das Resultat ist ebenfalls der Brutto-Raumgehalt des Fahrzeuges.

Englische Meßverfahren. In England sind folgende Meßverfahren in Gebrauch:

1. Builders' Old Measurement. Es ist der

$$\text{Tonnengehalt} = \frac{(L - 0,6) \times 0,5 B^2 \text{ Tons O. M.}}{94}$$

1 t O. M. ist = 94 Kubikfuß englisch = 2,662 cbm. In der Formel bedeuten in englischen Fuß:

L die Länge im Oberdeck von Außenkante zu Außenkante Sponung wagerecht gemessen,

B die größte Breite auf Außenkante Planken.

2. Nach Gross Register Tonnage. Es ist der

$$\text{Tonnengehalt} = \delta_1 \frac{L \times B \times T_1}{100} \text{ Reg.-t.}$$

1 Reg.-t = 100 Kubikfuß englisch = 2,832 cbm.

In der Formel bedeuten in englischen Fuß:

L die innere Länge auf dem Oberdeck von den Planken am Bug bis zu denen am Heck,

B die innere größte Breite von Wegerung zu Wegerung,

T_1 die mittschiffs gemessene Tiefe von Unterkante Decksplanken bis Oberkante Wegerung neben dem Kielschwein.

Sind die Abmessungen in Metermaß gegeben, so ist der damit erhaltene Wert, um Registertonnen zu erhalten, noch mit 35,3161 zu multiplizieren.

Allgemein ist δ_1 etwa $\delta + 0,04$, d. i. gleich dem Völligkeitsgrad des Displacement zum umschriebenen Parallelepipeton $+ 0,04$; im besonderen hat dieser Koeffizient folgende Werte:

0,70 bis 0,74 für Segelschiffe,	}	Dampfer und Klipper,
0,65 für Schiffe mit 2 Decks		
0,68 „ „ „ 3 „		
0,50 „ Jachten über 60 t,		
0,45 „ „ unter 60 t.		

Die beiden Regeln geben dann den Gesamt-Brutto-Raumgehalt des Schiffes, wenn zu dem erhaltenen Registertonnengehalt der Kubikinhalt der etwa vorhandenen Aufbauten auf Oberdeck, wie Deckshäuser, Backs, Kampagne, Hütte und anderer dauernd geschlossener Räume, welche für Ladung und Passagiere dauernd benutzt werden, hinzugezogen wird.

Soll der Netto-Raumgehalt, also die Netto-Register-Tonnage, erhalten werden, so sind folgende Abzüge gestattet:

1. Bauten, die allein zur Unterkunft von Passagieren dienen;
2. Raum für die Schiffsmannschaft;
3. der für die Maschine und Kessel erforderliche Raum.

Der so erhaltene Kubikinhalt ist die Netto-Register-Tonnage.

Schiffsvermessung für den Suezkanal. Die Ermittlung des Brutto-Raumgehalts erfolgt nach Maßgabe der allgemeinen Bestimmungen der Schiffsvermessungs-Ordnung.

In den Brutto-Raumgehalt wird einvermessen:

- a) der Raumgehalt aller gedeckten, verschlossenen und mit Verschießvorrichtungen versehenen Räume, die zur Unterbringung von Gütern oder von Passagieren und zur Bequemlichkeit derselben sowie der Schiffsbesatzung dienen können;
- b) der Raumgehalt der wie vorstehend beschaffenen, dauernd angebrachten Aufbauten auf oder über dem obersten Deck,

welche zur Navigierung oder Bedienung des Schiffes bestimmt sind;

- c) der Raumgehalt aller Räume, welche für den Zutritt von Luft und Licht zum Maschinenraum bestimmt sind, wenn diese Räume in verschließbaren Aufbauten liegen, welche sich von Bord zu Bord erstrecken;
- d) der Raumgehalt aller Luken und Lukenkappen nach Abzug von $\frac{1}{2}$ % des Brutto-Raumgehalts.

Von der Einvermessung in den Brutto-Raumgehalt sind ausgeschlossen:

alle nicht geschlossenen und dem Wetter oder Seegang dauernd ausgesetzten Räume unter Schutzdecken, welche nur durch Stützen mit dem Schiffskörper verbunden sind.

Zur Ermittlung des Netto-Raumgehalts werden vom Brutto-Raumgehalt in Abzug gebracht:

- I. Der Raumgehalt derjenigen gedeckten und geschlossenen Räume in fest angebrachten Aufbauten auf dem obersten Deck, welche zur Bedienung des Ruders, des Gangspills und der Anker sowie zum Aufbewahren der Karten, Signalapparate und sonstiger nautischer Instrumente gebraucht werden, sowie die Räume zum Gebrauch der Schiffsmannschaft, nicht aber der Raum für den Schiffsführer. Der Abzug darf nicht mehr als 5 % betragen.
- II. Der Raumgehalt der Maschinen-, Kessel- und Kohlenräume, und zwar auf Grund wirklicher Vermessung oder nach der Donauregel, wobei das $1\frac{3}{4}$ fache des wirklichen Maschinen- und Kesselraumes in Abzug gebracht wird.

Der Gesamtabzug für Maschinen-, Kessel- und Kohlenräume darf — den Fall eines Schleppdampfers ausgenommen — die Hälfte des Brutto-Raumgehalts des Schiffes nicht übersteigen.

Allgemein geltende Beziehungen zwischen Deplacement und Brutto- oder Netto-Raumgehalt, die sich etwa zu einer Regel vereinigen lassen könnten, sind nicht vorhanden, da Schiffe von gleichem Deplacement ganz verschiedenen Raumgehalt haben können. Zum Beispiel hat das Linienschiff „Kaiser Wilhelm II.“

Tonnengehalt:

ein De- placement von	nach der deutschen Schiffsvermes- sung in Reg.-t		nach der Suezkanal- Vermessung in Reg.-t		nach der deutschen Schiffs- vermessung in cbm und t		nach der Suezkanal- Vermessung in cbm und t	
	Brutto	Netto	Brutto	Netto	Brutto	Netto	Brutto	Netto
11 152 t	6663,89	3355,89	6747,38	3685,35	18 872,14 cbm	9503,88 cbm	19 108,58 cbm	10 436,91 cbm
10 933 cbm					19 249,58 t	9693,95 t	19 490,75 t	10 645,65 t

Vermessung von Jachten. Das Jachtmeßverfahren dient dazu, den Rennwert der Jachten zu ermitteln. Dieser Rennwert soll über die Größe der Fahrzeuge Aufschluß geben, damit man dieselben in Klassen teilen kann, in welchen Jachten von annähernd derselben Größe auf den Regatten segeln. Die Vermessung der Jachten geschah in der ersten Zeit des Segelsports in Deutschland, also in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts, nach dem Raumeßverfahren, dem nur die mehr oder weniger komplizierte Aufmessung des Rauminhalts der Jachten zu Grunde lag. Eine wesentliche Verbesserung trat ein, als im Jahre 1894 der deutsche Seglerverband nach dem Vorschlage des Dänen Benzon ein neues Meßverfahren einführte, dessen Ergebnis sich durch ein kubisches Maß „Segeleinheiten“ ausdrückte. Indessen auch diese Vermessung war nicht allgemein zufriedenstellend, sondern begünstigte in mancher Hinsicht sportlich ungesunde Typen, so daß eine Abhilfe geboten schien, und so hat man seit dem Jahre 1899 in Deutschland ein neues lineares Meßverfahren, dessen Grundgedanke auch für die Meßverfahren der anderen Segelsport treibenden Nationen gilt.

Der Rennwert R für Rennjachten wird in „Segellängen“ ausgedrückt und nach folgender Formel ermittelt:

$$R = \frac{L + B + \frac{3}{4}G + \frac{1}{4}\sqrt{S}}{2}$$

In dieser Formel bedeutet:

L die Länge der Jacht 5 cm über der Konstruktionswasserlinie gemessen;

B die größte Breite.

G ist der größte Umfang der Jacht, vom Schandeckel der einen Bordseite bis zum Schandeckel der anderen Seite gemessen und zwar so, daß das Meßband überall den Schiffskörper berührt.

Die Größe S stellt das Segelareal der Jacht dar und ergibt sich aus der Größe des Großsegels, des größten Toppsegels und dem Inhalt des Dreiecks, welches zwischen dem Stenge- bzw. Masttopp, der Nock des Klüverbaums und dem Fußpunkt der Vorkante des Mastes im Deck liegt.

Die Zusammensetzung des Rennwertes aus den vorgenannten Größen nach der mitgeteilten Formel schafft seetüchtige Fahrzeuge und hindert den erfolgreichen Wettbewerb von ungesunden Auswüchsen dieses Sports. Wir haben in Deutschland aber nicht nur Regatten für Rennjachten, also für Fahrzeuge, welche nur zum Preisegewinnen gebaut werden, sondern auch Regatten für Kreuzerjachten. Dies sollen Fahrzeuge sein, die in erster Linie bequem und seetüchtig und erst in zweiter Linie schnell sein sollen. Um den Bau derartiger

Fahrzeuge durch das Meßverfahren zu begünstigen, ist die Formel für den Rennwert der Kreuzerjachten etwas erweitert und lautet:

$$R = \frac{L + B + \frac{3}{4}G + \frac{1}{4}\sqrt{S} + d - F}{2}$$

Die zu der Formel für Rennjachten hinzugekommenen Summanden sind d und F .

d bedeutet die Differenz zwischen dem Umfang, wie er nach obenstehender Beschreibung gemessen wird, und dem Umfang, der mit dem Meßband gemessen wird, ohne in der Kehlung des Hauptspants den Schiffskörper zu berühren.

F ist der Freibord der Jacht. Da dieser Wert negatives Vorzeichen hat, so begünstigt also die Formel den Bau von Jachten mit hohem Freibord, d. h. von seetüchtigen Fahrzeugen.

Der Rennwert in Segellängen gibt für Renn- und Kreuzerklassen einen Wert, welcher ungefähr der Länge der Jacht in der Konstruktionswasserlinie in Metern gemessen gleicht.

Nach dem Ergebnis der Vermessung werden die Jachten in verschiedene Klassen eingeteilt, und zwar unterscheidet man:

I.	Klasse	über	16	Segellängen,			
II.	„	von	16	bis über 12	Segellängen,		
III.	„	„	12	„	„	10	„
IV.	„	„	10	„	„	8	„
V.	„	„	8	„	„	6	„
VI.	„	„	6	und	darunter.		

Diese Klassen können bei zahlreicher Beteiligung noch in Unterklassen eingeteilt werden.

Innerhalb der Klassen müssen nun die größeren Jachten den kleineren nach Erfahrungstabellen Zeitvergütungen geben; jedoch hörten diese Vergütungen im Jahre 1902 für neuerbaute Jachten auf.

H. Schiffsklassifikation.

Wie bei einem Handelsschiffe die seiner Größe entsprechende Bewertung für Handelszwecke durch die Vermessung erfolgt, so ist die Bewertung seiner Seefähigkeit und der Güte seines Baues ausgesprochen in dem „Zertifikat“, welches von den Klassifikations-Gesellschaften ausgestellt wird. Diese Gesellschaften geben die Grundlage zur Versicherung der Schiffe gegen Seegefahr und sind so die Vermittler zwischen Reeder und Versicherer, wenn sie nicht selbst Versicherungsgesellschaften sind, die natürlich dann das größte Interesse haben, daß die Schiffe so haltbar, seefähig und brauchbar hergestellt werden wie

überhaupt zugänglich. Sie geben bestimmte Vorschriften für den Neubau von Schiffen, Maschinen und Kesseln heraus, überwachen die Bauausführungen und untersuchen Schiff und Maschine mit Zubehör in periodisch wiederkehrenden Zeitabschnitten. Die Hauptinstitute dieser Art sind: Germanischer Lloyd, Lloyd's Register of British and foreign Shipping und Bureau Veritas. Die Bezeichnung Lloyd stammt vom Namen eines Mannes, der zuerst Schiffslisten über den Wert von Handelsschiffen aufgestellt hat.

Zweck der Klassifikation. Die Klassifikation hat den Zweck, jedes Schiff nach seiner Art und für seine Bestimmung so dauerhaft und seetüchtig zu machen, wie der augenblickliche Stand der Marine-technik es zuläßt. Die Schiffe werden dann von Zeit zu Zeit untersucht. Die im Laufe der Zeit festgestellte natürliche Abnutzung durch Faulen, Rosten, Lockerung der Verbände führt zur Herabsetzung seines Wertes, zur Erhöhung der Versicherungssumme, bis schließlich seine Unbrauchbarkeit zur Seefahrt festgestellt wird und die Klassifikationsgesellschaften das Schiff auch nicht mehr in die niedrigste Klasse aufnehmen.

Germanischer Lloyd. Der Germanische Lloyd hat für die einzelnen Klassen der eisernen und stählernen Schiffe das Zeichen A mit Angabe einer Zahl zwischen den Schenkeln des A angenommen, welche Zahl die Jahre bedeutet, innerhalb deren spätestens eine Wiederbesichtigung und neue Klassifizierung stattfinden muß. Klassennummern werden dem A vorangestellt, welche den Grad der Stärke und Zuverlässigkeit bezeichnen, z. B. 100 A_4 , 85 A_3 , 70 A_2 u. s. f.

Nach der Fahrtausdehnung, durch die Größe und Bauart und Klasse bestimmt wird, gibt der Lloyd noch die Zeichen k (kleine Küstenfahrt), K (große Küstenfahrt), Atl. (atlantische Fahrt), L (große Fahrt für alle Meere) und E (Eisbrecher, die besonders bugfest gebaut sein müssen).

Schiffsregister und Zertifikate. Die Klassifikations-Gesellschaften geben Schiffsregister heraus; in diesen Listen sind Name, Abmessungen, Klasse der Schiffe enthalten, so daß sich die Schifffahrtsinteressenten über irgend ein Fahrzeug, welches ihren Zwecken dienen soll, unterrichten können.

Für die Schiffspapiere wird ein entsprechendes Zertifikat, bei Dampfern auch über die Maschinenanlage, ausgestellt, welches dem Führer des Schiffes oder dem Reeder ausgehändigt wird.

IV. Der praktische Schiffbau.

A. Vorbereitende Arbeiten zum Bau eines Schiffes.

Allgemeines. Nachdem die rechnerischen und zeichnerischen Arbeiten, soweit sie den Entwurf betreffen, erledigt sind, und eine Werft den Auftrag zum Bau eines Schiffes erhalten hat, beginnt sie mit den vorbereitenden Arbeiten.

In der Handelsmarine wird in der Regel auch die Werft den Auftrag erhalten, die den Entwurf für den Bau angefertigt hat und die bei der Ausschreibung einer Reederei, welche ein Schiff bauen lassen will, bei der Preisermittelung unter Annahme der vom Besteller gemachten Bedingungen die billigste war. Änderungen des Entwurfs werden auch hier nicht ausbleiben.

In der Marine werden die Pläne für die Kriegsschiffe im Reichsmarine-Amt ausgearbeitet und den Bauwerften, sei es einer kaiserlichen oder einer Privatwerft, übersandt, denen bei der Durchführung der Pläne vor und während des Baues noch eine große Reihe konstruktiver Arbeiten zu erledigen bleibt.

Sofort nach dem Eintreffen des Auftrages wird mit den vorbereitenden Arbeiten begonnen, welche zerfallen in:

1. Schnürbodenarbeiten,
2. Arbeiten am Blockmodell,
3. Arbeiten zur Materialbeschaffung,
4. vorbereitende Arbeiten in den Werkstätten,
5. Arbeiten auf der Helling.

Schnürbodenarbeit. Der Schnürboden ist ein überdachter, gut belichteter Raum, der einen ebenen, hell gestrichenen Fußboden hat, auf welchem die Konstruktionszeichnung und besonders wichtige Baueinzelteile in natürlicher Größe aufgezeichnet werden. Sind die erforderlichen Maße aus der Konstruktionszeichnung mit größter Sorgfalt entnommen, so kann mit den Vorarbeiten zum Abschnüren (von Schnur) des Schiffes in natürlicher Größe begonnen werden.

Zunächst wird ein aus Spant- und Wasserlinienordinaten gebildetes Netz, in welches das Schiff in den drei Projektionsebenen zu liegen kommt, hergestellt. Mit dem Auslegen der Konstruktions-Tiefgangslinie wird begonnen.

Nach Absetzung der Tiefgänge vorn und achtern wird ein über die ganze Länge des Bodens mit Hilfe von Taljen straff gespanntes

Drahtseil in Abständen von etwa 3 bis 4 m mit frei vom Boden schwingenden Loten versehen. In der Ruhelage der Lote werden sämtliche Lotpunkte auf dem Boden markiert und hierauf durch eine saubere, gerade Richtscheide von etwa 15 m Länge eine gerade Linie gelegt. Die Länge des Schiffes (zwischen den Perpendikeln) wird auf dieser Linie aufgetragen. Die Tiefgangslinie (Spannungslinie) und die Berechnungsspannten werden durch Fällen von Loten ausgelegt. Ist hierauf die Örtlichkeit der drei Projektionslinien auf dem Boden bestimmt, so kann mit dem eigentlichen Abschnüren des Schiffes begonnen werden.

Gewöhnlich beginnt man mit dem Auslegen der *CWL* und der übrigen Wasserlinien, und zwar derart, daß zunächst eine der *WL* überschlagen wird, also 1, 3, 5, 7 usw. Nun werden die der Konstruktionszeichnung entnommenen Maße der einzelnen *WL* von der Mitte des Schiffes sämtlich abgetragen und diese Punkte sodann durch Straklatten (von der Länge des Bodens) zu reinen Schiffskurven unter möglicher Berücksichtigung der abgesetzten Maße ausgerichtet und mit dem Reißmesser eingerissen. Hierauf werden die beiden ersten Längsschnitte und bei Schiffen mit sehr flachem Boden auch der dritte Schnitt im Längsriß von der *CWL* nach den Aufmaßen der Höhe nach abgetragen und genau ausgerichtet. Die Ordinaten der soeben ausgelegten Schnitte und Wasserlinien werden dann von der Mitte des Schiffes bzw. der *CWL* auf Maßlatten übertragen und im Spantenriß von der Mitte des Schiffes bzw. der *CWL* abgesetzt.

Sämtliche Schnitt- und Wasserlinienpunkte werden mit dünnen, biegsamen und sehr sorgfältig gearbeiteten Latten sauber ausgestrakt. Erweisen sich beim Straken noch einige Abweichungen bei den einzelnen Wasserlinien oder Schnitten, so müssen diese in den beiden anderen Projektionsebenen berichtigt werden, oder umgekehrt. Ist das Unterwasserschiff so in den drei Ebenen (Aufriß, Grund- und Querriß) genau festgelegt, so werden jetzt die noch fehlenden Bauspanten bzw. Zwischenspannten in gleicher Weise wie die Berechnungsspannten auf Maßlatten dem Wasserlinienriß entnommen, im Spantenriß neu abgesetzt und jetzt, da weitere Ungenauigkeiten ausgeschlossen sind, durchgestrakt.

Um die Richtigkeit des Spantenrisses noch weiter zu vervollkommen, sind jetzt die noch etwa fehlenden Längsschnitte (im Bereich der Kimm) auszulegen. Die sich jetzt noch ergebenden Abweichungen werden korrigiert, so daß das Abschnüren des äußeren Unterwasserschiffes für den praktischen Bauzweck fertiggestellt ist.

In gleicher Weise wie das Unterwasserschiff wird zur Feststellung der genauen Schiffsförm auch das Oberschiff und event. der Doppelboden des Schiffes ausgearbeitet. Der Riß wird dann mit den Decks,

den Längsspannten, den Seitenkielen und den Gängen der Außenhaut vervollständigt, so daß der Bauspantenriß für die praktische Bauausführung des Schiffes fertiggestellt werden kann.

Hierauf werden Vor- und Hintersteven, Ruder, Wellenböcke, Panzerdeck usw. mit Hilfe des bereits in seinen Linien festgelegten Schiffes ausgeschnürt. Die Abschnürung dieser Teile wird, um einer rechtzeitigen Anlieferung dieser großen und schweren Schiffbauteile vom Hüttenwerke sicher zu sein, sofort mit Beginn des Schnürens, soweit möglich, in Angriff genommen. Nach geeigneten Schnitten für den Modelltischler lotrecht zur Außenkante der Steven und in Abständen von etwa 0,5 m wird die Form dieser Steven mit Rücksicht auf die Bug- bzw. Heckform mit Sponungslinien, Torpedoaustrittsöffnungen, Wellenschwellungen usw. in natürlicher Größe konstruktiv genau festgelegt.

Nach den so ausgeschnürten Steven usw. werden jetzt körperliche Modelle unter Berücksichtigung des Schwindmaßes (1 bis 2% für Stahlguß) angefertigt, um von den Hüttenwerken zu den Gußformen Verwendung zu finden. Auch von der gesamten ausgeschnürten Panzerung werden sogenannte Kasten- oder Gegenmodelle in natürlicher Größe angefertigt und zwecks Anlieferung dieses Panzermaterials den Eisenwerken übersandt.

Um das so in seinen Hauptverbandteilen auf dem Boden ausgeschnürte Schiff herzustellen, werden Brettermodelle (Malle) für jeden einzelnen Verbandteil (Spannten, Decksbalken, Längsspannten, Kiel, Stützplatten usw.) angefertigt.

Das Baumodell oder Blockmodell. Zwecks Bestellung des gesamten Außenhautmaterials wird ein möglichst genaues, hölzernes Modell (Halbmodell) des Schiffes angefertigt. Gebräuchlich ist als Maßstab dieser Modelle 1 : 50, oder 1 : 25.

Für die Anfertigung eines Baumodells dienen so viel Brettchen, als Wasserliniendistanzen vorhanden. Sie müssen von genügender Länge und Breite und aus weichem Holze (am besten Ellern) sauber und genau bearbeitet sein. Das Aufreißen der Wasserlinien geschieht wie folgt. Die einzelnen Brettchen werden aufeinander gelegt und durch Schraubzwingen zusammengepreßt, so, daß die Brettchen in der Mittschiffslinie eine Ebene bilden. Hierauf werden die Konstruktionspannten abgesetzt und mittels eines Anschlagwinkels durch einen scharfen Bleistift aufgerissen. Ebenfalls sind die äußeren Konturen, Kiel, Vor-, Hintersteven und Seite Deck aufzuzeichnen. Nachdem dieses fertig ist, werden die Brettchen wieder auseinandergenommen und die Spannten auf die Oberseite jedes einzelnen Brettchens übertragen. Hierauf werden die einzelnen Wasserlinien abgesetzt und

aufgestrakt. Um die Wasserlinien beim Ausarbeiten des Modells wiederzufinden, werden sie an der Außenseite durch eine Kerbe markiert (Fig. 138).

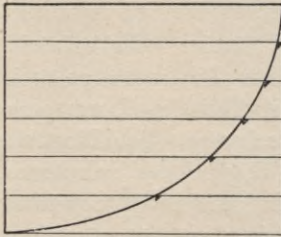
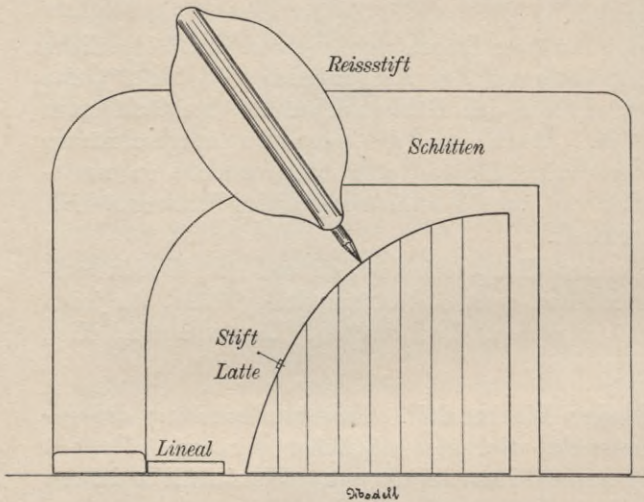


Fig. 138.

Sodann werden die einzelnen Brettchen gut miteinander verleimt und durch Schraubzwingen zusammengehalten. Ist das Ganze gut getrocknet, so wird es mit Hilfe von Gegenspannen genau und sauber ausgearbeitet.

Nachdem der Klotz fertig ausgearbeitet ist, beginnt das Aufreißen der Bauspannen, Plattenstraken und Stöße. Das Aufreißen der Spannen geschieht mittels eines parallel zur Wasserlinie fahrenden Schlittens und eines Reißstiftes. Die Plattenstraken werden durch



Modell

dünne Latten, die mittels Stifte angeheftet werden, aufgezeichnet (Fig. 139).

Die Gänge werden vom Kiel beginnend mit großen lateinischen Buchstaben, die einzelnen Platten in den Gängen mit arabischen Ziffern, von hinten beginnend, bezeichnet, so daß z. B. die Platte St. B. C. 10 die zehnte Platte von achtern im 3. Plattengange von unten auf der Steuerbordseite bedeutet und jede Platte durch ähnliche Zeichen in ihrer Lage festgelegt ist.

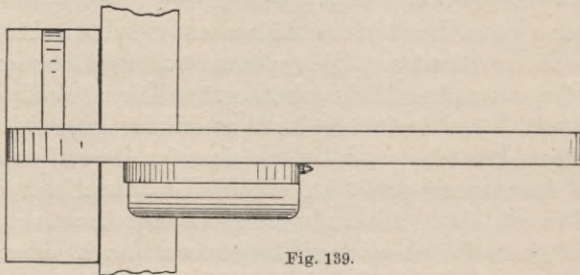


Fig. 139.

Arbeiten zur Materialbeschaffung. Nach den Schnürbodenabmessungen, den Abmessungen des Blockmodells und den Angaben der Bauvorschrift und der Zeichnungen wird das Material beschafft. Es werden seitens der Werft Verdingungen ausgeschrieben über die

Menge des zum Bau benötigten Materials, und es erhält das Eisenwerk, welches die Bedingungen, die Lieferfrist usw. der Bauwerft annimmt und dabei im Verhältnis das billigste ist, den Zuschlag. Es ist dann von dem Erbauer des Schiffes besonders darauf zu achten, daß die Materialien der Reihe nach so eintreffen, daß keine Verzögerungen während des Baues entstehen, denn diese würden den Bau des Schiffes verteuern und die terminmäßige Fertigstellung desselben hindern.

Die Bestellung der Rohmaterialien für die einzelnen Bauteile geschieht in besonderen Listen, die nach den oben genannten Angaben für jede Art Material angefertigt werden und laufend nach Bedarf, entsprechend den Lieferfristen, an das Eisenwerk gegeben werden, welches den Zuschlag erhalten hat. Diese Listen heißen Spezifikations- oder Dimensionslisten. Ein Schema einer solchen Liste ist umstehend, S. 240, beigelegt.

Materialabnahme. Ehe das Material an die Werft geliefert wird, wird es auf dem Werke des Lieferanten abgenommen. Die Abnahme, über die später genaue Darstellung erfolgt, zerfällt in eine Vorbrake, die von einem Meister vorgenommen wird, und in die eigentliche Abnahme, die durch einen höheren technischen Beamten erfolgt, der auch für die ganze Abnahme verantwortlich ist. Die Vorbrake erstreckt sich auf die allgemeine Besichtigung, Wägung und Kontrollierung der Abmessungen. Auch besondere vereidigte Experte werden mit der Abnahme der Materialien auf den Walzwerken und Gießereien beauftragt. Die Abnahme selbst geschieht durch Vornahme der Festigkeitserprobung, Biegungs-, Härteproben usw.

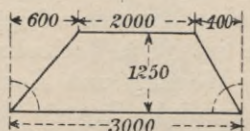
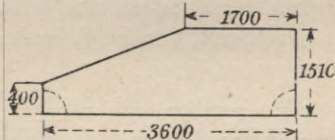
Ist die Abnahme erfolgt, wird das Material der Bauwerft zugeführt, die es in ihre Lagerplätze aufnimmt, bis es den Werkstätten zur Verarbeitung zugeführt wird.

Vorbereitende Arbeiten in den Werkstätten. Die Malle und hölzernen Formen werden entweder an Bord, auf dem Schnürboden oder in der Tischlerwerkstatt angefertigt.

In der Schiffbauwerkstatt werden dann zuerst nach Eintreffen des Materials nach den Spantenmodellen die Spanten auf den Richtplatten geformt, geschmiegt, gebohrt oder gestantzt, um dann, nachdem der Kiel gestreckt ist, auf der Helling aufgestellt zu werden, ebenso werden die Schottteile, Decksbalken usw. in den Werkstätten angefertigt und auf der Helling, die gleichsam als Montageplatz für das zu erbauende Schiff dient, aufgestellt.

Für die neueste Bauweise (Leerspantensystem) des Unterwasser-schiffes sind die sogenannten Leerspantensysteme die ersten anzufertigenden Modelle für einen Neubau. Sie werden aus etwa 5 cm

Beispiel für Materialbestellungen.
Dimensionsliste Nr. 10 zum Verträge Nr. 27/01
 mit den Xer Werken.

Lfd. Nr.	Marke	Länge mm	Breite mm	Dicke mm	Stückzahl	Ge- wicht kg	Bemerkungen
A. Stahlplatten.							
H. 1		8500	850	11	1	605	Vertikale Kielplatte
„ 2		8500	1020	13	1	861	Horizontale Kielplatte
„ 3		8600	1350	12	2	2127	A-Gang der Außenhaut
„ 111		7850	$\frac{1200}{800}$	6	2	739	Oberdeckplatte
„ 170		$\frac{9000}{8500}$	1300	6	2	1073	Aufbaudeckplatte
„ 339				6	2	282	vordere Brücke
„ 347				6	2	408	hintere Brücke
B. Profilstähle und Winkel.							
H. 1		9800	L 120 × 75	× 8	12	1388	Äußer. Spantwinkel
„ 2		12600	L 90 × 75	× 8	4	499	Innerer „
„ 28		11500	L 80 × 65	× 6	6	435	Versteifung für äußeren Wallgang
„ 36		10000	T 100 × 50	× 8,5	3	285	Nahtstr. f. Schott e
„ 60		11300	C 160 × 65	× 7,5 × 10,5	8	1718	Balken für Aufbaudeck
„ 71		13800	C 180 × 70	× 8 × 11	7	2715	„ „ Oberdeck
„ 159		5000	Z 30 × 38	× 4 × 4,5	22	367	„ „ Kammerlängsschott

dicken Planken nach dem Bauspantenriß auf Außenkante der abliegenden Gänge unter Berücksichtigung der Spantschmiege für jedes einzelne Bauspant angefertigt. Auf der Helling sachgemäß in richtiger Spantentfernung ausgerichtet und abgesteift, wird jetzt mit dem eigentlichen Bau des Schiffes (dem Legen der Kielplatten, der Außenhautplatten usw.) begonnen. Gleichzeitig hiermit werden auch jetzt in den Werkstätten die größeren Hauptverbandteile des Schiffes (Spanten, Decksbalken usw.) geformt, gebogen und mit Schmiegen nach den Schnürbodenmallen versehen, um dem Bau, zum Einbau fertig, zugeführt zu werden.

Vorbereitende Arbeiten auf der Helling. Die Helling oder der Helgen ist die Baustelle, auf welcher die einzelnen Bauteile zum Schiffskörper montiert werden. Sie ist eine schiefe Ebene, die durch Pfahlroste und Mauerwerk gut fundiert ist und mit einer Steigung von 1 : 12 — 1 : 24 nach dem Wasser zu abfällt.

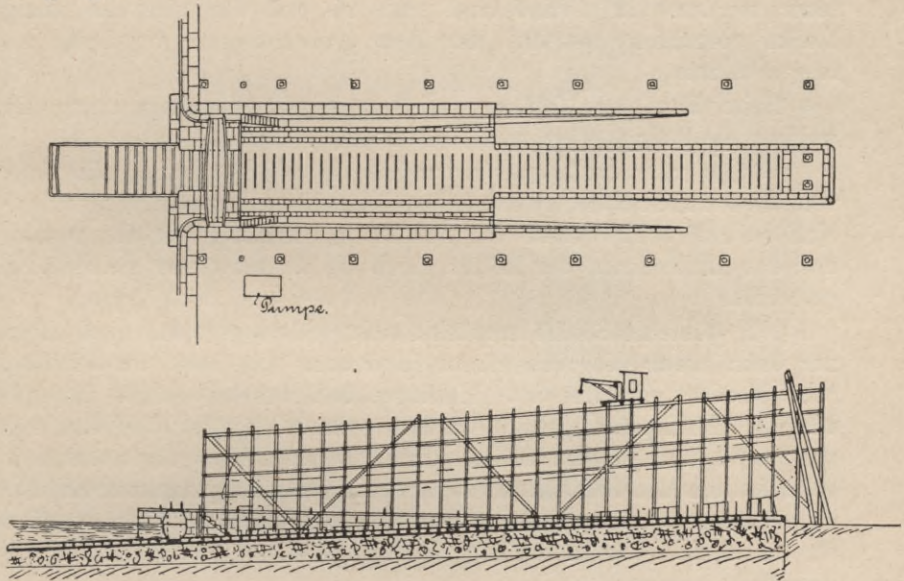


Fig. 140. Helling.

Neuerdings wird der Kopf der Helling durch ein Ponton verschlossen. Das letztere wird durch Aufschwimmen entfernt, sobald der Stapellauf vor sich gehen soll, indem der unterste schräge Teil der Helling so hoch unter Wasser gesetzt wird, daß er sich mit dem vor der Helling befindlichen äußeren Wasserspiegel ausgleicht.

Um den Witterungsunbilden nicht so sehr ausgesetzt zu sein, werden jetzt vielfach überdachte Hellinge gebaut. Die Vorzüge sind folgende. Anbringung von quer über das Schiff laufenden Fahr-

kränen, Befestigen von Arbeitsmaschinen an den Überdachungs-Gerüstsäulen, Schutz der Materialien gegen Oxydation durch Regen. Gegenüber den Vorteilen sind folgende Nachteile zu verzeichnen. Hohe Kosten, schlechtes Licht, Zugluft, Rauchverdichtung und viel Lärm.

In England sind mehrfach Schiffe im Dock gebaut worden, was für große Schiffe einfacher ist, weil dann der immerhin gefährliche Ablauf wegfällt und der Stapellauf des Schiffes im einfachen Aufschwimmen im Dock besteht. Außerdem läßt sich im Dock leichter bauen, weil die Bauteile nach dem Lote aufgestellt werden können, während auf der Helling der Fall berücksichtigt werden muß und sehr leicht ein Versacken der Spanten nach hinten eintritt. Das Tageslicht ist im Dock schlechter, das Arbeiten wegen der Bodenausdünstung ungesunder als auf der offenen Helling, und der Bau würde wegen der hohen Kosten für das Belegen des Docks sehr teuer werden. In Deutschland sind an und für sich zu wenig Docks vorhanden, als daß der Bau großer Schiffe im Dock erfolgen könnte.

Beim Bau von Hellingen muß auch die Himmelsrichtung, in welcher die Anlage stattfindet, berücksichtigt werden.

Für Werften, auf denen Holzschiffe gebaut werden, ist die Lage von Norden nach Süden zu empfehlen, da in dieser Lage die Witterungseinflüsse auf beide Seiten des Schiffes gleichmäßig verteilt werden und des Austrocknen der Hölzer durch die Sonnenwärme gleichmäßig geschieht.

Für stählerne Schiffe empfiehlt sich erfahrungsgemäß diese Lage nur dann, wenn die Wasserfront (also auch das Heck des Schiffes) nach Norden gerichtet ist. Hellinge, auf welchen Schiffe für die südliche Hemisphäre gebaut werden, sollten dagegen die Richtung von Osten nach Westen haben. Diese Lagen werden für vorteilhaft gehalten, um den Schiffen in ihren Fahrtbereichen geeigneten Schiffsmagnetismus zu sichern, damit ihre Kompassse nach der Kompensation für das einzelne Schiff in ihrer Richtungsfähigkeit möglichst wenig beeinflußt werden.

Es ist wünschenswert, die Schiffe, soweit zugänglich, nach dem Stapellaufe in einer Lage, entgegengesetzt der, welche sie auf der Helling eingenommen haben, zu vollenden, um die Kraft des Schiffsmagnetismus selbst abzuschwächen oder etwas zu kompensieren.

Stapelklötze. Auf der Sohle der Helling werden vor dem Beginn des Baues die Stapelungen, aus einzelnen Stapelklötzen bestehend, so hoch angeordnet, daß man bequem darunter arbeiten kann, meistens 1 m.

Jeder Stapel besteht aus mehreren aufeinander liegenden Holzklötzen (Pallholz genannt), (Fig. 141 u. 142). 2 Hölzer werden keilförmig gearbeitet, weil einzelne Stapel während des Baues oft weggenommen werden müssen, um am Kiel arbeiten zu können.

Anordnung nach Fig. 141. Die aus schweren Eichenhölzern kreuzweise übereinander gelegten Stapel erhalten die oben erwähnten Keilstücke, die durch Eisenbänder und Krampen miteinander verbunden werden.



Fig. 141. Stapelklötze.

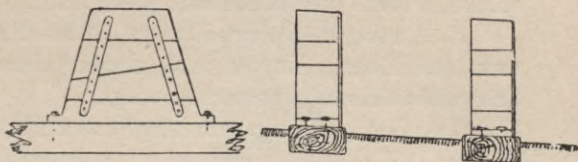


Fig. 142. Stapelklötze.

Anordnung nach Fig. 142. Die einzelnen Klötze werden abgerichtet und durch eiserner Bänder zusammengehalten. Die Vorder- und Hinterfläche jedes Stapels wird glatt gearbeitet und mit einer in die Längsschiffsebene des zu erbauenden Schiffes fallenden, eingerissenen Linie versehen.

	der Helling	der Ablaufbahn
a) für kleine und kleinste Schiffe . . .	1 : 12 ÷ 1 : 14	1 : 8 ÷ 1 : 10
b) für mittelgroße Schiffe	1 : 16 ÷ 1 : 18	1 : 10 ÷ 1 : 12
c) für große und größte Schiffe	1 : 20 ÷ 1 : 24	1 : 14 ÷ 1 : 16

Bangerüst. In der Form der größten Wasserlinie wird ein Bangerüst aus hölzernen Balken und Planken errichtet. In mehreren Etagen sind breite Plattformen rings um das zu erbauende Schiff angelegt, die breite Zugänge in Form schiefer Ebenen haben, um die Bauteile bequem an die Einbaustelle bringen zu können. Neuerdings sind vielfach in den Etagen oder auf der obersten Plattform, sowie an den Seiten der Hellinge fahrbare Kräne angebracht, um schwere Bauteile schnell und sicher transportieren zu können.

B. Die Bauteile.

Arten der Verbandteile.

Die Verbandteile eines Schiffes werden eingeteilt in:

1. Längsverbandteile, hierzu gehören: Kiel, Kielschweine, Längsspannten, Stringer, Außenhaut, Doppelboden, Decks, Maschinen und Kesselfundamente und Längsschotte.

2. Querverbandteile, hierzu gehören: Querspannten, Querschotte und Decksbalken.

3. Bauteile zur Höhenversteifung, hierzu gehören: Decksstützen und Unterbauten.

Verbindung der Einzelteile.

Alle diese Verbandteile werden im Eisenschiffbau unter sich zum Gebäude verbunden durch Schweißung, Verschraubung oder Vernietung.

Schweißung. Unter Schweißen versteht man die Eigenschaft des Eisenmaterials, daß getrennte Teile in weißglühendem Zustande vereinigt werden können. Die Stelle der Schweißung hat etwa $\frac{1}{5}$ der Festigkeit des vollen Materials.

1. Feuer-Schweißung. Im Feuer werden schwere Schmiedestücke, Profil- und Stabeisen, geschweißt.

2. Autogen-Schweißung. Neuerdings werden Platten, Rohre usw. aus Eisen, Kupfer und Bronze durch das „Autogen-(Kamid) Schweißverfahren“ zusammengefügt.

3. Außerden obengenanntengibt es auch noch elektrische Schweißung.

Verschraubung. Die Anwendung der Verschraubung zerfällt in vier Arten.

1. Heftschrauben (Fig. 143). Um die einzelnen Platten und Winkel vor dem Nieten miteinander zu verbinden, werden Kopfschrauben mit Mutter angewandt, die je dem Zweck entsprechend, in Entfernungen von 100 bis 1000 mm gesetzt werden.



Fig. 143.

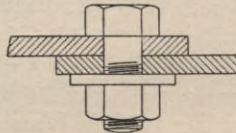


Fig. 144.



2. Lösbare Verbindungen (Fig. 144). Hierzu gehören alle Teile, die zeitweise losgenommen werden müssen wie Handlochdeckel, Öffnungen im Maschinenraumschott zum Einziehen der Kondensatorrohre, Decksplatten zum Herausnehmen der Kessel usw. Als Verbindung dienen Kopfschrauben mit Mutter oder Versenkschrauben.

3. Verbindungen, die nicht genietet werden können (Fig. 145). Um Platten und Winkel mit schweren Schmiede- und Guß-

stücken zu verbinden, wie Außenhaut mit Hinter- und Vorsteven, Decksplatten mit Panzer und Geschützunterbauten, werden Nietschrauben angewandt. Die

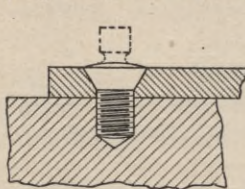
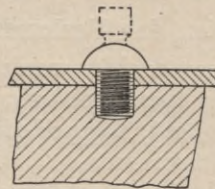


Fig. 145.



Befestigungsweise ist folgende. Die mit Versenk- oder Rundkopf und Vierkant versehene Schraube wird mit Hilfe des Vierkants in die zu verbindenden Teile eingeschraubt und darauf das Vierkant abgeschlagen.

4. Panzerschrauben (Fig. 146). Zur Verbindung des Seitenpanzers mit der Außenhaut werden Panzerschrauben verwendet. Sie bestehen aus einem Bolzen, der auf beiden Enden mit Gewinde und an einem Ende mit einem Vierkant zum Eindrehen versehen ist. Die Anwendung ist folgende. Nachdem die Bolzen vom Innenschiff durch die Außen- und Holzhaut gesteckt sind, werden sie mit Hilfe des Vierkants in die Panzerplatte eingedreht, darauf wird von innen eine Schale mit Weichgummifüllung übergestülpt und hierauf die Mutter aufgedreht.

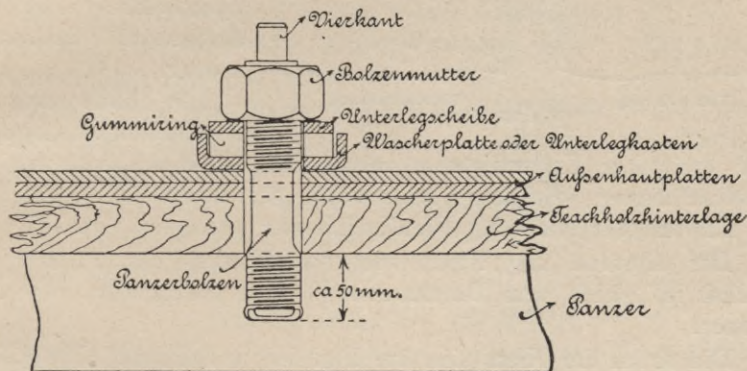


Fig. 146.

Vernietung. Die am meisten gebräuchliche Verbindung von Platte mit Platte, Winkel mit Winkel oder Platte oder mit Decksbalken geschieht durch Niete.

Ein Niet besteht aus dem Nietkopf, dem Nietschaft und dem Schließkopf, der durch Glühendmachen des Nietes durch Hammer schläge gebildet wird. Die feste Verbindung geschieht dadurch, daß durch die Abgabe der Wärme des glühenden Nietes an das umliegende zu vernietende Material beide Köpfe mit großer Kraft zusammengezogen werden.

Die Länge des Schaftes muß gleich sein der Dicke der zu vernietenden Teile, vermehrt um eine Länge, welche dem Volumen des zu bildenden Schließkopfes entspricht.

Man unterscheidet Festigkeits-, wasserdichte und öldichte Nietung. Diese Nietungen unterscheiden sich durch die Abstände der Niete von Mitte zu Mitte Niet gemessen:

gewöhnliche Festigkeitsnietung Entfernung der Niete voneinander

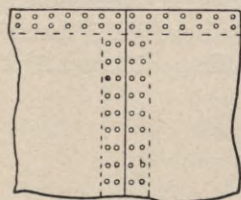
7 bis 8 Nietdurchmesser,

wasserdichte Nietung desgl. 4 Nietdurchmesser,

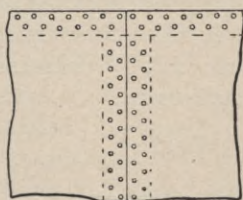
öldichte Nietung desgl. 3 Nietdurchmesser.

Allgemein wählt man im Schiffbau in den Stößen und einfach genieteten Überlappungen $3\frac{1}{2}$, bei doppelter Vernietung in der Außenhaut, sowie in den Stößen des Doppelbodens, der Decksbeplattung und der wasserdichten Schotte 4 Nietdurchmesser Abstand; bei Vernietung der Platten und Winkel des Kiels, der Steven usw. nimmt man 5, bei Vernietung

der Decksbeplattung mit den Decksbalken 7 bis 8, und bei Vernietung der Spantwinkel mit der Außenhaut 8 Nietdurchmesser.



Kettennietung.



Zickzacknietung.

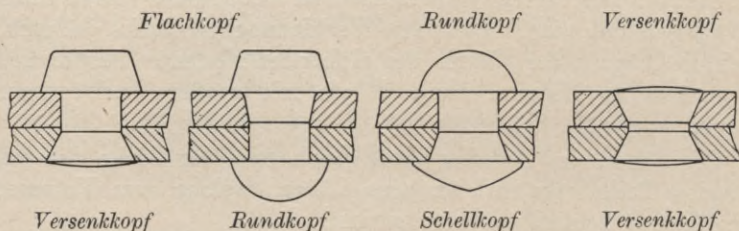
Fig. 147.

Die Entfernung der Nietreihen bei doppelter oder dreifacher Kettennietung beträgt 3, bei Zickzacknietung $2\frac{1}{2}$ Nietdurchmesser. Bei drei- und vierfach genieteten Stoßblechen kann der Abstand der Niete $5\frac{1}{4}$ Nietdurchmesser betragen (Fig. 147).

Der Abstand der Niete von den Kanten der Platten und Winkel ist gleich dem Durchmesser des zu schlagenden Nietes zu nehmen.

Die Arten der Niete sind aus Fig. 148 ersichtlich. Die Löcher in den Materialien, durch welche die Niete gezogen werden, müssen in ihren Teilen genau aufeinander passen und kreisrund sein, damit die Niete die Löcher gut ausfüllen. Für wichtige Verbandteile vermeidet man deshalb das schnellere und billigere Stanzen (Durchdrücken) und zieht Bohrungen der Nietlöcher vor.

Nietkopfformen.



Schließkopfformen.

Fig. 148. Arten der Niete.

Man hat Hand-, elektrische, hydraulische und Preßluftnietung. Maschinennietung kommt immer mehr auf; sie hat größere Festigkeit, Dichtigkeit und ist von besserer Ausführung als die Handnietung, doch ist sie nicht in allen Fällen anwendbar.

Der Nietdurchmesser zur Verbindung zweier Platten, bezüglich Platten und Winkel oder zweier Winkel, beträgt bei:

	1 mm Materialstärke	2 mm	11 bis 12 mm Materialstärke	20 mm
	2 "	4 "	13 " 15 "	22 "
3 bis 4 "	4 "	10 "	16 " 18 "	24 "
4 "	5 "	12 "	19 " 21 "	26 "
	6 "	14 "	22 " 25 "	28 "
7 "	8 "	16 "	30 "	30 "
9 "	10 "	18 "		

Der Durchmesser der Niete, welche Platten bzw. Winkel oder Profilstahl von ungleicher Dicke verbinden sollen, wird nach der mittleren Dicke gewählt.

Verstemmen. Um an allen Stellen Dichtigkeit zu erzielen, werden Nähte, Stöße, auch Niete und Stellen, wo Platten und Profile zusammenstoßen, verstemmt. Das Verstemmen läßt sich mit der Hand, hydraulisch, elektrisch oder mit Preßluft ausführen.

Es besteht in einem Zusammenarbeiten des Materials mit dem Stemmer, einem meißelartigen Instrument.

Beschreibung der Bauteile.

Kiel. Der Kiel ist der unterste Längsverbandteil des Schiffes, auf dem sich die weiteren Bauteile aufbauen.

Man unterscheidet den Balken- und den Flachkiel.

Der in Fig. 149 abgebildete Balkenkiel besteht aus einem hochkantstehenden Flacheisen, an dem sich die untersten Außenhautplatten (Kielgänge) durch Laschung und Nietung anschließen.

Wie aus Fig. 150 zu ersehen ist, wird der Flachkiel durch eine horizontale Außenhautplatte gebildet.

Kielschwein. Bei der Flachkielkonstruktion wird eine vertikale Mittelplatte angewendet, welche

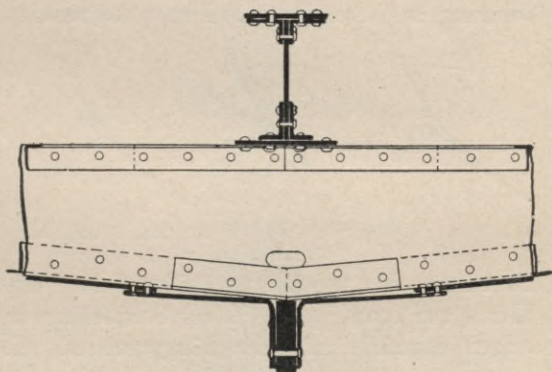


Fig. 149. Balkenkiel.

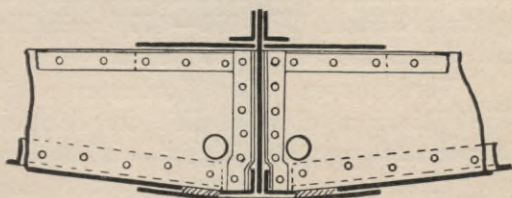


Fig. 150. Flachkiel.

mittels zweier Winkeleisen mit der Kielplatte verbunden ist. Diese Platte läuft entweder über die ganze Länge des Schiffes durch oder sie besteht aus einzelnen von Spant zu Spant reichenden Plattenstücken. Im ersten Falle heißt die Konstruktion Mittelplattenkielschwein und kommt meist bei Bauten mit Doppelboden zur Anwendung, und im zweiten Falle Interkostal-Kielschwein oder eingeschobenes Kielschwein.

Das eigentliche Kielschwein besteht aus einem parallel zum Kiel angeordneten Innenlängsträger, der die verschiedensten Konstruktionen



Fig. 151. Kielschweinkonstruktionen.

hat. Die einfachste Form ist das Trägerkielschwein auf den Bodenwrangen. Früher wurde bei sehr großen Schiffen

ein kastenförmiger Träger konstruiert und als Kastenkielschwein bezeichnet. Beim eingeschobenen Kielschwein wird noch eine Kielschweinkonstruktion (Fig. 151) angewendet, die darin besteht, daß an den Seiten der über die Bodenwrangen hervorragenden eingeschobenen Kielschweinplatten zwei Winkel mit diesen vorstehenden Plattenteilen vernietet werden und so zum Längsverband des Schiffes viel beitragen.

Kimmkiele. Kimmkiele oder Schlingerkiele werden stark rollenden Schiffen eingebaut, um die seitlichen Schwingungen in ihrer Ausdehnung zu beschränken. Ihre Konstruktion ist aus der Fig. 152 er-



Fig. 152. Kimmkiele.

kenntlich. Sie werden an beiden Seiten des Schiffes in der Nähe der Kimm auf etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Schiffslänge mittschiffs angeordnet. Sie tragen ebenfalls mit zum Längsverband bei.

Steven. Die Steven haben sowohl im Kriegsschiffbau als auch im Handelsschiffbau die mannigfaltigsten Formen, wie aus den beigegebenen Skizzen (Fig. 153—157) ersichtlich ist. Die Steven bestehen aus Schmiedeeisen oder Stahlguß.

Vordersteven. Der Vordersteven bildet die Verlängerung des Kiels bis zum obersten Teil des Schiffes und schließt den Schiffskörper nach vorn ab; ähnlich schließt der Hintersteven nach achtern ab. Die Vorderstevenkonstruktionen sind sehr mannigfaltig (Fig. 158, 159).

Die Vordersteven von Kriegsschiffen variieren vom geraden, oder wenig nach vorn geneigten, oder ausfallenden Handelsschiffsteven mit Gallion bis zur nur wenig vorstehenden Ramme, oder einem geraden Steven mit unter Wasser angesetztem Sporn, oder bis zum ausfallen-

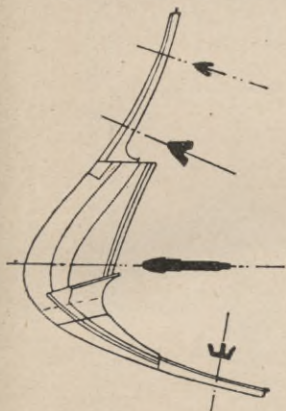


Fig. 153.
Vordersteven S. M. S.
„Kurfürst Friedrich Wilhelm“.

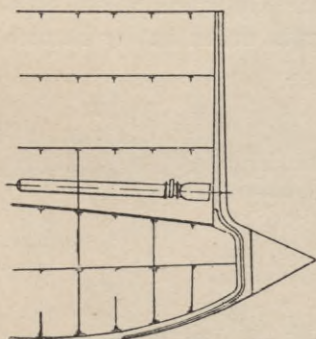


Fig. 154.
Vordersteven
S. M. S. „Sachsen“.

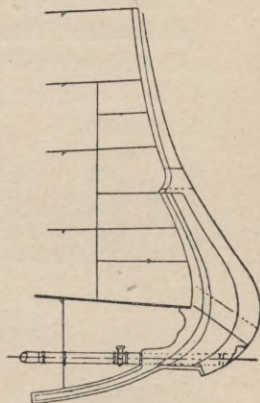


Fig. 155.
Vordersteven
S. M. S. „Kaiserin Augusta“.

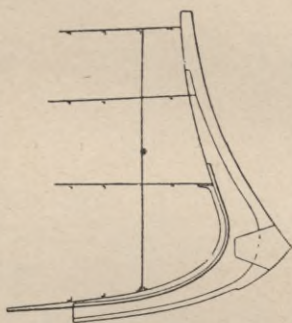


Fig. 156.
Vordersteven S. M. S. „Falke“.

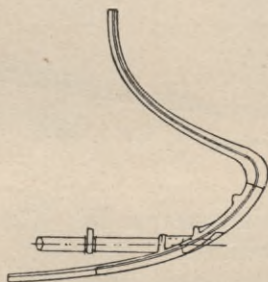


Fig. 157.
Vordersteven S. M. S. „Hela“.

den, etwa 5 bis 6 m weit hervorragenden französischen Rammbug. Auch Kriegsschiffsteven mit aufgesetztem Rammschuh sind im Gebrauch, der über den Steven gezogen und mit diesem verschraubt ist. Er soll den Zweck haben, nach dem Rammen dem eigenen Schiffe ein schnelles Freiwerden vom gerammten Schiffe zu sichern.

Große Steven werden in zwei bis drei Teilen angefertigt, um ein leichteres Transportieren und Zusammenbauen auf der Helling zu ermöglichen. Die Verbindung der einzelnen Teile geschieht durch genietete oder geschraubte Laschung.

Die Befestigung der Außenhaut, die in die Sponungen des Stevens eingeschraubt wird, geschieht durch Verschraubung oder Vernietung. Kriegsschiffvorderstevens erhalten eine besondere Absteifung noch dadurch, daß das Panzerdeck auf einen besonders dazu angebrachten Flansch aufläuft und mit dem Steven verbunden ist. Oft werden noch seitliche Versteifungsrippen außen an der Ramme angebracht.

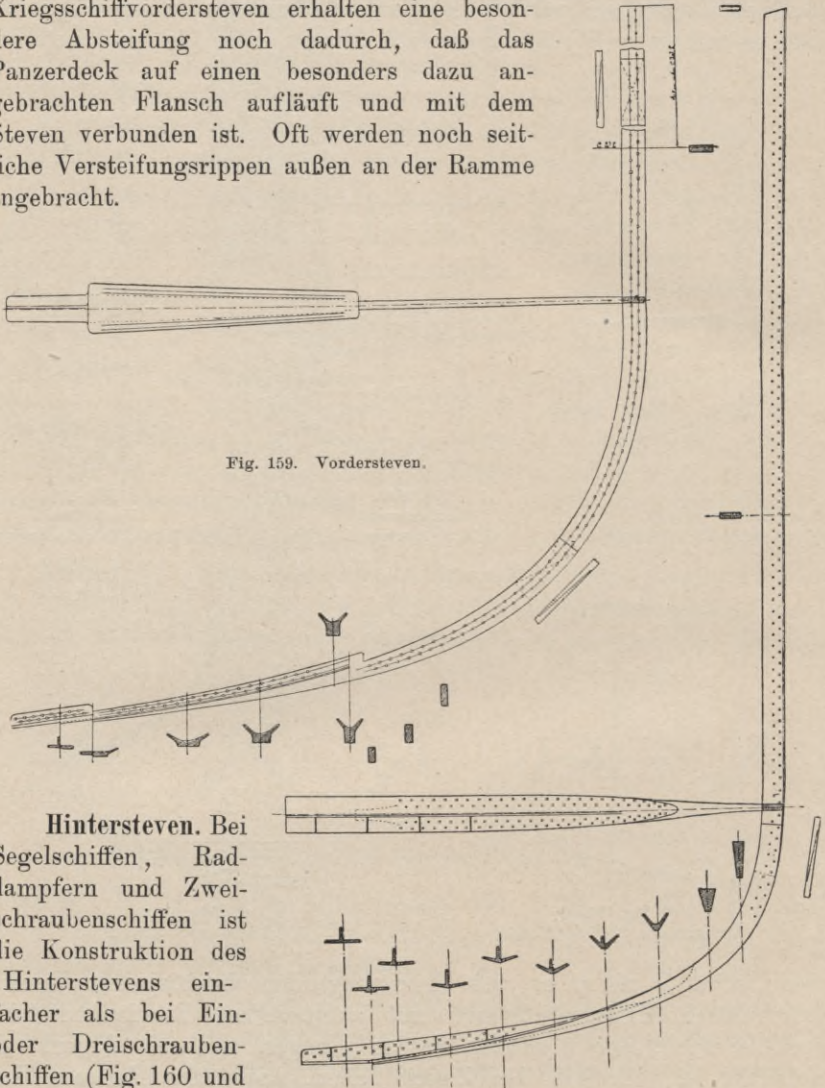


Fig. 159. Vorderstevens.

Fig. 158. Vorderstevens.

Hinterstevens. Bei Segelschiffen, Rad-dampfern und Zweischraubenschiffen ist die Konstruktion des Hinterstevens einfacher als bei Ein- oder Dreischraubenschiffen (Fig. 160 und 161). Die Hinterstevens der letzteren Schiffe

bestehen aus einem Rahmen, der der Schraubenrahmen genannt wird. Der vordere, vertikale Teil heißt der Schraubenstevens, der hintere der Ruderstevens. In halber Höhe des Schraubenstevens ist ein Auge angebracht, das zur Aufnahme des Wellenrohres, in welchem die Schrauben-

welle läuft, bestimmt ist. — Der untere Schenkel des Schraubenrahmens hebt sich am hintersten Ende, damit das Schiff beim Auflaufen auf Grund nicht mit dem Ruderstevn selbst aufstößt, wodurch leicht Beschädigungen oder Bruch des Ruders erfolgen können.

Der Hinterstevn trägt das Ruder, welches mit seiner Spindel durch ein Auge mit passender wasserdichter Buchse durch den oberen Teil hindurchgeführt ist.

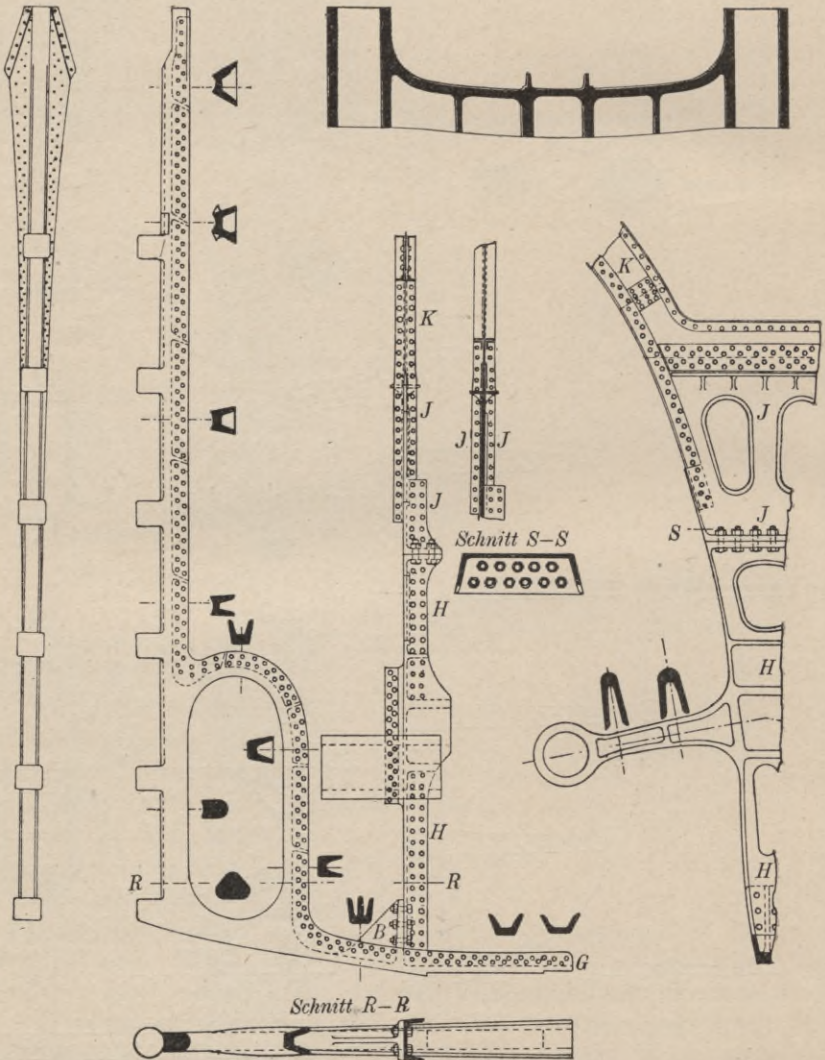


Fig. 161. Hinterstevn für Zweischraubenschiff.

Spanten. Die Spanten sind Bauteile, welche bestimmt sind, die Form des Schiffes in der Querschiffsebene zu erhalten. Sie finden ihren Abschluß nach oben durch die Decksbalken und werden von diesen an ihren oberen Enden verbunden.

Ein Spant besteht in der Regel aus zwei symmetrisch gebogenen Winkeleisen, von denen jedes vom Kiel bis zum obersten Deck reicht. Der Druck des Wassers wächst mit der Wassertiefe, auch wird die Ladung den Schiffsboden am meisten drücken, so daß die Konstruktion des Spantes im Boden besonders stark sein muß. Deshalb wird bei den gebräuchlichen Spantkonstruktionen über die Breite des Schiffsbodens an das Spantwinkeleisen eine aufrecht stehende Platte angenietet, die die Bodenwange des Spantes genannt wird (Fig. 162). Sie hat nach außen die Form des Spantes und geht in seiner Innenkante von der Horizontalen in den Strak des Spantes über. Diese Oberkante der Bodenwange ist mit

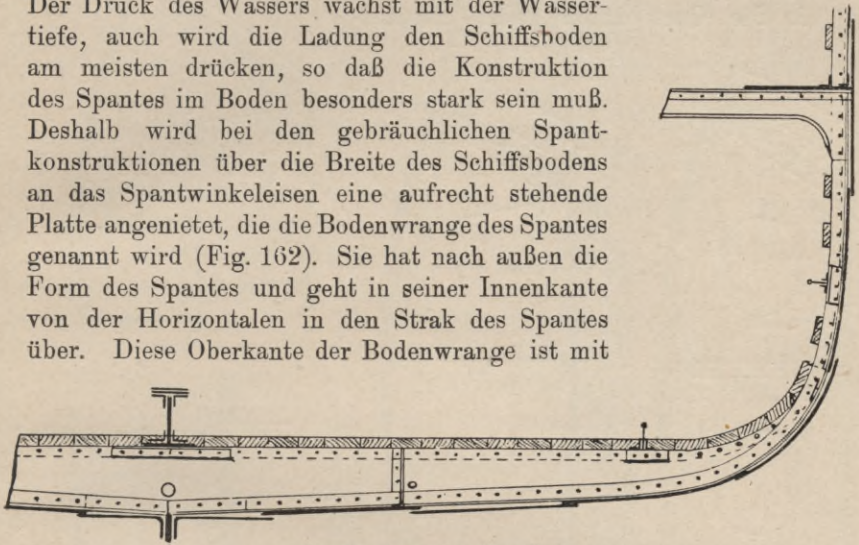


Fig. 162. Spant ohne Doppelboden.

einem Winkeleisen von meist etwas schwächerem Profile als das der Spantwinkel versteift. Dieses Gegen- oder Reversspant wird bis etwas über die Bodenwange an dem Spantwinkel hinauf geführt, oder bei größeren Schiffen oft bis zum Oberdeck.

Doppelboden. Größere Handelsschiffe und alle Kriegsschiffe werden in der Neuzeit mit Doppelboden gebaut.

Diese Doppelbodenkonstruktion erhöht die Sicherheit des Schiffes. Ein Fahrzeug mit Doppelboden ist der Gefahr des Sinkens nicht ausgesetzt, wenn durch Aufgrundkommen ein Leck in den äußeren Boden gestoßen worden ist. In einem solchen Falle füllt sich nur der Raum zwischen den doppelten Boden; das Schiff selbst bleibt seefähig. Die Nachteile des schwierigeren Lenzsystems werden von dem Vorteil der Sicherheit übertroffen.

Diese Doppelbodenkonstruktion besteht darin, daß der Schiffsboden als Gitterträger ausgebaut wird, wobei die Außenhaut die äußere, die Innenhaut die innere Gurtung bildet (Fig. 163—165a). Die Längsfestigkeit dieses Trägers wird durch Längsspannten herbeigeführt, die in entsprechender Entfernung von der Mitte aus, längsschiffs, angeordnet

werden, so daß der Schiffsboden durch die Bodenwrangen der Querspanten und die Stützbleche der Längsspanten in zahlreiche Zellen geteilt wird, die zur Aufnahme von Frischwasser, Kesselpeisewasser oder flüssigem Heizmaterial eingerichtet werden.

Man unterscheidet bei dieser Doppelbodenkonstruktion drei Systeme:

1. Die Querspanten gehen ununter-

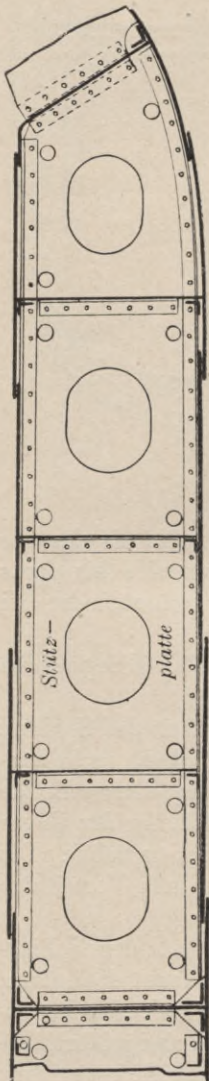


Fig. 163. Durchgehende Querspanten.

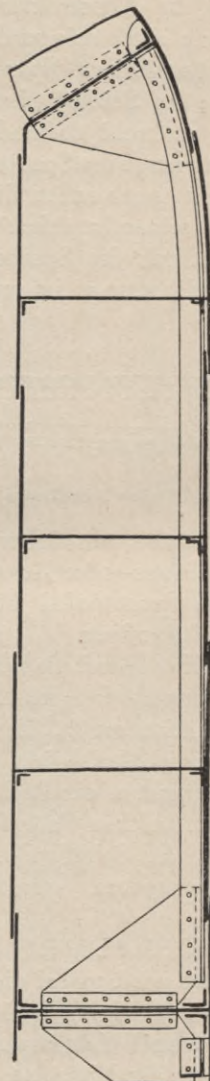


Fig. 164. Durchgehende Längsspanten.

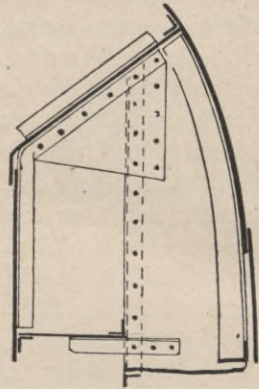


Fig. 165 a.

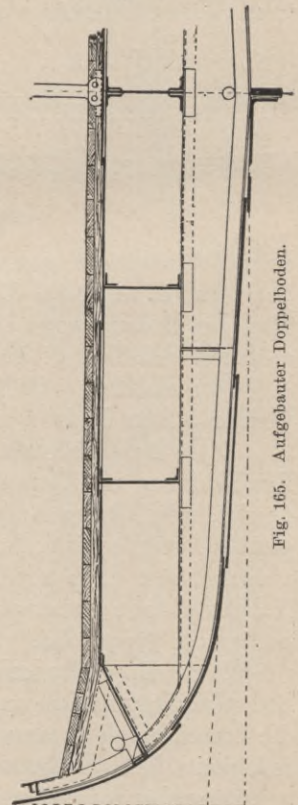


Fig. 165. Aufgehaunter Doppelboden.

brochen durch und die Längsspanten sind zwischen die Querspanten gesetzt.

2. Die Längsspanten gehen ununterbrochen durch und die Querspanten sind stückweise zwischen die Längsspanten eingesetzt.

3. Die Winkel der Querspanten gehen ununterbrochen durch von unten nach oben. Die Bleche der Längsspanten laufen ununterbrochen durch von vorn bis hinten. Die Bleche der Bodenwrangen sind stückweise zwischen die Längsspanten gesetzt, während die Winkel der Längsspanten zu einem geschlossenen Rahmen vereinigt, zwischen die Bodenwrangen und Querspanten gesetzt sind.

Decksbalken. Man unterscheidet eigentliche Decksbalken, die die Decks tragen, und Raumbalken, welche, frei im Schiffsraume angebracht, die Spanten und die Schiffseiten gegenseitig absteifen.

Die Decksbalken bestehen aus verschieden geformten eisernen Trägern (Fig. 166), die an ihren Enden an den Schiffseiten mit Stringerplatten und den Spanten verbunden werden. Die Befestigung der Balken an den Schiffseiten geschieht durch Knie,

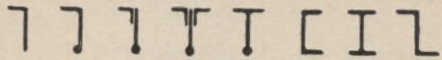


Fig. 166. Decksbalkenformen.

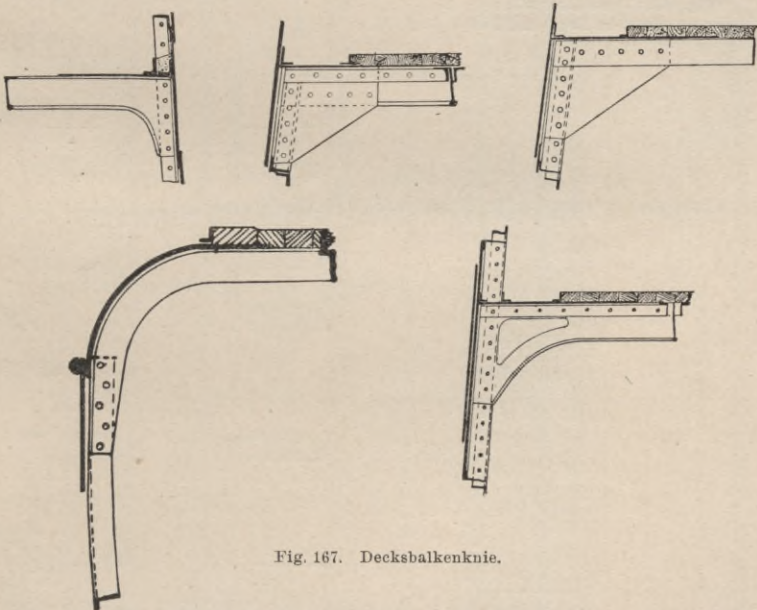


Fig. 167. Decksbalkenknie.

die an die Enden der Decksbalken angebracht werden. Die Befestigung der Knie am Balken geschieht durch Anieten oder Anschweißen (Fig. 167). Die Schenkellänge der Knie beträgt $2\frac{1}{2}$ —3 mal Balkenhöhe.

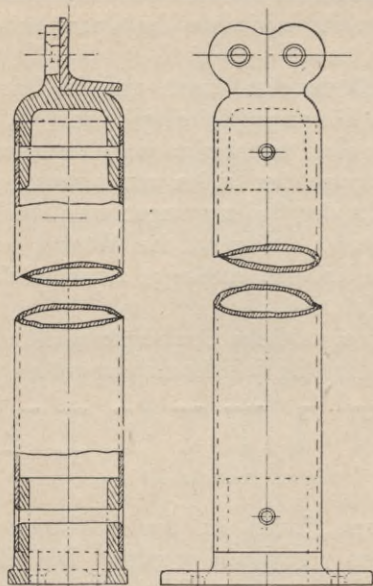


Fig. 168. Feste Rohrstütze
mit angenietetem Kopf und Fuß.

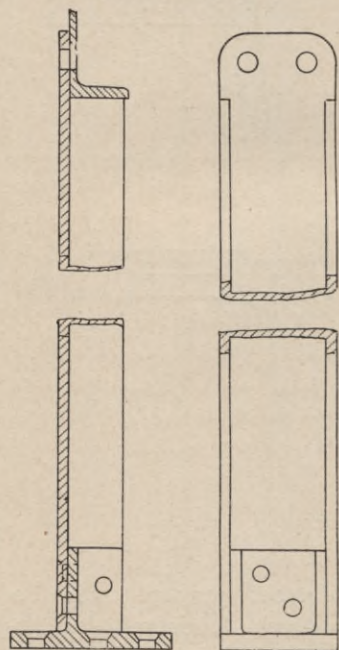


Fig. 170.
Feste Profilstütze mit eingietetem Fuß.

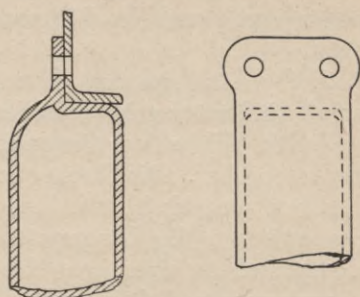


Fig. 169.
Feste Rohrstütze mit geschweißtem Kopf.

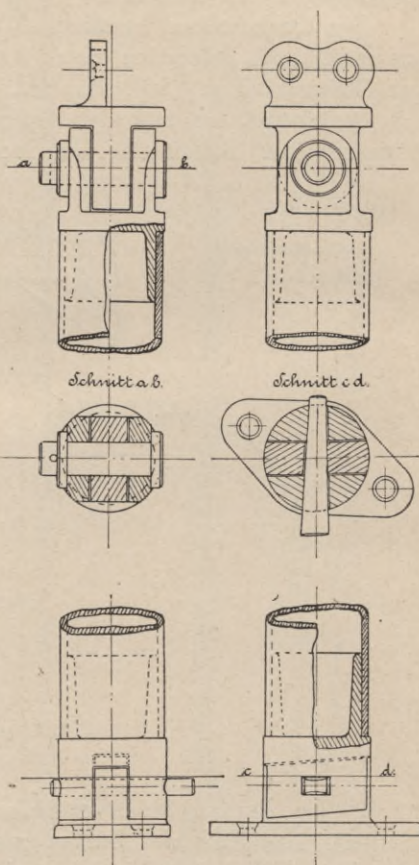


Fig. 171. Klappbare Rohrstütze
mit eingietetem Kopf und Fuß.

Die Balken erhalten eine Wölbung, um den Wasserablauf nach der Seite herzustellen, die $\frac{1}{48}$ — $\frac{1}{50}$ der Schiffsbreite beträgt.

Deckstützen. Zur Abstützung der einzelnen Decks in der Höhenrichtung dienen die Deckstützen. Das Material der Stützen ist Schmiedeeisen. Die Form des Querschnittes ist sehr mannigfach, außer massiven Rundeisenstangen verwendet man noch Rohre und Profileisen (Fig. 168—171).

Die Befestigung der Stützen geschieht durch an die Stützen angenietete oder angeschweißte Köpfe und Füße aus Schmiedeeisen oder Stahlguß, die wiederum auf Deck und am Decksbalken genietet werden. An Stellen, wo Deckstützen zuweilen hinderlich sein würden, werden Klappstützen eingebaut.

Wasserdichte Schotte (Fig. 172). Schotte sind aus Platten hergestellte, mit Profileisen versteifte Wände, die das Schiff in wasserdichte Abteilungen zerlegen. Man unterscheidet Quer- und Längsschotte. Die Querschotte bilden den wasserdichten Abschluß der einzelnen Abteilungen des Schiffes.

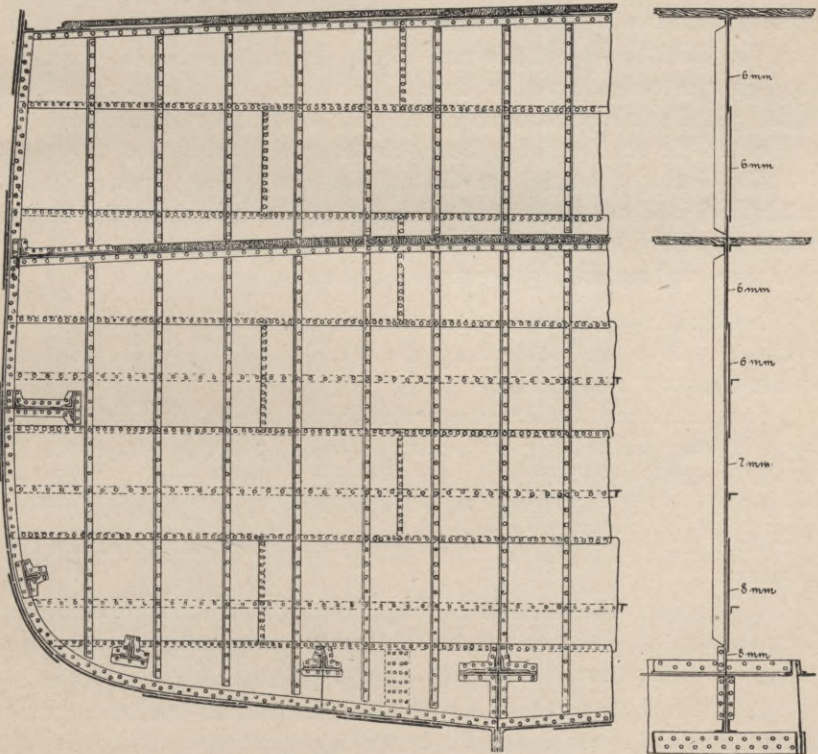


Fig. 172. Wasserdichte Schotte.

Die Anordnung der wasserdichten Schotte richtet sich nach der Größe des Schiffes. Man hat in kurzer Entfernung vom Vordersteven das Kollisionsschott; ebenso ordnet man kurz vom Hintersteven ein Schott an, um die schwer zugänglichen Räume in den äußersten Schiffsräumen von den anderen praktikablen Räumen abzutrennen.

Weiter sind noch Schotte notwendig, die Maschinen- und Kesselräume von den übrigen Räumen trennen, auch Schotte zwischen Maschinen- und Kesselräumen, sowie Längsschotte in diesen Räumen werden angeordnet.

Die Schottplatten werden am Spantwinkel, Decksbalken und einem auf Deck angenieteten Winkel befestigt. Die Dicke der Platten richtet sich nach der Größe der Schottfläche und der Tiefe unter, bzw. der Höhe über der Wasserlinie.

Die einzelnen Platten sind in horizontalen Streifen angeordnet. Die Stöße in diesen Streifen sind durch Laschung verbunden, und muß auf einen guten Verschuß der Stöße in den einzelnen Plattenstreifen geachtet werden.

Die Schottplatten sind bei kleinen Schotten durch vertikale, bei großen Schotten durch vertikale und horizontale Profileisen versteift.

Bei Schiffen mit hölzernen Decks laufen die Schotte ununterbrochen von unten bis oben durch, bei Schiffen mit stählernen Decks laufen die Decksbeplattungen durch und die Schotte gehen von Deck zu Deck. Sie sind mit den Decks durch zwei Winkelleisen verbunden.

Bei der Anordnung der Schotte ist das Prinzip aufrecht zu erhalten, daß zwei der größten Abteilungen des Schiffes volllaufen können, ohne daß die Seefähigkeit des Schiffes aufgehoben wird. Dies setzt aber eine vollkommen wasserdichte Konstruktion voraus.

Außenhautbeplattung. Die Außenhaut der Schiffes besteht aus Platten, welche die Bekleidung der Spanten bilden und unter sich wasserdicht verbunden sind.

Die einzelnen Plattengänge werden untereinander durch Überlappung oder Unterlegen von entsprechenden Blechen vernietet.

Die einzelnen Platten in den Gängen werden von 1 beginnend numeriert, so daß jede Platte jeder Seite genau bezeichnet werden kann.

Man unterscheidet vier Arten von Befestigungen der Außenhautplatten:

1. Die alte Klinkermethode (Fig. 173), die aus dem Holzschiffbau übernommen ist, bei welcher die Platten dachziegelartig übereinander-gelappt und mit den überlappten Enden befestigt sind.

2. Die gebräuchlichste Methode ist die der an- und abliegenden Gänge (Fig. 174), wobei eine Platte am Spant anliegt und die nächsten Platten um die Plattendicke vom Spant abstehen. An ihren Enden

liegen die Platten um die Nietbreite übereinander. Der Raum, welcher bei den abliegenden Gängen zwischen Platte und Spant entsteht, wird durch einen Füllstreifen ausgefüllt von der Dicke der Platte und der Breite des Schenkels des Spantwinkelseisens.

3. Die Platten stoßen stumpf an ihren horizontalen Enden aneinander (Fig. 175) und sind ebenso wie an den Stößen durch Laschung miteinander verbunden.

4. Das Jogging-System (Fig. 176) oder die Börtelmethode besteht darin, daß das Horizontalende der einen Platte über das der nächsten gebogen (gekröpft, gebörtelt) wird.

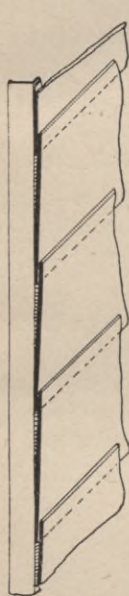


Fig. 173.

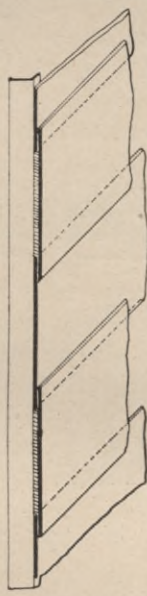


Fig. 174.

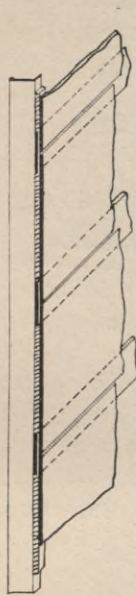


Fig. 175.

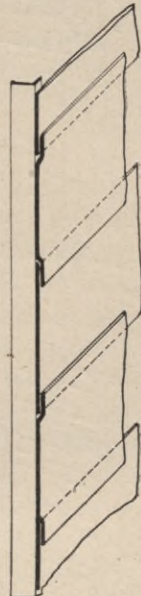


Fig. 176.

Anordnung der Außenhautplatten.

Um die Plattenverteilung besser übersehen zu können, fertigt man noch den sogenannten Plattenplan oder die Plattenabwicklung an. Man setzt zu diesem Zwecke die einzelnen Spantlinien in einem entsprechenden Maßstabe auf einer den Kiel darstellenden geraden Linie ab. Auf jeder Spantlinie setzt man dann eine Strecke ab, die dem Spantumfange der betreffenden Stelle des Schiffes entspricht, und bezeichnet die einzelnen Schnittpunkte der Plattengänge, welche man dem Blockmodell entnommen hat.

Diese Punkte werden dann durch Kurven miteinander verbunden, so daß einzelne wellenförmige Streifen entstehen, deren Breite genau der Breite des Plattenstrakes an der betreffenden Stelle entspricht, deren

Länge jedoch nicht in einem bestimmten Verhältnisse zur wirklichen Länge der Platten steht, da die Abwicklung nur die Projektion der Platten in eine Ebene ist. Es läßt sich aber aus dieser Abwicklung die Verteilung gut einrichten und gut übersehen, ebenso der Verlauf der Platten.

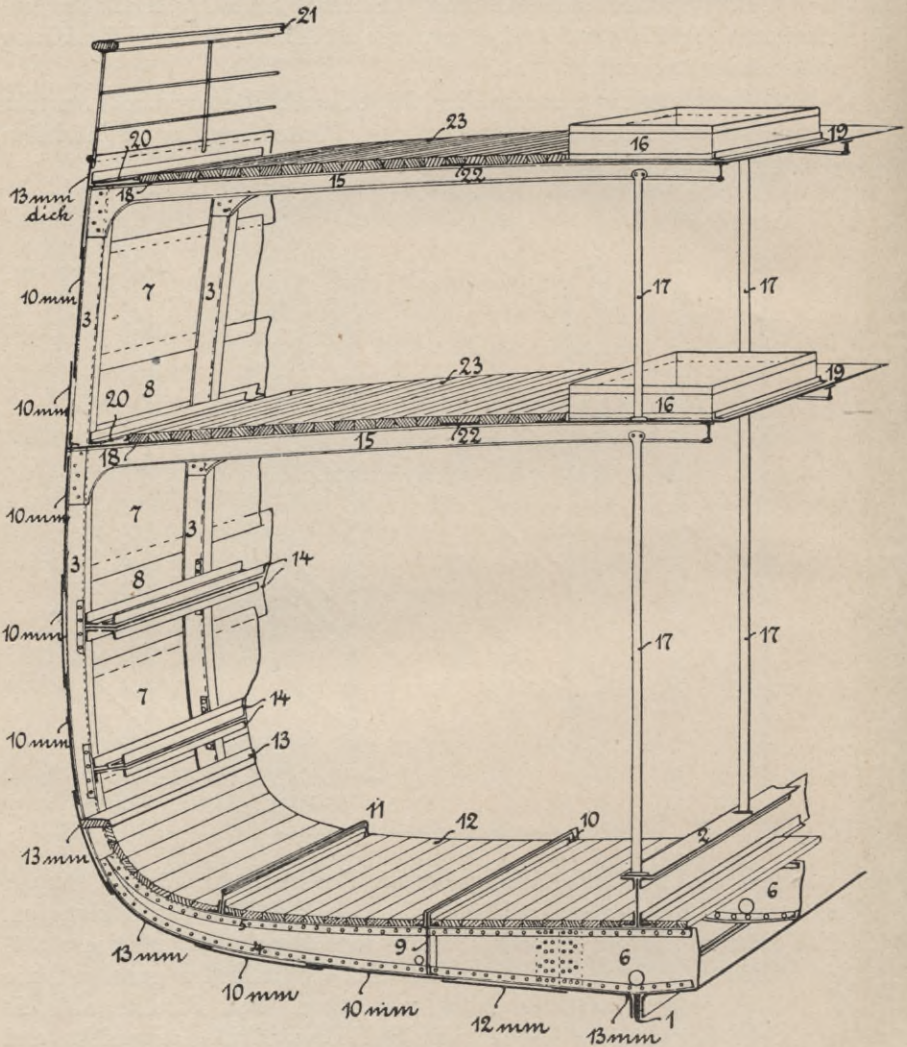


Fig. 177. Hauptspant eines Eisenschiffes.

- | | | | |
|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| 1 Balkenkiel. | 7 Anliegender Gang. | 13 Kimmweger. | 19 Lukenstringer. |
| 2 Mittelkielschwein. | 8 Abliegender Gang. | 14 Seitenstringer. | 20 Wasserlauf. |
| 3 Spant. | 9 Längsspant. | 15 Decksbalken. | 21 Reeling. |
| 4 Hauptspantwinkel. | 10 Seitenkielschwein. | 16 Luksüle. | 22 Diagonalbänder. |
| 5 Gegenspantwinkel. | 11 Kimmstringer. | 17 Deckstützen. | 23 Deckbeplankung. |
| 6 Bodenwrange. | 12 Wegerung. | 18 Deckstringer. | |

Die Stoßfuge ist zwischen zwei Spanten anzuordnen. Die Stöße bilden stets schwache Stellen, weshalb ihre Verteilung besondere Sorgfalt und Geschick erfordert. Die Stöße zweier benachbarter Plattengänge sollen um zwei Spantdistanzen voneinander entfernt sein, und zwischen zwei vertikal aufeinander liegenden Stößen sollen mindestens zwei Plattengänge liegen.

Die Plattendicke nimmt vorn und achtern um einige Millimeter ab, ebenso ist die Dicke im Hauptspant nicht überall gleich dick, und werden die am meisten beanspruchten Strake oder Gänge, die Öffnungen erhalten, stärker genommen, wie die Fig. 177 erkennen läßt, aus der auch alle Verbandteile, ihre Benennung und ihr Platz erkenntlich sind.

Die Decks. Die Decks bilden an den Schiffsseiten etwas herabgebogene, nach den Enden mehr oder weniger hochgebogene Horizontalplattformen, die das Schiff der Höhe nach abschließen oder seiner Höhe nach in mehrere Teile trennen. Sie bestehen aus auf den Decksbalken angebrachten hölzernen Bepunktungen oder eisernen Bepunktungen, die glatt, geraut oder mit Belag versehen eingebaut werden. Die hölzernen Decks werden aus 6—12 m langen Planken hergestellt, die eine Dicke von 50—100 mm besitzen und die 75 bis 230 mm breit sind. Die Dicke richtet sich nach der Größe des Schiffes. Die Planken werden durch Schraubbolzen auf den Decksbalken parallel zur Mittellinie liegend, dicht aneinander passend, befestigt. Je schmaler die Decksplanke, um so schöner wird das Deck gehalten.

Als Holzmaterial zu Decksplanken dient Kiefern-, Fichtenholz, Pitchpine, Yellowpine, Whitepine, Cypressen und Teakholz. Für Schiffe, die in den Tropen fahren sollen, ist für das Oberdeck ein in den Tropen gewachsenes Holz das zweckmäßigste, am besten Teakholz. Die Planken müssen gut ausgetrocknet sein und dürfen den Kern des Stammes, der wegen der durchführenden Markadern sehr weich ist, nicht mit enthalten.

Bei eisernen Decks werden die Platten in parallel zur Mittellinie angeordneten Streifen angebracht und direkt mit den Decksbalken vernietet. Sie werden an den Stößen und Nähten überlascht oder an den Nähten überlappt.

Eiserne Decks sind zu glatt, besonders bei Schnee und Regen und arbeitendem Schiff. Auch haben sie den großen Nachteil, daß sich an ihrer Unterseite Schwitzwasser ansammelt, welches auf Bewohner, Ladung usw. niedertropft. Der beste Belag eiserner Decks ist immer noch Holz. Die Planken werden hierbei 15—50 mm dick genommen und wie bei Holzdecks verlegt. Auf Kriegsschiffen wird Holz wegen seiner Feuersgefahr und der starken Splitterwirkung wegen neuerdings sehr beschränkt verwendet. Gegen Feuersgefahr wird es

imprägniert, doch scheinen dauerhafte, gute Imprägnationen noch nicht zur vollen Zufriedenheit geglückt zu sein.

An Stelle des Holzes als Decksbelag eiserner bzw. stählerner Decks wird vielfach Linoleum verwendet, ein Stoff, der aus oxydiertem Leinöl mit fein gemahlenem Kork hergestellt wird, auf Jutefaser auf gepreßt und auf die Decks aufgeklebt wird. Dieser Linoleumbelag hat sich gegen andere Beläge, wie Torgament, Papyrolith, Xylolith usw., das sind steinartige Massen, die in Tafeln, oder breiartig, nach kurzer Zeit erhärtend, aufgetragen werden, bis jetzt noch am besten bewährt.

Stringer. Stringer sind aus Platten oder Winkeln oder beiden hergestellte Längsverbände. Raumstringer sind aus Platten und Winkeln in der Nähe der Kimmung eingebaute Längsverbände. Kimmung ist die größte Krümmung, in der die Spantform in die vertikale Linie übergeht.

Deckstringer sind Platten, die seitlich über den Decksbalken mit diesen und mit einem längsschiff laufenden Winkel mit der Außenhaut vernietet werden.

Diagonalstringer oder -bänder sind Plattenstreifen, die diagonal über das Schiff von Deckstringer zu Deckstringer reichen.

Alle Öffnungen im Deck werden bei Holzdecks ohne Eisendeck mit einer horizontalen und vertikalen, bei Eisendecks nur mit einer vertikalen Einfassung von Plattenstreifen versehen. Die vertikalen werden Süll, Scheerstock oder Lukenkarbe genannt, die horizontalen Lukenstringer. Die Höhe der Sülle beträgt etwa 20—80 cm. Ihr Zweck ist, das Eindringen des Wassers besser zu verhindern.

Ist ein Luk länger als eine Spantdistanz, so müssen die Decksbalken durchschnitten werden, und Längs- und Querverband werden durch eingesetzte Schlingen von den Abmessungen der Balken hergestellt.

Fundamente. Zum Schiffskörper rechnen noch die Fundamente unter Maschinen und Kessel. Sie bilden den Übergang des Schiffskörpers zur Maschine, mit der sie durch die Maschinenfundamentplatte verbunden sind. Bei den Kesseln geschieht die Verbindung der Fundamente direkt mit dem Kesselmantel.

Bestimmte Grundprinzipien zur Konstruktion dieser Fundamente lassen sich nicht aufstellen. Die Fundamente sind eine Versteifung des Schiffsbodens unter den Maschinen und Kesseln, um das Gewicht und bei der Maschine noch die Stöße und Schwingungen aufnehmen zu können, oder durch das Fundament des Drucklagers die Vorwärtspressung des Schiffes durch das Wasser zu ermöglichen und der Kraft der Maschine einen Angriffspunkt zu geben, der von genügender Festigkeit und Sicherheit ist, ohne eine Lockerung oder Reißen der Verbände des Schiffskörpers herbeiführen zu können.

Skizzen von Maschinen- und Kesselfundamenten: Tafel X, 1—3.

Wellentunnel. Die Wellentunnel sind Räume im Heck der Schiffe, durch welche die Wellen der Propeller geführt werden. Diese Tunnel müssen Raum genug bieten, um eine Revision bzw. Reparatur der in diesen befindlichen Drucklager zu ermöglichen. Die wasserdichte Umschottung der Wellentunnel besteht aus Platten, die durch Profileisen verstärkt werden (Fig. 178).

Nach achtern wird der Abschluß des Wellentunnels durch das Stopfbuchenschott gebildet. Dies ist eine wasserdichte Wand, durch welche die Welle in einer Stopfbuchse geführt ist, um beim Einschraubenschiff durch das Auge des Schraubenrahmens, bei Zweischaubenschiffen durch besondere, durch die Außenhautplatten gebildete Rohre, die Wellenhosen heißen, außenbords geführt zu werden. Die Enden dieser Rohre werden entweder durch Wellenböcke oder Plattenverbände mit dem Schiffskörper abgesteift.

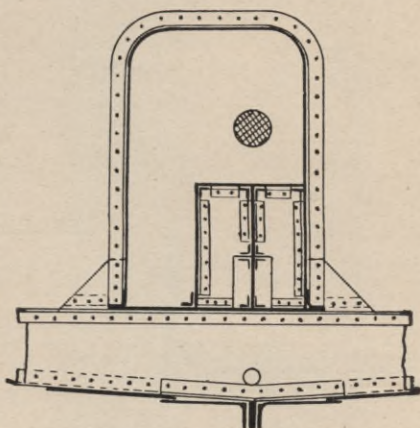


Fig. 178. Wellentunnel.

Nach dem Maschinenraum wird der Wellentunnel durch eine wasserdichte, mit wasserdichter Tür versehene Wand abgeschlossen.

Wasserdichte Verschlüsse. Alle zu wasserdichten Abteilungen führenden Durchgänge werden durch wasserdichte Verschlüsse verschlossen. Die hierfür gebräuchlichen Formen sind aus den nachstehenden Figuren 179—183 ersichtlich.

Bei allen wasserdichten Verschlüssen ist darauf zu achten, daß eine möglichst geringe Durchbrechung der Decks, vor allen der Schotte unterhalb der Wasserlinie stattfindet.

Die Dichtung der Verschlüsse geschieht durch Weichgummi, der in einer Vertiefung liegt oder durch Messingprofile gehalten wird. Die Pressung erfolgt je nach Art des Verschlusses durch Vorreiber, Ringmutter und Gewindeanzug. Bei Vorreibern wird der Anzug durch Messingkeile bewirkt.

Außer den eben genannten Verschlüssen gibt es noch die wasserdichte Kohlenbunkerschiebetür. Die Dichtung derselben geschieht durch zwei, rundumlaufende, keilförmige Metallflächen. Die Bewegung der Tür erfolgt durch Gestänge und Schneckentrieb, das sowohl von den oberen Decks wie auch von der Türstelle selbst gehandhabt werden kann (Fig. 184).

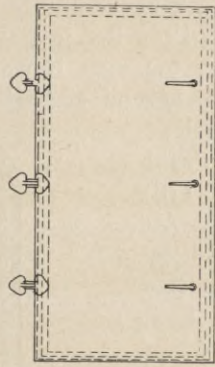


Fig. 179.
Klapptür mit Scharnier
und Vorreiber-Handgriffen.

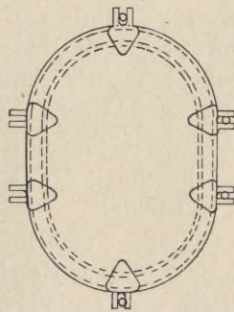
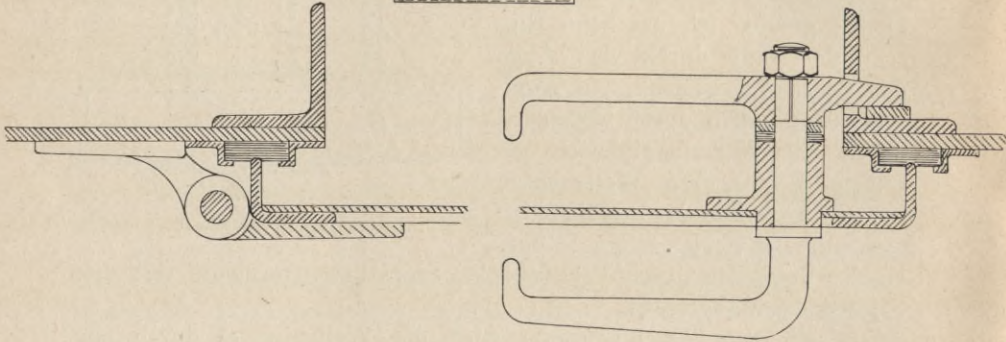


Fig. 180.
Deckel resp. Tür mit
Scharnier und Ringmutter.

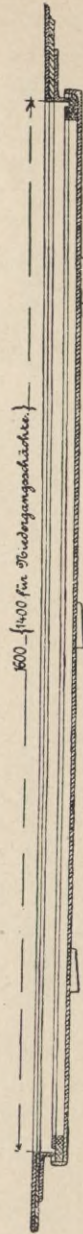
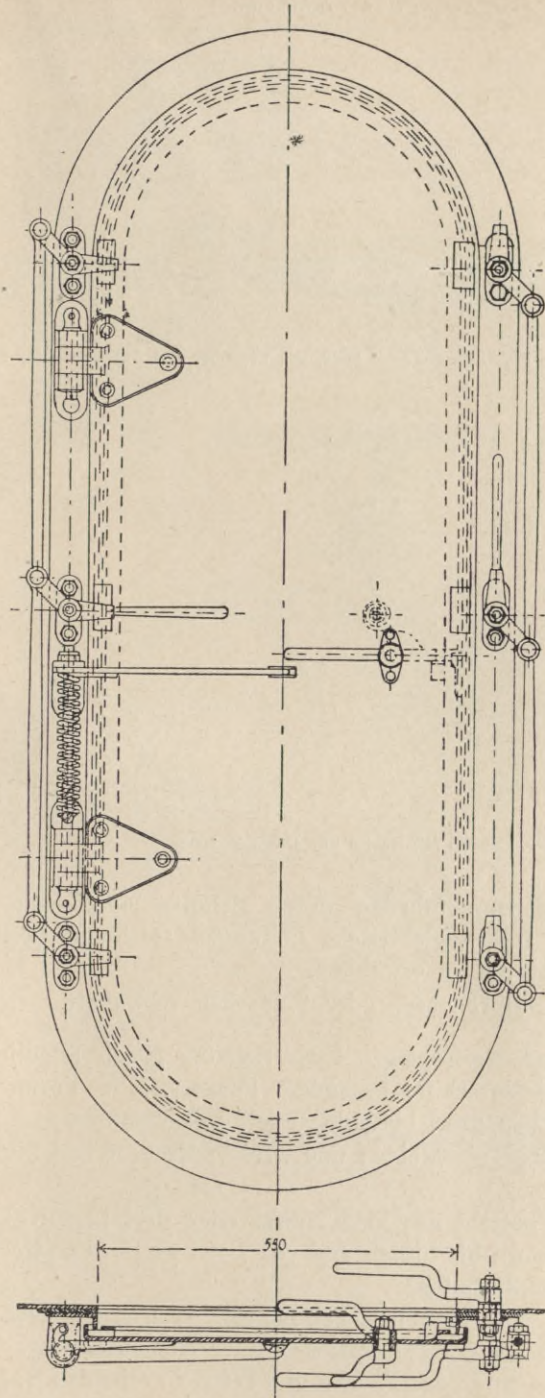
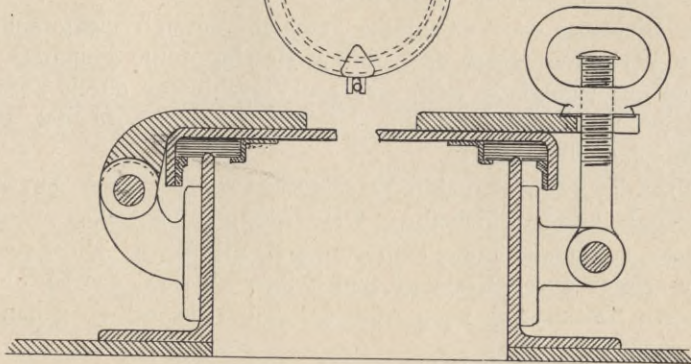


Fig. 181. Wasserdichte Klapptür mit verblockten Vorreibern, Zuschlagvorrichtung und Klinke.

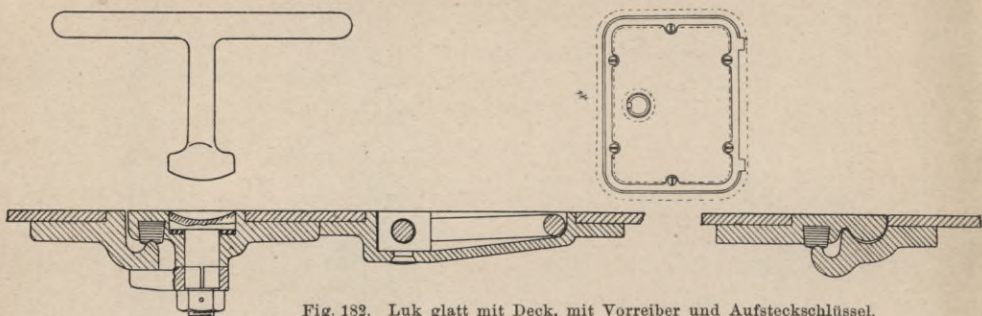


Fig. 182. Luk glatt mit Deck, mit Vorreiber und Aufsteckschlüssel.

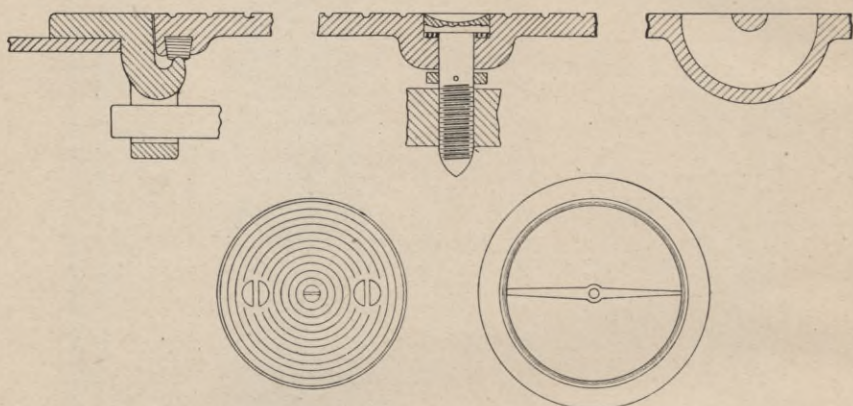


Fig. 183. Deckel mit Knebel und Gewindebolzen.

Als wasserdichte Durchführung durch Schotte sind noch die Durchbrechungen für Rohre, elektrische Leitungen, Gestänge, Wellenleitungen und Ventilatoren zu erwähnen.

Hierfür werden Stopfbuchsen oder Flanschen verwandt.

Panzerchutz und Korkdamm. Zum Schutze gegen feindliches Feuer erhalten die Kriegsschiffe besondere Panzerung in Form von Panzerdecks und Gürtelpanzer, bisweilen auch Korkdämme.

Panzerdeck erhalten die kleinen und großen Kreuzer und Linienschiffe.

Das Panzerdeck besteht aus einer, zwei oder drei Lagen Stahlplatten, die sich von vorn bis hinten und von Bord zu Bord erstrecken (siehe Tafeln der Hauptspanten).

Der Korkdamm wird bisweilen bei kleinen Kreuzern angewandt und dient als Fortsetzung des Panzerdecks in der Höhenrichtung. Der Korkdamm besteht aus einem aus Platten und Winkeln erbauten Kasten,

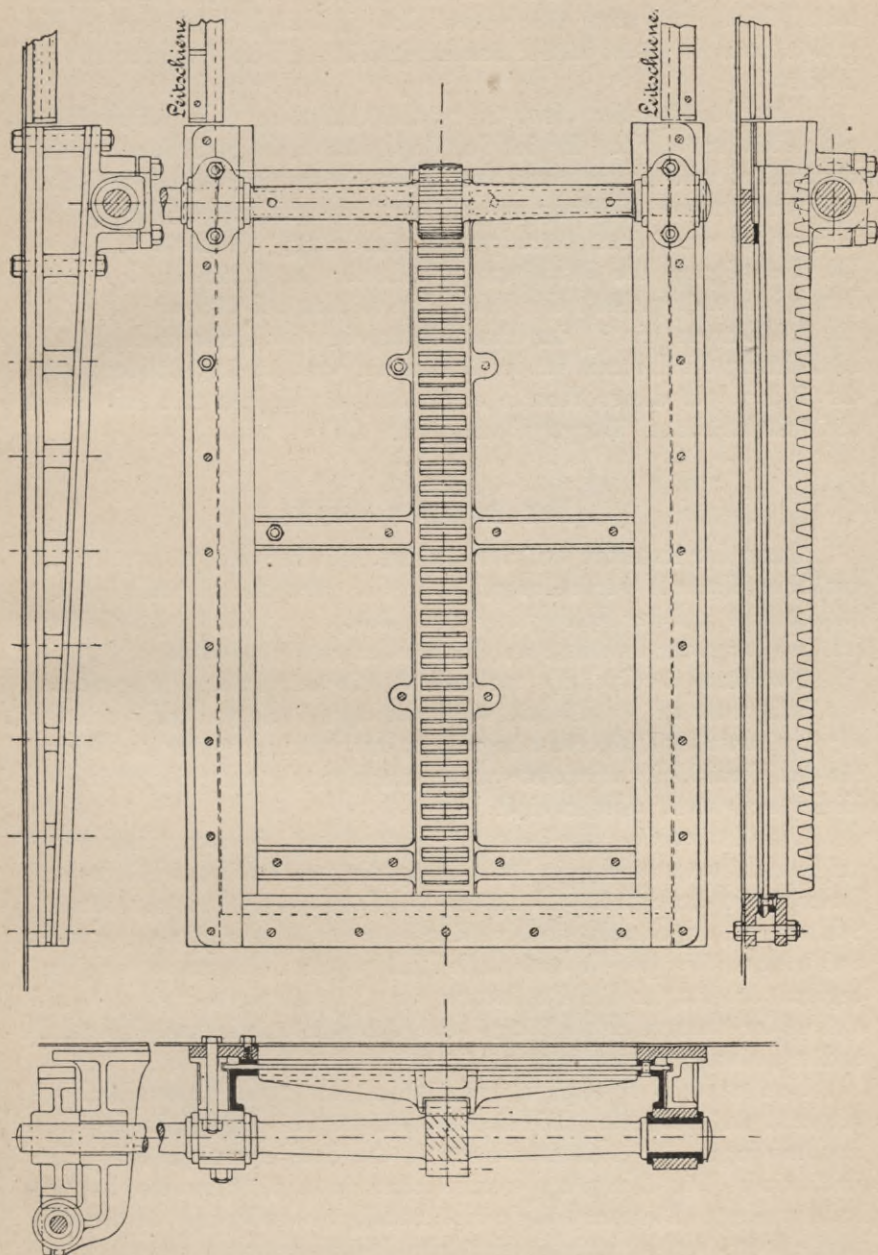


Fig. 184. Wasserdichte Kohlenbunkertür.

der mit Korkplatten und Marineleim gefüllt ist. Kork und Marineleim bilden eine derart zähe Masse, daß sie sich bei etwa eingeschlagenen Treffern sofort wieder zusammenzieht und ein Leckwerden verhindert.

Der Gürtelpanzer dient bei großen Kreuzern und Linienschiffen als seitlicher Schutz. Er ist im Gegensatz zum Korkdamm außen angeordnet und besteht aus Nickelstahl. Um eine elastische Unterlage und bessere Dichtung zu schaffen, ist zwischen der eigentlichen Außenhaut und dem Gürtelpanzer eine Lage Teakholz befestigt. Die Befestigung des Gürtelpanzers mit der Außenhaut erfolgt durch Panzerbolzen (Fig. 146). Die Schrauben reichen bei dünnem Panzer bis $\frac{1}{2}$, bei dickem bis $\frac{1}{3}$ der Panzerstärke in die Platte hinein. Zur Abdichtung des Raumes in der Außenhaut und der Teakholzlage wird der Bolzen auf dieser Strecke etwas dünner gehalten und mit einem bleiweißgetränkten Wergzopf umgeben.

C. Der Bau der Schiffe.

Gang der Arbeiten auf der Helling. Die im vorigen Kapitel aufgezählten Bauteile werden ungefähr in der nachstehend beschriebenen Reihenfolge auf der Helling zum Schiffskörper montiert. Als Beispiel ist der Gang der Arbeiten an einem Panzerschiff geschildert.

Nachdem die Helling vorbereitet, die Stapelklötze abgerichtet, das Baugerüst aufgestellt ist, wird mit dem Verlegen und Vernieten der horizontalen Kielplatten begonnen, mit welchen weiter die Winkel für den Vertikalkiel vernietet werden, nachdem die Teile des vertikalen Kieles aufgestellt worden sind.

Danach werden die äußeren Spantwinkel bis zum Panzerdeck aufgestellt, woran sich die Aufstellung der wasserdichten Längs- und Querspanten anschließt. Nachdem die Spantbleche und die inneren Spantwinkel angebracht sind, werden diese Teile miteinander vernietet und so dem Gerippe der erste feste Halt gegeben. Daran anschließend beginnt das Legen der Beplattung des Doppelbodens und das Aufstellen der wasserdichten Längs- und Querschotte, die nach dem Aufstellen sofort vernietet werden.

Nun werden die Balken und Schlingen für das Panzerdeck angebracht und vernietet. Die Deckstützen werden eingebaut. Es folgt das Anbringen der Außenhaut, soweit die Spanten mittschiffs aufgestellt sind. Die Lenzrohre werden dann in und über dem Doppelboden verlegt. Das Panzerdeck wird, nachdem es außerhalb des Schiffes zugelegt ist, verlegt und die einzelnen Plattenschichten befestigt.

Werden Schlingerkiele angewandt, so wird mit dem Einbau begonnen. Der Schiffskörper bis zum Panzerdeck ist jetzt nahezu fertig,

und es beginnt der Bau des Oberschiffes. Es werden nun die Spanten auf dem Panzerdeck gelegt und befestigt, die Decksbalken, Schlingen, die Beplattung, Längs- und Querschotte und die Deckstützen für die nächsten Decks aufgebaut. Die Außenhaut bis zum Oberdeck wird angebracht und die Steven werden eingebaut und Vor- und Hinterschiff vollendet. Kofferdämme werden aufgestellt, Kammerschotte eingebaut. Die Teakholz hinterlage für den Gürtelpanzer wird angebracht. Die Umschottungen für die Maschinen und Kessel, die Unterzüge für die Geschützstände, Luftschächte werden begonnen.

Im Vordersteven wird die Öffnung für das Lancierrohr und im Hintersteven die Öffnung für das Stevenrohr ausgebohrt und das Stevenrohr eingezogen. Bei einem Zwei- oder Dreischraubenschiff werden seitlich vom Hintersteven die Wellenböcke angebracht und die Wellenrohre eingezogen.

Das Ruder wird ebenfalls noch vor dem Ablauf eingebaut.

Gleichzeitig wird das Oberdeck gelegt, Aufbau und Aufbaudecks gefördert, Bug- und Heckklüsen, Seiten- und Decksfenster eingebaut, Geländerstützen aufgestellt und Maschinen- und Kesselfundamente sowie Wellen und Wellenlager eingebaut.

Ist der Schiffskörper so weit fertiggestellt, so kann der Ablauf stattfinden.

Selten läuft ein Schiff mit angebrachtem Seitenpanzer, eingebauter Maschine und eingesetzten Kesseln vom Stapel; meistens werden sie erst nach dem Ablauf eingesetzt, die Fundamente sowie die Wellen dagegen schon vorher angebracht. Nach dem Stapellauf ist das Schiff noch lange nicht fertig, und oft sind noch Jahre für seinen inneren Ausbau nötig. Der Stapellauf ist für das Schiff der eigentliche Geburtstag, an dem es seinem Elemente nach Abschluß eines bestimmten Bauabschnittes übergeben wird.

Der Stapellauf. Während kleinere Schiffe im allgemeinen auf dem Kiel ablaufen und ihre seitliche Ablaufvorrichtung nur als Abstützung für den Schiffskörper dient, kommen bei großen und schweren Schiffen nur die seitlich unter dem Schiffsboden gelagerten Gleitvorrichtungen zur Anwendung. Man unterscheidet den Längs- und Querablauf, der in engem Wasser zur Anwendung kommt. Die Ablaufvorrichtungen bestehen hauptsächlich in zwei parallel zur Mittschiffslinie laufenden Gleitbahnen, von welchen der obere Teil mit dem Schiffskörper verbunden wird, während der untere fest auf der Hellingsole ruht. Diese Gleitbahnen ruhen auf ungefähr $\frac{1}{3}$ der größten Breite des Schiffes voneinander entfernt, erstrecken sich auf fast die ganze Länge des Schiffskörpers und werden, da sie das Gesamtgewicht des Schiffes aufnehmen müssen, aus ausgesucht gutem Holz und in starken Abmessungen angefertigt. Da bei der Länge der Lauf-

vorrichtung weder die Laufschlitten noch die Gleitplanken aus einem Stück hergestellt werden können, sind die Schlitten an ihren Enden durch Hanftaue verbunden. Die Gleitplanken werden neben ihrer festen Lagerung noch durch seitliche Laschung verbunden, um ein Wegquetschen oder Verrutschen der Holzlagen nach den Außenseiten des Schiffes hin zu verhüten, während der festliegende Teil gegen die Hellingsohle gut abgestrebt und versteift wird. Je nach der Form des hinteren, mittleren und vorderen Schiffes erfordert die Gleitbahn eine höhere oder niedrigere Aufklotzung und eine schwächere oder stärkere Verbindung dieser Holzteile. Die Abbildung veranschaulicht zwei Querschnittsformen des Schiffes und der Gleitbahnen (Fig. 185).

Der Druck auf die Ablauffläche der Gleitbahnen darf 2—4 kg pro qcm nicht überschreiten.

Die mittlere Ablaufgeschwindigkeit beträgt 4—5 m in der Sekunde. Bei den Abläufen werden Rechnungen für den Ablauf angestellt, die durch Versuche beim Ablauf kontrolliert werden, so daß Material aus der Praxis gesammelt wird für zukünftige Stapelläufe, um stets ein sicheres Zuwasserbringen des Schiffes gewährleisten zu können.

Nachdem die Laufvorrichtung hergestellt, werden die Stapelklötze, auf welchen der Schiffskörper ruht, nacheinander entfernt und damit die Gleitbahn mit dem Gesamtgewicht des Schiffes belastet. Um die Entfernung der Stapelklötze erreichen zu können, sind in der ganzen Länge der Gleitbahn zwischen den Laufschlitten und der Aufklotzung Keile eingefügt, welche, sobald der Zeitpunkt des Ablaufs gekommen ist, durch eine Reihe von Zimmerern, die auf beide Schiffseiten verteilt sind, angetrieben werden. Das Schiff wird auf diese Weise in seiner ganzen Länge gleichmäßig angelüftet. Die obersten Stapel-

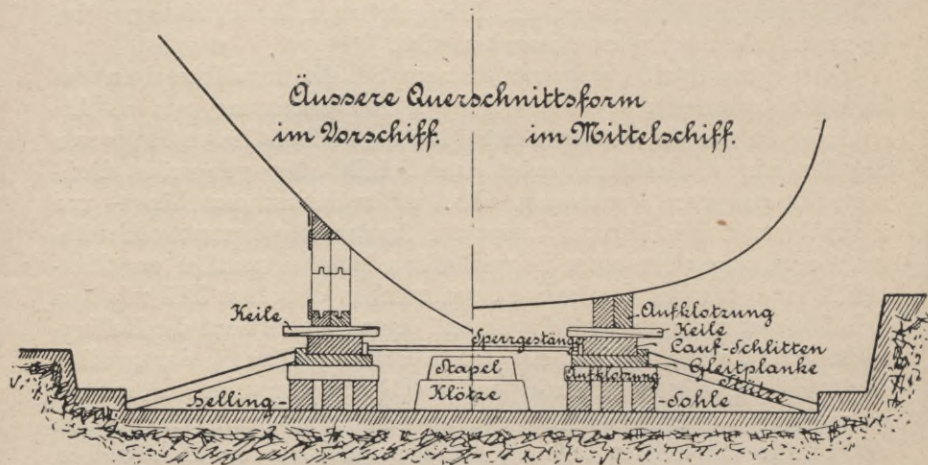


Fig. 185.

klötze werden alsbald frei und können mit leichter Mühe entfernt werden.

Schließlich werden noch alle losen Teile der Gleitvorrichtung, welche, sobald das Schiff das Wasser erreicht hat, aufschwimmen, mit Augbolzen versehen, durch welche Hanf- oder Stahltaue geschoren und an Deck des Schiffes befestigt werden. Auf diese Weise können die einzelnen Bestandteile der Ablaufvorrichtung leicht geborgen werden und bei einem ferneren Stapellauf wieder Verwendung finden.

Der Zeitpunkt des Stapellaufs ist inzwischen näher gerückt. Die Gleitbahn ist mit dem Schmiermittel — Talg oder grüner Seife — versehen; alle freiliegenden Teile der Ablaufvorrichtung sind sorgfältig mit Segeltuch oder dünnen Brettern abgedeckt, damit die Gleitbahn sauber erhalten bleibt.

Der ins Wasser hineinreichende Teil der Sohle wird auf das sorgfältigste gereinigt und untersucht; ebenso wird der nächste Bereich des Wassers von Tauchern nach etwa vorhandenen größeren Steinen abgesucht. Das Schiff liegt nun zum Stapellaufe klar. Es wird in seiner Stellung durch besondere Hemmungen gehalten. Die Hemmung besteht darin, daß Laufschlitten und Gleitplanke an verschiedenen Stellen mit Augbolzen versehen sind, welche mit dünnen Tauen verbunden werden. Im gegebenen Augenblick werden diese Tauen durchhauen, und das Schiff, seiner Fesselung ledig, beginnt seinen Lauf. Größere Schiffe werden mit einer vollkommeneren Hemmvorrichtung versehen, die entweder seitlich oder am Bug des Schiffes angebracht wird.

Die seitlich vom Schiffskörper zur Anwendung kommende Hebelstoppvorrichtung ist sehr einfacher Art. Ein starker, vierkantig bearbeiteter Baum wird hier an seinem kürzeren Hebelarm zwischen einem am Laufschlitten angebrachten Vorstoß und einer in der Erde gut befestigten Stopperpallung gelagert und der lange Hebelarm durch ein Hanftau an einem in die Erde gerammten Pfahl (Poller) befestigt. Wenn die Aufkeilung stattgefunden hat, ist die Vorrichtung in Spannung gekommen. Sobald erforderlich, wird das Hanftau durch einen Axthieb gekappt, der Hebelarm wird fortgeschneit und der Laufschlitten von seiner Hemmung befreit.

Die zweite Art von Hemmung ist die folgende: An zwei starken Holzpollern, die in die Erde gerammt und sorgfältig befestigt werden, ist hier eine schmiedeeiserne Welle angebracht, die in der Nähe der Poller zwei Daumen hat, auf welche die Zugstangen der Laufschlitten gehakt werden. Die Welle ist außer in ihren Lagerstellen an den Pollern vierkantig gehalten. In der Mitte der Welle befindet sich ein Hebelarm, an welchem ein Gegengewicht aufgehängt ist und welcher durch eine Schnalle unten gehalten wird. Die Schnalle ist an einem

in die Erde gesetzten Balken befestigt und hat vorn eine vorstehende Nase, auf welche der vor den Pollern entlang geführte Hebelarm, der durch den Ausschaltehebel aufgefangen ist, zu fallen bestimmt ist. Das Gegengewicht hat den Zweck, den großen Hebelarm fest in die Schnalle zu drücken, damit diese nicht von selbst abfallen kann. Ein

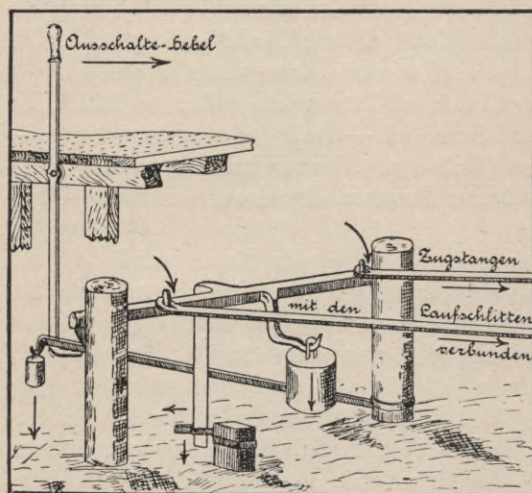


Fig. 186. Haltevorrichtung für den Ablauf.

Ausrücken des Ausschaltehebels verursacht die Auslösung des ganzen Apparates und das Freiwerden des Schiffes (Fig. 186).

Als Reserveantrieb sind, falls das Schiff keine Bewegung verrät, ein Wasserdruckzylinder, eine Art hydraulischer Presse und Schraubenwinden angebracht.

Das Zuwasserlassen des Schiffes geschieht mit besonderer Feierlichkeit. Das Schiff erhält einen Namen und

wird mit Champagner durch Zerschellen einer Flasche an seinem Bug getauft. Nach dem Ablauf wird das Schiff in ein Trockendock verholt, um von den noch festsitzenden Stapellaufteilen befreit zu werden, falls nicht deren Abnahme durch Taucher geschehen kann.

Der Bau nach dem Ablauf. Nach dem Ablauf findet ein Krängungsversuch statt. Der Gang der Arbeiten nach dem Stapellauf ist ungefähr der folgende:

Die Arbeiten über dem Oberdeck werden dann weiter gefördert. Es werden Deckbalken und Schlingen für das Aufbaudeck angebracht, die Deckbeplattung gelegt, die Umschottungen für das Aufbaudeck aufgestellt.

Im Innern des Schiffes wird mit der Einrichtung begonnen.

Geschützstände, Maschinen und Kessel, Kammerschotte, Ventilatoren, Hängemattkasten, Niedergänge, Kombüsen, Klosetts und Baderäume werden ausgebaut, Dampf- und Wasserrohrleitungen, Sprachrohre und elektrische Kabel werden gelegt.

Gleichzeitig werden außenbords die Panzerplatten angebracht und die Davits, Poller, Klampen, Geländer und Fallreepodeste eingebaut.

Auf den oberen Decks werden die Kommando- und Laufbrücken aufgebaut, Kommandotürme, Schornsteine, Masten und Kompass aufgestellt. Stengen, Gaffeln, Backspieren und Flaggstöcke werden angebracht und getakelt.

Das Schiff ist jetzt so weit fertiggestellt, daß die Geschütze an Bord übernommen und montiert werden können. Zur Konservierung und um ein gutes Aussehen zu erhalten, werden jetzt erneute Innen- und Außenbordsanstriche aufgebracht.

Probefahrten. Mit den Vorproben zur Abnahme des Schiffes wird dann begonnen und die Maschinen, Kessel, Wellen und Propeller, alle Hilfsmaschinen usw. durch eine Probefahrt auf der Stelle bei fest vertäutem Schiff ausprobiert, damit die Probefahrten in See ohne Unfälle und mit Sicherheit unternommen werden können.

Bei Handelsschiffen erfordern diese Erprobungen meist nur einen Tag. Bei Kriegsschiffen dagegen, wo sie u. a. auch mit dem Anschließen der Armierung verbunden sind, erstrecken sie sich oft auf Wochen oder gar Monate, namentlich bei neuartigen Typen. Erst dann kann das neue Schiff seinem Berufe übergeben werden.



SACHREGISTER.

- A.**
- Admiral Duilius 17
 Agamemnon 106
 Ägyptische Schiffe 5
 Alexandrine, die später den Namen „Phönix“ führte 61
 Altassyrisches Kriegsschiff 8
 Aluminium 71
 Amiral Duperré 101
 Anfangsstabilität 171
 Annäherungsformeln 135
 Annäherungsrechnungen
 Aquileja 19 [145]
 Arche 3
 Archimedes 13, 49, 96
 Archimedisches Prinzip 126
 Armbruste 13
 Aron Manby 48
 Arten der Niete 246
 Arten der Stabilität 171
 Athener 9
 Attila 19
 Auflanger 37
 Auftrieb 169
 Auguste Viktoria 77
 Außenhautbeplattung 258
 Außenhautfläche 130
 Auxiron 41
- B.**
- Baartzen 31
 Babylonische Schiffe 5
 Balken 37
 Barbette 102
 Bark 35
 Baummodell 237
 Bauteile des Schiffskörpers 130
 Bauvorschrift 207, 221, 224
 Bauvorschrift für Komposit-
 schiffe 73
 Bauvorschriften für eiserne
 Schiffe 73
 Bauvorschriften für Holz-
 schiffe 73
 Bauzeichnungen 116
 Bearbeitung im Feuer 68
 Beethoven 94
 Bell 45
 Bellerophon 99
 Benedetto Brin 106
- Beplankung 36
 Bergungsdampfer 88
 Bernoulli 41
 Besondere Typen 85
 Bessemer-Prozeß 67
 Bestimmung des Schwer-
 punkts 164
 Bewachsen des Bodens 39
 Bezeichnungen 120
 Binnenknie 36
 Bireme 10
 Blaues Band des Ozeans 78
 Blitz 70
 Blockmodell 237
 Bodenwrangen 37
 Bombardenfahrzeuge 34
 Bordasche Regel 145
 Borussia 62, 76
 Brandenburg 103
 Brandler 34
 Breite 117
 Breitenmetazentrum 172
 Breitseite 23
 Bremen 76
 Brigg 20, 34, 35
 Brunel 47, 52
 Brustwehrmonitor 100
 Brustwehrpanzerung 102
 Bruttoreingehalt 125, 225
 Bugspriet 36
 Bureau Veritas 73, 234
 Byzanz 19
- C.**
- Caledonia 46
 Camperdown 102
 Captain 99
 Charlotte Dundas 43
 Cincinnati 84
 Civetta 49
 Claremont 43
 Coles 99
 Colesche Türme 99
 Comet 45
 Compoundpanzer 109
 Congo 95
 Courbet 70
 Cunard-Dampfer 81
- D.**
- Dahabieh 7
 Dampfbagger 62
- Dampfergesellschaften 76
 Dampfjachten 95
 Dandolo 100
 Danzig 96
 Dauerhaftigkeit 39
 Decksbalken 37, 255
 Decks 37, 261
 Deckstützen 37, 257
 Defiance 46
 Displacement 116, 118
 Displacementsberechnung
 144, 150
 Displacementsschwerpunkt
 128, 141 ff., 170 ff.
 Displacementsskala 140
 Descharges 23
 Deutsches Material 66
 Deutschland 99, 106
 Dévastation (franz.) 99
 Devastation (engl.) 100
 Devrient 63
 Dias 26
 Die Dievenow 61
 Die Weser 58
 Doppelboden 57, 253
 Dreadnought (1876) 101
 Dreadnought (1906) 107
 Drehbare Geschütztürme 99
 Dreideckerlinienschiffe 33
 Dreiecksbesegelung 20
 Dreifache Expansion 70
 Drei Geschütze in einem
 Turm 108
 Dreischraubensystem 110
 Druckkörper 113
 Dschunke 3
 Duilio 100
 Dupuy de Lôme 96
 Dynamische Stabilität 171,
 191
- E.**
- Eigengewichte 129
 Einbaum 1
 Einführung der Dampf-
 maschine 41
 Einheitsmotor für U-Boote
 114
 Einhüllenboot 113
 Einrichtungszeichnungen
 223
 Einzelgewichte 127

Einzelkasematten 105
 Einzeltürme 105
 Eisenschiffbau 40—66
 Eisene oder stählerne
 Schiffskörper (Gewichte)
 69, 129
 Eisernes Segelschiff 49
 Elbe 76
 Elkano 27
 Englischer Lloyd 73
 Erbgroßherzog Friedrich
 Franz 63
 Erfindung des Walzens 41
 Ericsson, John 50
 Errechnung der Schwer-
 punkte 149
 Erste Dampfschiffahrts-
 gesellschaft 47
 Erste Dampfschiffe auf
 deutschen Flüssen 46
 Erster Dampfer auf dem
 Rhein 46
 Erster deutscher Dampfer
 58
 Erster eiserner Seedampfer
 60
 Erster eiserner transatlan-
 tischer Dampfer 51
 Erstes eisernes Schiff 41
 Erste stählerne Dampfer 67
 Erste stählerne Kriegsschiff-
 bauten 69
 Euler 41
 Explosionsmotoren 114

F.

Fellucke 24
 Festigkeit, größere eines
 Eisenschiffes 38
 Festigkeitsberechnung 207
 Festigkeitsberechnung des
 Ruders 218
 Feuersgefahr 72
 Fitch 41
 Flächeninhalt 158, 167
 Floßdeck 102
 Flußdampfer 89
 Flußbeisen 68
 Focke Gerdson 29
 Formgebung 132
 Formidable 105
 Frachtdampfer 85
 Frances Ogden 25, 33
 Fregatten 25, 33
 Freibord 119, 137
 Friedrich Carl 98
 Friedrich der Große 100
 Friedrich Wilhelm 59
 Fulton 43

Fulton the First 44, 95
 Fundamente 262
 Fünfmast 35, 94

G.

Galeassen 24
 Galeeren 19
 Gallion 36
 Gallione 24
 Galliot 24
 Gefechtsmast 100, 108
 Gemeinsame Kasematte 106
 George Washington 84
 Gerdson, Focke 29
 Germaniawerft 64
 Germanischer Lloyd 73, 234
 Germanische Schiffe 18
 Geschütze 22
 Geschützpforte 23
 Geschützter Kreuzer 111
 Geschwindigkeit des Schiffes
 123, 131, 205
 Getakeltes Linienschiff 99
 Gewicht 118
 Gewicht der Bemastung
 und Takelage 132
 Gewicht der Spanten 130
 Gewicht des Heizmaterials
 132
 Gewicht von Kesseln 130
 Gewicht von Maschinen 130
 Gewicht von Propellern 130
 Gewichtsberechnung 136
 Gewichtsparsnis 69
 Gleichgewichtslagen 170
 Gloire 97
 Göpel 18
 Graphische Darstellung 224
 Great Britain 48, 51
 Great Eastern 52
 Great Western 47
 Griechen 10
 Griechische und römische
 Schiffe 10
 Großer Kurfürst 100
 Größere Festigkeit eines
 Eisenschiffes 38.
 Großfürst Konstantin 63
 Größtes Schiff des Alter-
 tums 16
 Gürtelpanzer 268
 Gutehoffnungshütte 59

H.

Hamburg-Amerika-Linie 76
 Hamburg-Amerikanische
 Paketfahrt-Aktien-
 Gesellschaft 76
 Hammonia 76

Handelsschiffe 35
 Handelsschiffstypen 76
 Hansa (Städtebund) 28
 Hansa (Panzerschiff 1868)
 99
 Hansa-Kogge 30
 Harvey 109
 Hauptabmessungen 133
 Hauptspant 118
 Hauptspantzeichnung 224
 Helgen oder Helling 36, 116,
 241
 Herunterführung der Pan-
 zerdeckseiten 105
 Hiero, König 16
 Hintersteven 36, 250
 Hochsee- und Küsten-
 fischerei 95
 Höhe 118
 Holzschiffbau 36
 Holzvermeidung 109
 Hölzerne Schiffe (Gewichte)
 38, 70, 129
 Hudson-Dampfer 45
 Hydrostatik 126

I.

Idaho 106
 Iltis-Klasse 65
 Inflexible 101
 Integrationsmethode 145
 Integratoren 158
 Inventarien 127
 Iris 69
 Ironsides 49
 Italia 102

J.

Johann II. 26
 Johannsen 63
 John Ericsson 50
 Jouffroy 41

K.

Kabeldampfer, Kabelleger
 56, 88
 Kaiser 99
 Kaiserin Augusta 110
 Kaiser-Klasse 103
 Kajak 3
 Kalfatern 37
 Kanonenboote 34
 Kanonenjollen 34
 Kaperschiff 34
 Karavellen 25
 Karl V. 27
 Karthago 8
 Kaschima 107
 Kasemattschiffe 99

Katamarang 1
 Katapulte 13
 Katori 107
 Kearsarge 107
 Kentucky 107
 Kessel 124
 Kiel 36, 64, 247
 Kielschwein 247
 Kielstapel 36, 242
 Kimm 37
 Kimmkiele 248
 Klassifikation 234
 Klassifikationsgesellschaften 72, 233
 Klawitter 63
 Kleinartillerie 102
 Knoten 205
 Koeffizienten 149
 Kofferdeckdampfer 89
 Koggen 30
 Kolumbus 25
 Kompositbauart 65
 König Hiero 16
 König Wilhelm 98
 Königin Maria 59
 Königl. Preußische, später Norddeutsche Bundeswerft in Danzig 64, 99
 Konstruktion des Schiffskörpers 139
 Konstruktions - Wasserlinie 118
 Konstruktionszeichnung 221
 Konvoi 14
 Korkdamm 266
 Korvetten 25, 33
 Kostenanschlag 136
 Krängungsversuch 181
 Kraffelen 31
 Kreuzer 110
 Kreuzzüge 20
 Kriegsschiffe 1, 8
 Kriegsschiffstypen 95
 Kronprinz 98
 Kronprinzessin Cecilie 83
 Krupp 109
 Krupp-Panzer 109
 Kuffen 29
 Kutter 31, 34, 35

L.

Lady of the Lake 46
 Länge 117
 Längenmetazentrum 174
 Längsriß 221, 222
 Längsschnitt 135
 Längsspannen 255
 Längsverbände 57

Lanzierrohre 112
 Lastenmaßstab 138, 143
 Leckrechnung 203
 Leif 21
 Lepanto 102
 Liburnen 14
 Linienschiffe 25, 33, 97—110
 Lloyds Register of British and Foreign Shipping 73, 234
 Lord Nelson 106
 Lugger 35
 Lusitania 72, 81

M.

Magellan 27
 Majestic 105
 Maschinen 124
 Maschinengewicht 130, 131
 Maschinenleistung 120
 Materialabnahme 239
 Materialbeschaffung 238
 Materialeigenschaften 72
 Materialfarben 223
 Materialien 127
 Mauretania 81
 Medea 95
 Mehrreihige Schiffe 10
 Mercury 69
 Merrimac 100
 Meßbrief 125, 225
 Metazentrische Höhe 119, 180
 Metazentrische Kurve 178
 Metazentrum 119, 171
 Middendorfsche Formel 205
 Minimal-Freibord 72
 Misaphris 6
 Mississippi 106
 Mittelartillerie 102, 108
 Mittelschiffs- und Seitentürme 108
 Möller & Holberg 63
 Monarch 99
 Monere 12
 Monitor 99, 100
 Mörser 34
 Motoren 95

N.

Nachteile des Räderantriebs
 Napier 48 [51
 Napoléon 96
 Neigung des Schiffes 170
 Nettoraumgehalt 125, 225
 New Jersey 107
 Nickelstahlpanzer 109
 Nieten 245

Nina 25
 Nix 96
 Norddeutsche Schiffbau-gesellschaft 64
 Norddeutscher Lloyd 76
 Normannenfahrzeug 24
 Normannenschiffe 20
 Normannen und Venezianer 19
 Nützliche Zuladung 127, 128

O.

Oberdeck 37
 Oderwerke 63
 Oldenburg 99
 Ordinaten 149
 Orlog-Schiffe 29

P.

Panzer 97, 109, 266
 Panzerdeck 100, 266
 Panzerdeckkreuzer 111
 Panzerkreuzer 111
 Panzermaterial 109
 Panzerquerschotten 101
 Panzerschutz 266
 Papin 41
 Passagierfahrt 76
 Patricia 88
 Patterson 47
 Pentere 15
 Périer 41
 Periskope 114
 Perseverance 41
 Petroleummotoren 114
 Pfeil 70
 Pferdestärken 131
 Phönizier 8
 Phönizische Schiffe 5
 Pinne 24
 Pinta 25
 Portugiesen 25
 Postdampfer 83, 85
 Praktischer Schiffbau 116, 235
 Preußen (Fünfmastvollschiff) 92, 100
 Preußen (Panzerschiff 1873) 100
 Probefahrten 273
 Princeton 50, 96
 Prinz Albert 59
 Prinzessin Charlotte 58
 Propeller 49, 124
 Ptolemäos II. 16
 Puddelstahl 67
 Pumpendampfer 88
 Punische Kriege 12

Q.

Querschotte 49, 72, 257
Querspanten 254

R.

Räder 49
Ramme 22
Rattler 50, 96
Rechnungskurven 141
Redoutable 69
Reed 99
Regina Margherita 106
Registertonnen 125
Reiherstieg-Schiffswerft 63
Reine Unterseeboote 113
Ressel 49
Rettungsapparate 72
Rheindampfschiffahrt 59
Rheindampfschiffgesellschaft 59
Rickmers, R. C. 92
Riemen 11
Robert Fulton 43
Römer 15
Römische und griechische Schiffe 10
Royal Sovereign 105
Royal William 47
Ruder 10
Ruderblatt 24
Ruderpforten 6
Rumsey 41
Russell 52
Russisch-japanischer Krieg 107

S.

Sachsen-Klasse 101
Sächsisch-böhmische Dampfschiffahrtsgesellschaft 59
Salamander 96
Santa Maria 25
Sarazenen 19
Savannah 47
Schichau, 61, 112
Schiff 1
Schiffbaurohmateriale 129
Schiffbaustahl 68
Schiffbautechnische Begriffe und Bezeichnungen 117
Schiffbauwerkstatt 239
Schiffe, mehrreihige 10
Schiffsbleche 66
Schiffsgewicht 126
Schiffsklassifikation 233
Schiffskörper 36

Schiffskörpergewicht 116, 128
Schiffspläne 223
Schiffsregister 234
Schiffssumrisse 135
Schiffsvermessung 225
Schiffswiderstand 123
Schiffszeichnungen 220
Schildkrötdampfer 89
Schlacht bei Aktium 13
Schlacht bei Salamis 15
Schleppdampfer 95
Schleudermaschinen 13
Schlingern 188
Schlingerversuch 184
Schnelldampfer 76
Schnellfeuergeschütz 109
Schniggen 30
Schnitte 146
Schnürbodenarbeit 235
Schoner 20, 34, 35, 94
Schonerbark 35
Schonerbrigg 35
Schotte 49, 72, 257
Schraube 48, 49, 124
Schubert 60
Schweißen 244
Schweißschmiedeeisen 109
Schwerkraft 169
Sechsmasterschoner 94
Seeschlacht bei Mylae 17
Seeschlacht bei Salamis 9
Segeljachten 95
Segelschiffe 71, 91
Segelschiffstypen 35, 91
Sehrohre 114
Seitenhöhe 118
Senten 222
Siemens-Martin-Prozeß 68
Simpson'sche Regel 145, 146
Sirius 47
Smith 49
Sous-marins 113
Spanten 36, 146, 253
Spantenriß 221
Spantenskala 140
Spantintegralkurven 143
Splittergefahr 109
Sponung 36
Stabilität 119
Stabilitätsänderung 189
Stabilitätsberechnung 169
Stabilitätskurven 191
Stahlpanzer 109
Stahlschiffbau 67
Stampfen 189
Stapelklötze 36, 242
Stapellauf 269

Statistische Angaben 74
Statische Stabilität 171, 179
Statisches Moment 167
Steven 248
Stevens 49
Steuer 24
Straken 223
Strecken des Kiels 36
Stringer 262
Submersibles 113
Symington 42
Systemschwerpunkt 170

T.

Takelage 23
Tankdampfer 88
Tauchboote 113
Tauchtiefe 117
Tempête 69
Themistokles 9
Theoretischer Schiffbau 116
Theorie des Schiffes 116
The Queen 95
Thomas-Prozeß 67
Thukydides 9
Tiefenruder 114
Tiefertauchung 138
Tiefgang 118
Tjalks 30
Tonnenbojer 30
Tonnengehalt 125, 225
Tonnerre 69
Torpedo 112
Torpedoavisos 112
Torpedoboote 112
Torpedojäger 112
Torpedokanonenboote 112
Torpedokreuzer 112
Torpedozerstörer 112
Totes Gewicht 127
Trägheitsmoment 167, 174
Transatlantischer Dampferverkehr 47
Trapezregel 145
Triere 11, 12
Trimberechnung 201
Trimmoment 203
Turbinenantrieb 110
Turbinenmaschinen 108
Turmdeckdampfer 89

U.

Überseeische Fahrt 47
Unterseeboote 113
Unterseeische Fahrzeuge 113
Unterschlag 37
Unterwasserpanzerdeck 101
Unterwasserschutz 108, 109

V.		Vordersteven 36, 248	Whitehead 112
Vasco da Gama 26		Vorkehrungen gegen See- gefahr 72	Wickinger Fahrzeug 21
Venezianer und Normannen 19		Vulcan 61	Widerstandsberechnung 205
Verbundpanzer 109		Vulcan-Werft 78	Wilhelmshaven 64
Vergnügungsfahrzeuge 95		W.	Willem I. 60
Vermeidung des Holzes 109		Wampanoagklasse 64	Wippen 13
Vermessung 125		Warrior 98	Wittelsbach 105
Verrosten 39		Wasserdichte Schotten 49, 72, 257	Wood 45
Verschraubung 244		Wasserdichte Verschlüsse 263	Wurfmaschinen 13
Verstemmen 247		Wasserlinie 138, 146	Z.
Vier-, Fünf- und Sechs- mastschoner 94		Wasserlinienskala 142	Zentrale Munitionszufüh- rung 103
Viermastschiffe 35		Wasserlinienriß 221, 222	Zertifikate 234
Vier Schrauben 110		Wasserräder 18	Zitadelle 101
Vier- und Fünfmast-Bark- bzw. Vollschiße 35, 91		Wasserverdrängung 118, 125	Zweideckerlinienschiße 33
Völligkeitsgrad 119, 134		Wegerung 37	Zweietagige Türme 107
Vollschiff 35, 91		Weillantunnel 263	Zweihüllenboot 114
Volumen 118		Werkstätten 116, 239	Zwei Ruder 108
von der Tann 111			Zwei Schrauben 78
Vorbereitende Arbeiten 235			Zwischenordinaten 148.

ANHANG: TAFELN.

Tafel		
I. Längsschnitt zur Festigkeitsberechnung eines Torpedobootes.		
II, a. Querschnitt	"	"
II, b. Hauptspant zur Festigkeitsberechnung nach dem Germ. Lloyd.	"	"
III. Konstruktionszeichnung		
IV. Längsschnitt		}
V, 1. Stauungsplan und unteres Plattformdeck		
V, 2. Oberes Plattformdeck und Panzerdeck		
VI, 1. Oberdeck und Aufbaudeck		
VI, 2. Zwischendeck und Batteriedeck		
VII, 1. Obere Ansicht		
VII, 2. Querschnitte		
VII, 3. Hauptspant		
VIII, 1. Hauptspant eines Kleinen Kreuzers.		
VIII, 2. " " Großen Kreuzers.		
VIII, 3. " S. M. S. „Fürst Bismarck“.		} von S. M. S.
VIII, 4. " eines Handelsschiffes.		} „Deutschland“.
IX. Kurvenblatt		}
X, 1. Fundamente der Zylinderkessel		
X, 2. " " Wasserrohrkessel		
X, 3. " " Maschinen		
XI, 1. Außenhautabwicklung		} „Deutschland“.
XI, 2. Vorsteven		

Vom vorliegenden Werke ist bereits erschienen:

II. Teil: Kessel u. Hauptmaschine

Ihre geschichtliche Entwicklung, Theorie, Bauausführung sowie Behandlung in u. außer Betrieb

Von **B. Schulz**

Kaiserl. Marine-Oberbaurat im Reichs-Marineamt in Berlin

Mit 330 Abbildungen. [XII u. 530 S.] gr. 8. 1910. Geh. M. 14.—, in Leinwand geb. M. 15.—

Nach einer kurzen geschichtlichen Entwicklung über die verschiedenen Maschinen- und Kesselsysteme älterer Schiffe sind die wichtigsten in den maschinellen Betrieben sich abspielenden Vorgänge wie Verbrennungs- und Verdampfungsprozeß, die inneren Vorgänge im Dampfzylinder, die Vorgänge in den äußeren Teilen der Dampfmaschine, die den Wirkungsgrad von Kessel und Maschine beeinflussenden Momente usw. beschrieben. Den umfangreichsten Abschnitt des vorliegenden Werkes bildet die Beschreibung, Konstruktion und der Bau der modernen Maschinen- und Kesselsysteme. Besonders eingehend sind dabei behandelt die an Bord von Kriegsschiffen eingeführten Wasserrohrkessel, der künstliche Zug, die Ölfeuerung, die rauchlose Verbrennung, die Einführung von Überhitzern im Schiffsbetriebe, die Untersuchungen über Schiffswiderstand und Schiffsvibrationen, über Kondensatoren, Pumpen und Schraubenpropeller; vor allem ist auch bereits die Dampfturbine als Schiffsmotor berücksichtigt.

Zum Schluß ist auf die Behandlung von Kessel und Hauptmaschine in und außer Betrieb eingegangen.

Inhaltsverzeichnis des II. Teiles:

I. Schiffskessel. A. Geschichtliche Entwicklung. B. Theorie des Kessels. 1. Die Verbrennung. 2. Die Verdampfung. C. Beschreibung der modernen Schiffskesseltypen. 1. Feuerrohrkessel. 2. Wasserrohrkessel. D. Konstruktion und Bau der wichtigsten Kesselteile. E. Behandlung des Kessels in und außer Betrieb. — II. Schiffsmaschinen. A. Geschichtliche Entwicklung der Maschinentypen. 1. Radschiffsmaschinen. 2. Schraubenschiffsmaschinen. 3. Reaktionsmaschinen. 4. Entwicklung der modernen Kolbensschiffsmaschinen. B. Theorie der Kolbendampfmaschine. 1. Die inneren Vorgänge im Dampfzylinder.

2. Die Vorgänge in den äußeren Teilen der Dampfmaschine. 3. Bestimmung der Maschinekraft aus dem Schiffswiderstand. 4. Beziehungen zwischen Schiffswiderstand, Maschinenleistung, Kohlenverbrauch, Geschwindigkeit und Aktionsradius. C. Konstruktion und Bau der wichtigsten Maschinenteile. 1. Der Dampfzylinder. 2. Die Übertragungsteile. 3. Die festen Verbindungen zwischen Zylinder und Kurbelwelle. 4. Die innere Steuerung. 5. Die äußere und Expansionssteuerung. 6. Der Kondensator. 7. Die Pumpen. 8. Der Propeller. D. Die Schiffsdampfturbine. E. Behandlung der Hauptmaschine in und außer Betrieb.

III. Teil: Hilfsmaschinen

Von Dr. Rudolf Blochmann. [In Vorbereitung.]

Eisenschiffbau. Von Professor Ernst Müller, Diplom-Schiffbau-Ingenieur, Oberlehrer am Technikum der freien Hansestadt Bremen, Lehrer für Schiffbau an der Seefahrtsschule zu Bremen. Mit 420 Abbildungen und 1 Tafel. 1910. Geh. M. 6.50, in Leinwand geb. M. 7.50.

„... Ein Schatz von zahllosen Konstruktionsskizzen, die fast für jedes Schiffsdetail musterhafte Beispiele geben, bildet nach der mehr theoretischen Einleitung den Hauptinhalt des Werkes. Der erklärende Text, der Kritik und Belehrung vereinigt, ist von anmutender Knappheit und bester Konzentration. Für Schiffbauschulen jedes Grades, für den Techniker und jeden Marineur, auch für Spezialisten dieses Gebietes wird das Buch einen nicht nur orientierenden Wert haben. Dem gediegenen Inhalt entspricht auch die vornehme äußere Erscheinung, die der Verlag dieser guten Publikation gegeben hat.“
(*Österreichische Polytechnische Zeitschrift.*)

Bau der Dampfturbinen. Von Dr. Alfred Musil. Mit zahlreichen Abbildungen. 1904. In Leinwand geb. M. 8.—

„Unter den zahlreichen neueren Publikationen über Dampfturbinen hat bisher ein Werk gefehlt, welches es ermöglichte, sich auf dem Gebiete des Dampfturbinenbaues einigermaßen rasch orientieren zu können. Diese Lücke füllt das vorliegende Buch in recht gut gelungener Weise aus. Der Verfasser behandelt in acht Abschnitten die Dampfturbinensysteme im allgemeinen, die Vorgänge in den Dampfzügen sowie die konstruktiven Ausführungen der Laval-, Parsons-, Zoelly-, Riedler-Stumpf-, Curtis- und Rateau-Turbinen. Das 233 Seiten starke Buch ist durch 102 sehr gute und deutliche Figuren illustriert und von der Verlagsbuchhandlung recht gefällig ausgestattet. Es sei hiermit allen Fachgenossen wärmstens empfohlen.“
(*Zeitschr. d. Österr. Ingen.- u. Architekten-Vereins.*)

Die Dampfmaschine (einschließl. der Dampfturbine) und Gas- u. Ölmaschinen. Von Dr. John Perry, Professor der Mechanik und Mathematik am Royal College of Science in London. Autorisierte, erweiterte deutsche Bearbeitung von Dr.-Ing. Hermann Meuth, Bauinspektor, Mitglied der Kgl. Würt. Zentralstelle für Gewerbe u. Handel in Stuttgart. Mit 350 Figuren und 1 Wärmetafel. 1909. In Leinwand geb. M. 22.—

Dieses Buch des bekannten englischen Verfassers unterscheidet sich in der Behandlung des Stoffes wesentlich von den vorhandenen deutschen Büchern des gleichen Fachgebietes. Sein Zweck ist rein didaktischer Natur, und zwar verfolgt der Verfasser durch das ganze Buch hindurch das Ziel, den Studierenden zu einer richtigen Anwendung der physikalischen und mechanischen Grundlagen auf die Theorie der Wärmekraftmaschinen anzuleiten. Die Bearbeitung zahlreicher Aufgaben und Versuchsergebnisse sollen den Studierenden zu richtigen zahlenmäßigen Vorstellungen und zum Verständnis der gesetzmäßigen Beziehungen führen. Eine große Zahl von Figuren illustriert in besonders anschaulichen Darstellungen die Bauformen und Einzelheiten der Maschinen.

„Die Ausführungen werden erläutert durch etwa 350 Skizzen, Figuren und Konstruktionszeichnungen, die nach ihrer Auswahl auch geeignet sind, den Physiker leicht in die Lehre der Wärmekraftmaschinen einzuführen. Sehr wertvoll sind die zahlreichen Aufgaben, die durchweg der Praxis entnommen sind. Für das Studium ist das Werk in der Bearbeitung von H. Meuth jedenfalls sehr zu empfehlen.“

(*Beiblätter zu den Annalen der Physik.*)

Die Kraftmaschinen. Von Dr. K. Schreiber, Privatdozent an der Universität Greifswald. Eine Einführung in die allgemeine Maschinenkunde. 2. wohlfeile Ausgabe. Mit 56 Abbildungen im Text und auf 1 Tafel. 1907. Geh. M. 3.60, in Leinwand geb. M. 4.20.

„Es ist das Verdienst des Verfassers, zum ersten Male eine für den gebildeten Nichtfachmann berechnete Darstellung der Theorie und Wirkungsweise aller gebräuchlichen Kraftmaschinen in ihrer modernen Konstruktion gegeben zu haben. Der Schwerpunkt des Buches liegt auf theoretischem Gebiet, während es dem Verfasser nicht darum zu tun war, konstruktive Durchbildungen der Maschinen mitzuteilen, weil solche lediglich für den Fachmann von Interesse sind und diesem ausführlichere Werke zur Verfügung stehen. Die Darstellungsweise ist keineswegs populär, sondern streng wissenschaftlich.“ (Lit. Centrabl.)

Angewandte Mechanik. Von John Perry, F. R. S. Ein Lehrbuch für Studierende, die Versuche anstellen und numerische und graphische Beispiele durcharbeiten wollen. Berechtigte deutsche Übersetzung von Ingenieur Rudolf Schick in Köln. Mit 371 Figuren. 1908. In Leinwand geb. M. 18.—

„Aus diesem Werke spricht ein Lehrer allerersten Ranges, der ausgedehnte Kenntnisse mit vollendeter Lehrkunst vereinigt. Er hat aus dem großen Wissensgebiete der technischen Mechanik viele hundert Beispiele zusammengetragen, an welchen er die Grundgesetze anschaulich erläutert, und damit ein echtes Lehrbuch geschaffen, dessen Übersetzung sich bald zahlreiche Freunde erwerben wird. Alle Darlegungen sind unmittelbar auf den praktischen Gebrauch zugeschnitten, und der mathematische Apparat ist in möglichst engen Grenzen gehalten; vorausgesetzt wird lediglich die Kenntnis der niederen Analysis.“
(*Literarisches Zentralblatt.*)

Höhere Analysis für Ingenieure. Von Dr. John Perry F. R. S., Professor am Royal College of Science zu London. Autorisierte deutsche Bearbeitung von Dr. Robert Fricke, Professor an der Technischen Hochschule zu Braunschweig, und Fritz Süchting, Ingenieur, Direktor des Elektrizitätswerkes Bremen. 2. Auflage. Mit 106 Figuren. 1910. In Leinwand geb. *M.* 13.—

Das Werk soll sowohl den Studierenden an den technischen Hochschulen zur Vorbereitung oder Ergänzung der mathematischen Vorlesungen dienen als auch dem praktischen Ingenieur in Fällen, wo ihn seine mathematische Bildung im Stiche zu lassen droht. Die Bedeutung des Buches liegt darin, daß der Verfasser Ingenieur ist und dementsprechend die mathematischen Begriffsbildungen fortgesetzt in die Sprache und Vorstellungswelt des Ingenieurs einzukleiden befähigt ist, daß er aber andererseits die richtige Würdigung der Mathematik in ihrer Bedeutung für die technischen Wissenschaften besitzt.

„Für Ingenieure und Physiker, die die Mathematik als Hilfswissenschaft betreiben, ist es eine der besten Einführungen in die höhere Analysis, die wir besitzen... Auch den Lehrenden bietet das originelle Werk viel Anregung. Die deutschen Bearbeiter, die es schon bei der ersten Auflage verstanden haben, das Buch dem deutschen Geschmack und den deutschen Bedürfnissen anzupassen, ohne seiner wundervollen Individualität zu nahe zu treten, haben diesen Gesichtspunkt auch bei der zweiten Auflage walten lassen.“

(Sonderdruck aus „Archiv der Mathematik und Physik“.)

Über die Theorie des Kreisels. Von F. Klein und A. Sommerfeld. 4 Hefte. gr. 8. I. Heft. Die kinematischen und geophysikalischen Anwendungen. 1903. Geh. *M.* 9.—, geb. *M.* 10.—. IV. Heft. Die technischen Anwendungen der Kreiseltheorie. 1910. Geh. *M.* 8.—, geb. *M.* 9.—

„... In klarer und, soweit bei diesem Stoff überhaupt möglich, auch anschaulicher Weise sind zuerst allgemeine Auseinandersetzungen über Stabilisierung gegeben und dann die einzelnen Anwendungen besprochen, u. a. die Kreiselwirkungen bei Schnellbahnen, der Geradlaufapparat der Torpedos, der Schliecksche Schiffskreisel, der Kreiselkompaß, die Stabilität des Fahrrades sowie einige Bemerkungen über Einschienenbahnen, die Stabilisierung von Flugzeugen und die Kreiselwirkungen bei Geschossen. Die wichtigeren dieser Anwendungen sind in theoretischer wie praktischer Beziehung eingehend und überaus klar auseinandergesetzt, wobei noch besonders anerkannt werden soll, daß überall auf die Grenzen der Gültigkeit der Formeln und auf die zu ihrer Herleitung erforderlichen Vernachlässigungen hingewiesen ist und der entstehende Fehler wenigstens seinem Sinne nach angegeben wurde, wenn seine Größe sich nicht abschätzen ließ. Die Diskussion der Differentialgleichungen für den Schiffskreisel soll als Beispiel einer eleganten Behandlung, einer eingehend durchgearbeiteten Aufgabe, sowie der Abschnitt über Ballistik als Beispiel einer vorzüglichen Klärung eines noch nicht gelösten Problems hervorgehoben werden.“ (Dinglers Polytechn. Journ.)

Technische Statik. Vorlesungen über die Theorie der Tragkonstruktionen von A. Ostefeld, Professor an der Technischen Hochschule zu Kopenhagen. Deutsche Ausgabe von D. Skouge. 1904. Geb. *M.* 12.—

Das Werk trägt seinem Inhalt und seiner Behandlung des Stoffes nach — die in der Regel sowohl zeichnerisch wie rechnerisch durchgeführt ist — den Bedürfnissen von Hörern an technischen Hochschulen sowie von Ingenieuren der Praxis Rechnung. Dabei werden die allgemeine technische Elastizitätslehre sowie die ersten Elemente der graphischen Statik als bekannt vorausgesetzt.

Nach Vorausschickung dreier einleitender Abschnitte, in denen die Eigenschaften und Anwendungen der Einflußlinien sowie die einfach unterstützten vollwandigen Träger und Fachwerkbalken bei ruhender und beweglicher Belastung behandelt werden, wird im vierten Abschnitt die allgemeine Theorie der Tragkonstruktionen einheitlich — für statisch bestimmte und unbestimmte Systeme — mit Hilfe der virtuellen Verschiebungen aufgebaut. Ein fünfter Abschnitt gibt das Wesentlichste über die verschiedenen Fachwerkformen, wobei auch die in den letzten Jahren entstandenen Formen, K-Fachwerk, halbe Diagonalen, behandelt werden.

Vorlesungen über technische Mechanik. In 6 Bänden. Von Dr. August Föppl, Professor der Mechanik und Vorstand des Mechan.-Techn. Laboratoriums an der Techn. Hochschule in München. I. Band. Einführung in die Mechanik. 4. Aufl. Mit 104 Figuren. 1911. *M.* 10.—. II. Band. Graphische Statik. 3. Aufl. 1912. Mit 209 Fig. *M.* 8.—. III. Band. Festigkeitslehre. 4. Auflage. Mit 86 Figuren. 1909. *M.* 10.—. IV. Band. Dynamik. 3. Aufl. Mit 71 Figuren. 1909. *M.* 10.—. V. Band. Die wichtigsten Lehren der höheren Elastizitätstheorie. Mit 44 Figuren. 1907. *M.* 10.—. VI. Band. Die wichtigsten Lehren der höheren Dynamik. Mit 30 Figuren. 1910. *M.* 12.—.

„Föppl versteht die Kunst, mit klaren und interessanten Worten, gestützt auf geistreich gewählte Beispiele, auseinanderzusetzen, was die Formel kurz aber trocken zusammenfaßt. Man gewinnt daraus auf die angenehmste Art Einsichten, die sich sonst hinter langen Formelentwicklungen verbergen. Die Auseinandersetzungen werden bei Föppl zwar äußerlich länger als in der knappen Formelsprache anderer Bücher, die zum Verständnis nötige Zeit wird aber kürzer. Das sind Vorzüge, die für den Praktiker schwerer ins Gewicht fallen, als die bei früheren Auflagen aus mathematischen Kreisen geäußerten Bedenken gegen die Korrektheit mancher Entwicklungen.“ (Elektrotechnische Zeitschrift.)

E. Grimsehl: Lehrbuch der Physik. Zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium. 2., vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 1296 Figuren, 2 farbigen Tafeln und Tabellen physikalischer Konstanten und Zahlentabellen. 1911. Geh. *M.* 15.—, in Leinwand geb. *M.* 16.—

„... Jeder, der die zweite Auflage mit der ersten vergleicht, wird dem Verfasser Dank wissen, daß er sich dieser großen Arbeit unterzogen hat, die sich schon äußerlich danach abschätzen läßt, daß das Buch über 200 Seiten stärker geworden ist. Eine ganze Reihe von physikalischen Apparaten, die eine wertvolle Bereicherung des Unterrichts bedeuten, sind inzwischen wieder von Professor Grimsehl neu konstruiert worden und treten in diesem Buche zum erstenmal an die Öffentlichkeit. Die Art der Darstellung hat insofern eine Änderung erfahren, als elementare Abteilungen vielfach in Wegfall gekommen sind und dafür von Differential- und Integralrechnung reichlicher Gebrauch gemacht wird. Das Buch hat dadurch entschieden noch gewonnen. Trotz der Benutzung dieser Rechnungsarten kann außer dem Fachmann und dem Studenten auch der gebildete Laie mit Vorteil das Buch in die Hand nehmen, wenn er in das Wesen physikalischer Forschung und Lehre eindringen will...“
(Hamburger Nachrichten.)

Die elementare Mechanik. Ein Lehrbuch. Enthaltend: Eine Begründung der Systeme starrer Körper; die synthetischen und die Elemente der analytischen Methoden, sowie eine Einführung in die Prinzipien der Mechanik deformierbarer Systeme. Von Georg Hamel, Professor an der Deutschen Technischen Hochschule zu Brünn. Mit 265 Figuren. 1912. Geh. *M.* 16.—, in Leinwand geb. *M.* 18.—

Das Buch enthält die Grundlagen einer allgemeinen Mechanik sowie die Stereomechanik, hingegen nicht die Mechanik der deformierbaren Körper. Behandelt es auch in seinen Beispielen hauptsächlich technische Probleme, so ist es doch keine eigentliche technische Mechanik, sondern hat vor allem eine Darstellung der allgemeinen Mechanik zum Ziel. Der erste Abschnitt entwickelt ausführlich den kinetischen Kraftbegriff, der zweite enthält die Statik, der dritte baut die allgemeine Mechanik auf die Theorie der Volumelemente auf und geht in die Systemmechanik bis zu den Lagrangeschen Gleichungen. Die beiden letzten Paragraphen zeigen, wie sich die Begründung der Mechanik deformierbarer Körper an die allgemeinen Grundlagen anschließt.

Die Mechanik. Eine Einführung mit einem metaphysischen Nachwort. Von Prof. L. Tesar. Mit 111 Fig. Geh. *M.* 3.20, in Leinw. geb. *M.* 4.—

„Das Buch ist anregend geschrieben, was bei der sonst recht trockenen Materie der Mechanik doppelt wertvoll ist. Der Verfasser trachtet stets darnach, die mechanischen Sätze so sehr wie möglich an wirklichen Vorgängen zu erläutern, und reizt dadurch den Leser, auch nach Weglegen des Buches andere alltägliche Vorgänge zu betrachten und vom Standpunkte der Mechanik aus zu beurteilen. Das Buch kann in folgedessen allen denen empfohlen werden, die, mit dem Werkzeug der elementaren Mathematik ausgerüstet, in die Tiefen der Mechanik eindringen wollen.“
(Glückauf.)

Grundlagen der Theorie und des Baues der Wärmekraftmaschinen. Aus dem Englischen von Dr. Alfred Musil, Professor an der k. k. Deutschen Technischen Hochschule zu Brünn. Zugleich autorisierte, erweiterte deutsche Ausgabe des Werkes „The steam-engine and other heat-engines“ von J. A. Ewing, Professor an der Universität Cambridge. Mit 302 Figuren. 1902. In Leinw. geb. *M.* 20.—

„... Somit haben wir ein Werk von seltener Vollständigkeit und Abrundung vor uns, welches nicht nur dem angehenden Ingenieur, sondern auch jedem mit einigen physikalischen Kenntnissen ausgerüsteten Gebildeten warm empfohlen werden kann. Insbesondere dürfen dieses Buch solche Physiker und Mathematiker begrüßen, welche den Anwendungen mit Rücksicht auf spätere Lehrtätigkeit an technischen Anstalten ihre Aufmerksamkeit zuwenden.“
(Archiv für Mathematik und Physik.)

Die Theorie der Mehrstoffdampfmaschinen. Untersuchung der Frage: „Ist Wasser die vorteilhafteste Flüssigkeit zum Betriebe von Dampfmaschinen?“ und Bearbeitung der auf diese Frage sich ergebenden Antworten. Von Dr. K. Schreiber, Privatdozent an der Universität Greifswald. Mit 12 Zeichnungen. 1903. Geh. *M.* 3.60, in Leinwand geb. *M.* 4.20.

Die Theorie der Dampfmaschinen hat seit einer Reihe von Jahren keine eigentlichen Fortschritte gemacht. Die sämtlichen Arbeiten der Theoretiker beschränkten sich auf den Ausbau der von Hirn und Zeuner gegebenen Arbeiten. So ist es gekommen, daß die so sehr viel jüngeren Gasmotoren nahe daran sind, die Dampfmaschinen zu überflügeln, sowohl was die Ausbildung der Theorie anbelangt, als auch in bezug auf die Ausnutzung der Brennstoffe. Dieses Stocken in der Theorie der Dampfmaschinen liegt daran, daß man sich ausschließlich an Wasserdampfmaschinen gehalten hat. Ein Fortschritt in der Ausnutzung der Brennstoffe durch Dampfmaschinen kann nur durch den Übergang zu Mehrstoffmaschinen erreicht werden. Im vorliegenden Buch wird nun nachgewiesen, wie man die geeignetste Flüssigkeit auswählt und welches die dadurch erreichbaren Vorteile sind.

Mathematisch-physikalische Schriften für Ingenieure und Studierende

Herausgegeben von E. Jahnke.

In Bänden zu 6—8 Bogen. 8.

Die Sammlung setzt sich zum Ziel, kurze Darstellungen zu bieten, welche für ein engbegrenztes Gebiet die mathematischen Methoden einfach und leichtfaßlich ableiten und deren Verwendbarkeit in den einzelnen Teilen von Physik und Technik aufdecken. Dabei ist Vollständigkeit der Beweisführung nicht erstrebt, vielmehr wird besonderer Wert darauf gelegt, Dinge, die für die Anwendungen von Wichtigkeit sind, nicht zugunsten wissenschaftlicher Strenge zurücktreten zu lassen. Die Darstellung der einzelnen Gebiete ist so gehalten, daß jede ein abgeschlossenes Ganzes für sich bildet.

- I. Einführung in die Theorie des Magnetismus. Von Dr. R. Gans, Professor an der Universität Tübingen. Mit 40 Fig. [VI u. 110 S.] 1908. Steif geh. M. 2.40, in Leinw. geb. M. 2.80.
- II. Elektromagnetische Ausgleichsvorgänge in Freileitungen und Kabeln. Von K. W. Wagner, Ingenieur in Charlottenburg. Mit 23 Figuren. [IV u. 109 S.] 1908. Steif geh. M. 2.40, in Leinwand geb. M. 2.80.
- III. Einführung in die Maxwell'sche Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. Von Dr. Cl. Schaefer, Privatdozent an der Universität Breslau. Mit Bildnis J. C. Maxwell's und 32 Figuren. [VIII u. 174 S.] 1908. Steif geh. M. 3.40, in Leinwand geb. M. 3.80.
- IV. Die Theorie der Besselschen Funktionen. Von Dr. P. Schafheitlin, Professor am Sophien-Realgymnasium zu Berlin. Mit 1 Figurentafel. [V u. 129 S.] 1908. Steif geh. M. 2.80, in Leinwand geb. M. 3.20.
- V. Funktionentafeln mit Formeln und Kurven. Von Dr. E. Jahnke, Professor an der Kgl. Bergakademie zu Berlin, und F. Emde, Ingenieur in Berlin. Mit 53 Figuren. [XII u. 176 S.] gr. 8. 1909. In Leinwand geb. M. 6.—
- VI. I. u. 2. Die Vektoranalysis und ihre Anwendung in der theoretischen Physik. Von Dr. W. v. Ignatowski in Berlin. In 2 Teilen.
I. Teil. Die Vektoranalysis. Mit 27 Figuren. [VIII u. 112 S.] 1909. Steif geh. M. 2.60, in Leinwand geb. M. 3.—
II. — Anwendung der Vektoranalysis in der theoretischen Physik. Mit 14 Figuren. [IV u. 123 S.] 1910. Steif geh. M. 2.60, in Leinwand geb. M. 3.—
- VII. Theorie der Kräftepläne. Von Dr. H. E. Timerding, Professor an der Technischen Hochschule zu Braunschweig. Mit 46 Figuren. [VI u. 99 S.] 1910. Steif geh. M. 2.60, in Leinwand geb. M. 3.—
- VIII. Mathematische Theorie der astronomischen Finsternisse. Von Dr. P. Schwahn, Direktor der Gesellschaft und Sternwarte „Urania“ in Berlin. Mit 20 Fig. [VI u. 128 S.] 8. 1910. Steif geh. M. 3.20, in Leinwand geb. M. 3.60.
- IX. Die Determinanten. Von Geh. Hofrat Dr. E. Netto, Professor an der Universität Gießen. [VI u. 130 S.] 8. 1910. Steif geh. M. 3.20, in Leinwand geb. M. 3.60.
- X. I. Einführung in die kinetische Theorie der Gase. Von Dr. A. Byk, Privatdozent an der Universität und der Technischen Hochschule zu Berlin. 2 Teile.
I. Teil: Die idealen Gase. Mit 14 Figuren. [V u. 102 S.] 1910. Steif geh. M. 2.80, in Leinwand geb. M. 3.20.
- XI. I. Grundzüge der mathematisch-physikalischen Akustik. Von Dr. A. Kalähne, Professor an der Technischen Hochschule zu Danzig. 2 Teile.
I. Teil: [VII u. 144 S.] 1910. Steif geh. M. 3.20, in Leinwand geb. M. 3.60. II. Teil in Vorb.
- XII. Die Theorie der Wechselströme. Von Professor Dr. E. Orlich, Mitglied der physikalisch-technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg. Mit 37 Figuren. [IV u. 94 S.] 1912. Steif geh. M. 2.40, in Leinwand geb. M. 2.80.
- XIII. Theorie der elliptischen Funktionen. Von Dr. Martin Krause unter Mitwirkung von Dr. Emil Naelsch, Professoren an der Technischen Hochschule zu Dresden. Mit 25 Figuren. [VII u. 186 S.] 1912. Steif geh. M. 3.60, in Leinwand geb. M. 4.—
- XIV. Konforme Abbildung. Von weil. Oberlehrer Leo Lewent. Herausg. von Prof. Eugen Jahnke. Mit einem Beitrag von Dr. Wilh. Blaschke, Privatdozent an der Universität Greifswald. Mit 40 Abbildungen. [VI u. 118 S.] 1912. Steif geh. M. 2.80, in Leinw. geb. M. 3.20.

In Vorbereitung bzw. unter der Presse (*) befinden sich zunächst folgende weitere Bändchen:

Debye, die Randwertaufgaben i. d. theor. Physik.
*Galle, die mathematischen Instrumente.
Gans, Potentialtheorie.
Goldhammer, Dispersion und Absorption des Lichtes.
Grübler, Getriebelehre.
Grüneisen, Schwingungsprobleme.
v. Karman, Festigkeitsprobleme der modernen Maschinenteknik.
Krüger, Thermoelktrizität.
Lichtenstein, über Berechnung spezieller elektrischer und magnetischer Felder. (2 Teile.)
Marcolongo, Einführung in die Elastizitätstheorie. (2 Teile.)

Matschoß, aus der Berufsgeschichte des Ingenieurs an Hand seiner Werke.
v. Mises, technische Hydromechanik. (2 Teile.)
Möller, Grundlagen d. Zeit- u. Ortsbestimmungen.
Rogowski, die Streuung des Transformators.
Rothe, die Fourierschen Reihen.
— die partiellen Differentialgleichungen.
Rüdenberg, elektromagn. Schwingungen.
Rümelin, Theorie der Ionisation der Gase. (2 Teile.)
Schering, Seismik.
Sumec, die Wechselstrommotoren.
Timpe, ausgewählte Spannungsprobleme des Bauingenieurs.

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25

Nautik: Dir. Dr. J. Möller. Mit 58 Figuren. (Bd. 255.)

Die Funkentelegraphie: Oberpostpraktikant H. Thurn. Mit 53 Illustrationen. (Bd. 167.)

Am laufenden Webstuhl der Zeit: Prof. Dr. W. Launhardt. 3. Aufl. Mit 16 Abbildungen. (Bd. 23.)

Bilder aus der Ingenieurtechnik: Baurat K. Merdel. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 60.)

Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit: Baurat K. Merdel. 2. Aufl. Mit 55 Abbildungen. (Bd. 28.)

Das Eisenhüttenwesen: Geh. Bergrat Prof. Dr. H. Wedding. 3. Aufl. Mit 15 Figuren. (Bd. 20.)

Die Metalle: Prof. Dr. K. Scheid. 2. Aufl. Mit 16 Abbildungen. (Bd. 29.)

Mechanik: Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Jhering. 3 Bände. (Bd. 303/305.)

Band I: Die Mechanik der festen Körper. Mit 61 Abbildungen. (Bd. 303.)

Band II: Die Mechanik der flüssigen Körper. (In Vorbereitung.) (Bd. 304.)

Band III: Die Mechanik der gasförmigen Körper. (In Vorbereitung.) (Bd. 305.)

Maschinenelemente: Prof. R. Vater. Mit 184 Abbildungen. (Bd. 301.)

Hebezeuge: Prof. R. Vater. Mit 67 Abbildungen. (Bd. 196.)

Dampf und Dampfmaschine: Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 45 Abbildungen. (Bd. 63.)

Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen (Gasmaschinen): Prof. R. Vater. 3. Aufl. Mit 33 Abbildungen. (Bd. 21.)

Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen: Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 48 Abbildungen. (Bd. 86.)

Die Wasserkraftmaschinen und die Ausnützung der Wasserkräfte: Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Jhering. Mit 73 Figuren. (Bd. 228.)

Grundlagen der Elektrotechnik: Dr. R. Blochmann. Mit 128 Abbildungen. (Bd. 168.)

Die Beleuchtungsarten der Gegenwart: Dr. W. Brusch. Mit 155 Abbildungen. (Bd. 108.)

Heizung und Lüftung: Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abbildungen. (Bd. 241.)

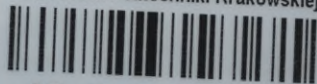
Industrielle Feuerungsanlagen und Dampfkessel: Ingenieur J. E. Mayer. (Bd. 348.)

Deutsche Schifffahrt und Schifffahrtspolitik der Gegenwart: Prof. Dr. K. Thieß. (Bd. 169.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351668

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299055