



43 23849

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299572

x  
679/1



Leitfaden  
für den  
Unterricht im Schiffbau.

Herausgegeben  
von der  
Inspektion des Bildungswesens der Marine.



*F. Nr. 24508*

Erster und zweiter Theil.  
Theoretischer und praktischer Schiffbau.

Mit 133 Abbildungen im Text und auf 24 Steindrucktafeln.

Berlin 1902.

Ernst Siegfried Mittler und Sohn  
Königliche Hofbuchhandlung  
Kochstraße 68-71.

*5.34*  
*72*

*62.32*



117769

---

Alle Rechte aus dem Gesetze vom 19. Juni 1901  
sowie das Uebersetzungsrecht sind vorbehalten.

---

Akc. Nr. 5087/51

## V o r w o r t.

Der Leitfaden ist zunächst für den Unterricht im Schiffbau an der Marineschule verfaßt. Er bezweckt, diesen einheitlich und gleichmäßig zu gestalten, und ermöglicht zugleich, das sehr zeitraubende Diktiren des Vortrages einzuschränken, so daß mehr Zeit für den Vortrag selbst und für Repetitionen übrig bleibt.

Obgleich der Lehrer an vielen Stellen des Leitfadens erläuternder Erklärungen und ergänzender Diktate nicht wird entbehren können, weil sonst das Buch zu einem Lehrbuch, nicht zu einem Leitfaden geworden wäre, ist doch sein Inhalt etwas reicher gehalten, als die Vorschriften für den Unterricht bestimmen. Die Erweiterungen sind besonders im theoretischen Theile gemacht, um systematischer unterrichten, auch den theoretischen Stoff besser einprägen zu können, als nur durch den mündlichen Vortrag geschehen kann. Weiter soll der Leitfaden dem Schüler auch nach Verlassen der Schule als Nachschlagebuch und zum weiteren Studium im Schiffbau dienen.

Auch soll er dem Erinnerungsvermögen der Schüler bei den Repetitionen, besonders für die Prüfungen, zu Hülfe kommen, damit ihnen durch seinen Inhalt der Vortrag des Lehrers wieder ins Gedächtniß zurückgerufen wird. Dies ist bei den zahlreichen Lehrgegenständen, deren Unterricht auf der Marineschule innerhalb eines Jahres zusammengedrängt werden muß, nothwendig, damit die Schüler das im Unterricht in schneller Hintereinanderfolge mit anderen Disziplinen Vorgetragene geistig verarbeiten können.

Das Werk ist ferner in der Hoffnung geschrieben, daß es neben seinem eigentlichen Zwecke, dem Unterrichte im Schiffbau an der Marineschule als Leitfaden zu dienen, auch noch als Lehr- und Handbuch eine Lücke in der Litteratur der Schiffbauwissenschaft und Schiffbaukunde auszufüllen berufen ist.

Die vorhandenen Lehr- und Handbücher, die, der Neuzeit entsprechend umgearbeitet, nur in sehr geringer Zahl vorhanden sind, dienen bestimmten Sonderzwecken und umfassen meist nicht das ganze Gebiet des Schiffbaues oder setzen so eingehende Kenntnisse der Schiffbauwissenschaft voraus, daß sie nicht allgemein oder ohne Weiteres für Laien oder solche, die sich dem Schiffbaustudium zu widmen beginnen, brauchbar sind.

Es giebt außer den Schiffbauern von Beruf in Deutschland eine große Zahl Personen, die mit Schiffbau, Schifffahrt und Marine in sehr engen Beziehungen stehen (und ihre Zahl ist in stetem Wachsen begriffen), für welche eingehende Kenntnisse der Grundsätze der Schiffbauwissenschaft und des Schiffbaues wünschenswerth sind, welche sie in den vorhandenen Werken nicht oder nur theilweise finden.

Der Verfasser ist bemüht gewesen, im Buche eine allgemein und leicht verständliche Sprache zu führen und alle mathematische Behandlung des Stoffes so einfach als möglich zu gestalten. Außerdem ist versucht worden, das ganze Gebiet der Schiffbauwissenschaft und des Schiffbaues in logischer Folge aneinander zu reihen und Alles zu bringen, was für Konstruktion und Bau an neueren Angaben von Werth ist, so daß das Buch auch als Nachschlagebuch von Nutzen ist.

In welchem Maße die Bemühungen gelungen sind, das schwierige Ziel zu erreichen, ein Werk zu schaffen von gleichem Werthe für Offiziere der Kriegs- und Handelsmarine, für Schiffbauer, für Mheder, für Studirende und für alle anderen Marineinteressenten, wird der wohlwollenden Beurtheilung der Leser überlassen.

Kiel, im März 1902.

**Neudeck,**

Kaiserlicher Marine-Baumeister,  
Lehrer für Schiffbau an der Marineschule.

## Einleitung.

Die ganze Wissenschaft des Schiffbaues, soweit sie auf der Marineschule gelehrt werden soll, ist in drei Haupttheile zerlegt worden:

- I. Theoretischer Schiffbau,
- II. Praktischer Schiffbau,
- III. Schiffskunde.

I. Der theoretische Schiffbau zerfällt in folgende Unterabtheilungen:

- a) Allgemeines. — b) Das Entwerfen der Schiffe. —
- c) Displacementsberechnung. — d) Stabilitätsberechnung. —
- e) Trimmberchnung. — f) Widerstandsberechnung. — g) Die Schiffszeichnungen. — h) Festigkeitsberechnung. — i) Schiffsvermessung und Klassifikation.

II. Der praktische Schiffbau wird in folgenden Abtheilungen behandelt:

- a) Geschichtliche Entwicklung. — b) Die vorbereitenden Arbeiten zum Bau eines Schiffes. — c) Die Bautheile. — d) Der Bau der Schiffe (Bau auf der Helling, der Ablauf und der Bau nach dem Ablauf). — e) Die Baumaterialien. — f) Konservirung des Materials.

III. Die Schiffskunde ist in fünf Theile zerlegt worden:

- a) Geschichtliche Entwicklung. — b) Kenntniß unserer Schiffe. —
- c) Fremde Marinen. — d) Die Einrichtungen der Schiffe. —
- e) Tabellen.

Ein sehr wichtiges Hilfsmittel für den Unterricht ist die praktische Anschauung auf den Werften. Es empfiehlt sich, den praktischen Unterricht in folgender Reihenfolge, soweit es die Werftverhältnisse gestatten, vorzunehmen:

### Schiffbau.

1. Zeichnerische Arbeiten auf dem Konstruktionsbureau. 2. Schnürbodenarbeiten. 3. Rohmaterialien. 4. Werkstätten und Werkzeuge. 5. Helling und Bau auf der Helling. 6. Bautheile. 7. Der Bau nach dem Ablauf.

### Schiffskunde.

1. Besichtigung von Linien Schiffen. 2. Besichtigung von großen Kreuzern. 3. Besichtigung von Küstenpanzern. 4. Besichtigung kleiner Kreuzer. 5. Besichtigung von Kanonenbooten. 6. Besichtigung von Torpedobooten. 7. Besichtigung

von Spezialschiffen. 8. Besichtigung von Handelsschiffen. 9. Besichtigung der verschiedensten Einrichtungen der Schiffe.

Mit der Zahl der Abschnitte soll nicht die Anzahl der praktischen Unterrichtsstunden festgelegt werden, da sich einige über mehrere Stunden erstrecken werden.

Empfehlenswerthe deutsche Werke zu Spezialstudien über den Schiffbau, aus welchen auch im Leitfaden manches entnommen worden ist, sind:

Dick und Kretschmer, Handbuch der Seemannschaft. Busley, Die Schiffsmaschine. Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch. A. Schmidt, Stabilität der Schiffe. Schlick, Eisenschiffbau. Brix, Bootsbau. Johow, Handbuch für den Schiffbau. v. Hüllen, Leitfaden für den Schiffbau. Rauchfuß, Riehn, Schiffswiderstand. Lutschaunig, Theorie der Schiffe (Festigkeitsberechnung). Dr. Dürre, Metalle und Legirungen im Dienste des Heeres und der Flotten.

Es empfiehlt sich, beim Unterrichte an der Marineschule, der während eines Jahres von Anfang April bis Ende März erteilt wird, zuerst den theoretischen Theil bis auszschl. Rechnungen, aber einschl. der Zeichnungen zu bringen und dann sofort den praktischen Schiffbau anzuschließen. Die Gründe sind:

1. Im Sommersemester findet der größte Theil des Anschauungsunterrichts auf den Werften statt, und kann dann der schulmäßige Unterricht besser mit dem praktischen Unterrichte Hand in Hand gehen.

2. Die Schüler sind im Wintersemester mathematisch weiter vorgebildet, daß sie den rein theoretischen und mathematischen Betrachtungen im Anschluß an die Rechnungen besser zu folgen vermögen.

3. Die Schüler haben für den leichteren praktischen Theil größeres Interesse, so daß ihr allgemeines Interesse am Schiffbau schon geweckt ist, wenn die schwierigen mathematischen Betrachtungen einsetzen, auch ist dann für diese größeres Verständniß vorhanden.

Im Leitfaden selbst konnte eine solche Trennung nicht vorgenommen werden, da die der Sache nach zusammengehörigen Stoffe auch hintereinander dargestellt werden mußten und für ein systematisches Studium das Aufeinanderreihen der einzelnen Theile des Schiffbaues, wie es im Leitfaden geschehen ist, besonders zweckmäßig gehalten wird.

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<b>I. Theoretischer Schiffbau</b> . . . . .	1—106
<b>a. Allgemeines</b> . . . . .	1—5
Schiffbau. — Definition von Schiff . . . . .	1
Eintheilung der Schiffe . . . . .	1—5
Eintheilung der alten Kriegsschiffe . . . . .	1—2
Eintheilung der Kriegsschiffe unserer Zeit . . . . .	2—4
Eintheilung der Handelsschiffe . . . . .	4
Eintheilung der Schiffe in Bezug auf Fortbewegungsmechanismen . . . . .	4—5
<b>b. Entwerfen von Schiffen</b> . . . . .	6—19
Allgemeine Anforderung an die Konstruktion eines Schiffes . . . . .	6
Hydrostatische Lehrsätze des Archimedes . . . . .	6
Displacement und dessen Gewichtszusammensetzung . . . . .	7—11
Konstruktionsgleichung . . . . .	11—12
Böhligeitsgrade . . . . .	12—13
Verhältnisse der Abmessungen . . . . .	13—14
Konstruktionsdaten . . . . .	14—17
Annäherungsformeln . . . . .	17—18
Gewichtsberechnung und Kostenanschlag . . . . .	18—19
<b>c. Displacementsberechnung</b> . . . . .	20—34
Annäherungsrechnungen für Inhaltsbestimmungen . . . . .	20—21
Simpson'sche Regel . . . . .	22—24
Errechnung der Schwerpunkte . . . . .	24—26
Schema für Displacementsrechnungen . . . . .	27—30
Displacementsfala . . . . .	26—32
Wasserlinienskala . . . . .	32—33
Lastenmaßstab . . . . .	33
Spantintegralkurven . . . . .	33—34
<b>d. Stabilitätsberechnung</b> . . . . .	35—64
Auftrieb und Schwerkraft . . . . .	35
Gleichgewichtslagen . . . . .	35—36
Arten der Stabilität . . . . .	36
Breitenmetazentrum . . . . .	36—39
Längenmetazentrum . . . . .	39
Schema zur Berechnung der Metazentren . . . . .	40—41
Metazentrische Kurve . . . . .	42—43
Statische Stabilität . . . . .	43—44

	Seite
Metazentrische Höhen . . . . .	44—45
Krägungsversuch . . . . .	45—48
Schema für die Resultate des Krägungsversuches . . . . .	49
Schlingerversuch . . . . .	48—51
Das Schiff als Pendel . . . . .	51—52
Schlingern . . . . .	52
Stampfen . . . . .	53
Stabilitätsänderung nach Abnahme und Zugabe von Gewichten . . . . .	53—54
Dynamische Stabilität . . . . .	54—55
Stabilitätskurven . . . . .	55
Stabilitätsblatt . . . . .	56
Barnes Methode zur Stabilitätsberechnung . . . . .	57
Schema zur Stabilitätsberechnung . . . . .	58—61
Numerische Beispiele . . . . .	62—64
<b>e. Trimberechnung</b> . . . . .	<b>65—72</b>
Verschieben von Gewichten längs des Schiffs . . . . .	65
Trimmmoment . . . . .	66
Zuladung oder Abgabe von Gewichten . . . . .	66—67
Reckrechnung . . . . .	67—68
Numerische Beispiele . . . . .	68—72
<b>f. Widerstandsberechnung</b> . . . . .	<b>73—83</b>
Geschwindigkeit . . . . .	73
Angenäherte Bestimmung der Maschinenleistung . . . . .	73
Froudesche Theorie . . . . .	73—75
Middendorfsche Formel . . . . .	76
Schleppversuchsanstalten . . . . .	76—77
Schema für die Ergebnisse von Modellschleppversuchen . . . . .	78—80
Uebertragung der Versuche auf das auszuführende Schiff . . . . .	81—83
<b>g. Schiffszeichnungen</b> . . . . .	<b>84—88</b>
Rechnungen und Zeichnungen . . . . .	84
Konstruktionszeichnung . . . . .	85—86
Spantenriß, Wasserlinienriß, Längsriß . . . . .	85—86
Senten . . . . .	86
Strafen . . . . .	86
Einrichtungszeichnungen . . . . .	86—87
Hauptspantzeichnung . . . . .	87
Graphische Darstellung der Berechnungsergebnisse . . . . .	87
Zeichnungen für wichtige Einzelheiten . . . . .	87—88
Bauvorschrift . . . . .	88
<b>h. Festigkeitsberechnung</b> . . . . .	<b>89—96</b>
Beanspruchung der Schiffsverbände . . . . .	89—91
Numerisches Beispiel für eine Festigkeitsberechnung an einer Stelle des Schiffes . . . . .	91—92
Numerisches Beispiel für die Festigkeitsberechnung eines Schiffes . . . . .	92—96
<b>i. Schiffsvermessung</b> . . . . .	<b>97—106</b>
Tonnengehalt . . . . .	97
Brutto- und Netto- Rauminhalt . . . . .	97
Meßbrief . . . . .	98—99
Meßverfahren . . . . .	100—103

	Seite
Bermessung von Yachten . . . . .	103—105
Schiffsklassifikation . . . . .	105
Germanischer Lloyd . . . . .	105—106
Schiffsregister und Certifikate . . . . .	106
-----	
<b>II. Praktischer Schiffbau . . . . .</b>	<b>107—194</b>
<b>Einleitung . . . . .</b>	<b>107</b>
<b>a. Geschichtliche Entwicklung . . . . .</b>	<b>107—109</b>
<b>b. Vorbereitende Arbeiten zum Bau eines Schiffes . . . . .</b>	<b>110—130</b>
Schnürbodenarbeit . . . . .	110—112
Baumodell oder Blockmodell . . . . .	112
Materialbeschaffung . . . . .	112—113
Vorbereitende Arbeiten in den Werkstätten . . . . .	113
Dimensionsliste . . . . .	114
Vorbereitende Arbeiten auf der Helling . . . . .	115—117
Stapelklöße . . . . .	116—117
Baugerüst . . . . .	117
Verbandtheile . . . . .	117
Verbindung der Einzeltheile . . . . .	117—120
Schweißen, Verschraubung, Vernietung, Verstemmen . . . . .	118—120
Holzschiffbau . . . . .	120—127
Kompositischiffbau . . . . .	127—130
<b>c. Hauttheile . . . . .</b>	<b>131—152</b>
Eisenschiffbau . . . . .	131
Riel . . . . .	131
Rielschwein . . . . .	131—132
Rimmkiele . . . . .	132
Stegen . . . . .	132—135
Spanten . . . . .	135—138
Deckstützen . . . . .	138—140
Wasserdichte Schotte . . . . .	140—141
Außenhaut . . . . .	141—143
Decks . . . . .	144
Stringer . . . . .	144—145
Fundamente . . . . .	145
Wellentunnel . . . . .	145
Wasserdichte Verschlässe . . . . .	146—152
<b>d. Der Bau der Schiffe . . . . .</b>	<b>153—168</b>
Gang der Arbeiten auf der Helling . . . . .	153—154
Der Stapellauf . . . . .	154—157
Taucherapparat . . . . .	157—161
Der Bau nach dem Ablauf . . . . .	161—163
Bausysteme . . . . .	163—165
Panzerbefestigung . . . . .	165—166
Panzeranordnung . . . . .	166—167
Kupferung . . . . .	167—168

**e. Baumaterialien . . . . .** 169—185

  Eisen . . . . . 169—172

  Abnahmevorschriften . . . . . 172—181

  Kupfer und seine Legirungen . . . . . 182—183

  Der Panzer und seine Fabrikation . . . . . 184—185

**f. Konservirung des Materials . . . . .** 186—194

  Vorschriften für die Konservirung . . . . . 186—187

  Metallische Ueberzüge . . . . . 188

  Anstriche . . . . . 188

  Cementirung . . . . . 188—189

  Docken der Schiffe . . . . . 189—192

  Werften und Werkstätten . . . . . 192—194



## I. Theil.

# Der theoretische Schiffbau.

### a. Allgemeines.

**Schiffbau.** Der Schiffbau ist eine Wissenschaft, die sich aus den alten Wissenschaften der Mathematik und Naturlehre aufbaut. In alten Zeiten wurde der Schiffbau handwerksmäßig als Kunst betrieben. Der schwedische Admiral v. Chapmann war der Erste, der in der „architectura navalis“ Mitte des 18. Jahrhunderts den gesammten Schiffbau wissenschaftlich behandelte. Vor ihm hatten schon deutsche, französische und englische Gelehrte einzelne Gebiete der Theorie wissenschaftlich behandelt und waren dabei meist vom Prinzip des Archimedes ausgegangen, welches auch heute noch der Ausgangspunkt der theoretischen Betrachtungen im Schiffbau ist.

**Definition von Schiff.** Ein Schiff ist ein schwimmendes Gebäude, welches dazu bestimmt ist, Menschen mit Lebensmitteln, Waaren oder Güter mit einer gewissen Geschwindigkeit eine bestimmte Strecke weit fortzuschaffen. Auf Kriegsschiffen kommen noch Waffen mit Zubehör hinzu und zwar offensive und defensiva Waffen, d. h. Geschütze, Torpedos, Ramme und Panzer.

**Allgemeine Eintheilung der Schiffe.** Man kann die Schiffe eintheilen in Kriegsschiffe und Handelsschiffe, je nachdem sie der nationalen Wehrkraft angehören oder Handels- und Verkehrszwecken dienen.

**Eintheilung der alten Kriegsschiffe.** In den ältesten Zeiten der Schiffahrt waren die Handelsschiffe auch zugleich Kriegsschiffe; erst in neuerer Zeit entwickelten sich bestimmte Schiffstypen.

Die alten Kriegsschiffe, aus denen sich noch zu Anfang des vergangenen 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 Zweidecklerlinienschiffe von 74 Kanonen die beliebtesten. Alle Linien- schiffe führten volle Raatafelage und schwer getafelte Bugspriete.

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

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

Zu diesen Kampfschiffen kamen noch kleinere Fahrzeuge hinzu, Briggs, die höchstens 24 Geschütze führten, und Schooner, welche als Kaperschiffe sehr beliebt waren. Unter einem Kaperschiffe verstand man ein Schiff, welches von der Regierung seines Landes durch den sogen. Kaperbrief das Recht erhielt, ohne eigentliches Kriegsschiff zu sein, feindliche Handelsschiffe in allen Meeren zu kapern, d. h. wegnehmen zu dürfen. Das kleinste Kriegsfahrzeug war der Kutter.

Ebenso wie heute waren zur Küstenvertheidigung Kanonenboote vorhanden.

Die kleinsten waren Kanonenjollen, welche ein schweres Geschütz im Bug führten. Diese Fahrzeuge wurden mit Riemen fortbewegt. Bombardensfahrzeuge trugen statt des schweren Geschützes einen Mörser. Brandier, in denen man die Vorkläufer der Torpedoboote erblicken kann, waren Fahrzeuge mit feuergefährlichem Inhalte, welche angezündet auf feindliche Schiffe getrieben wurden, um diese in Brand zu setzen.

**Eintheilung der Kriegsschiffe unserer Zeit.** Alle Fahrzeuge der heutigen Marinen sind für die gleichen Zwecke erheblich größer, so daß Linien- schiffe von 4000 bis 5000 t Wasserverdrängung, die früher für die Riesen ihrer Art gehalten wurden, jetzt als kleinste der Schlachtschiffe gelten. Die hauptsächlichsten Gründe zu dieser Größenentwicklung sind der Einbau von Dampfmaschinen mit den dafür nöthigen Kohlenbunkern, die Anwendung schwerer Artillerie und die Panzerung der Schiffe gewesen.

Die Schlachtschiffe der heutigen Marinen bilden den Kern einer Flotte; sie sind die eigentlichen Kampfschiffe in einer Seeschlacht und führen die Entscheidung im Kampfe um die Seemacht herbei; sie haben den stärksten Panzer und die schwerste Bewaffnung. Man bezeichnet sie auch als Hochseepanzerschiffe oder neuerdings wieder als Linien- schiffe.

Den Panzerschiffsflotten werden Kreuzer oder Avisos beigegeben, die den Aufklärungs- oder Nachrichtendienst der Flotte zu versehen haben. Kreuzer werden außerdem noch einzeln oder in Geschwadern zum Schutze der National- angehörigen und ihres Eigenthums in fremden Ländern und zum Wegnehmen und Zerstören feindlicher Handelsschiffe verwendet. Die Handels- und Zufuhr- straßen auf den Meeren sollen von ihnen offen gehalten werden.

Bei günstiger Gelegenheit und ähnlichen Vorgehens werden die Kreuzer auch als Kampfschiffe gebraucht werden.

Alle Seemächte versehen im Kriegsfalle die großen Schnelldampfer ihrer Postlinien mit leichteren Geschützen und verwenden sie als Hilfskreuzer.

Neuerdings unterscheidet man große und kleine Kreuzer, von denen die großen Seitenpanzer, die kleinen nur Panzerdeck haben sollen. Die Kreuzer erfüllen neben dem Kreuzerdienste noch den Dienst der Avisos, welche durch sie ersetzt werden sollen und als Vorposten-, Rundschiffs- und Depeschefahrzeuge dienen. Außerdem werden sie zur Leitung und zur Abwehr von Torpedobootsangriffen verwendet. Demgemäß müssen sie sich durch sehr große Schnelligkeit auszeichnen.

Die Kanonenboote dienen zum Wachtdienst in den Häfen und an den Küsten, zum Minenlegen und zum Brechen von Sperren; auch verrichten die größeren von ihnen Kreuzerdienste, besonders in flachen Gewässern und Flussmündungen.

Den letzten Bestandtheil der Kampfschiffe der Flotten bilden die Torpedoboote. Sie führen neben leichten Schnellfeuergeschützen als Hauptwaffen unterseeische Geschosse, welche auf kürzere Entfernungen aus Rohren, den Lancirrohren, ausgestoßen werden, um durch Explosion des in den Geschossen befindlichen Sprengstoffes beim Auftreffen auf feindliche Schiffe unter Wasser in die Schiffsseiten große Löcher zu reißen. Die größeren Boote, die Divisionsboote, entsprechend den Torpedobootzerstörern oder Torpedobootsjägern in fremden Marinen, dienen außerdem noch dazu, eine Anzahl kleine Boote zu führen, feindliche Torpedoboote zu jagen und, wenn nöthig, Material und Besatzung an die kleineren Boote abzugeben. Neuerdings bilden fünf große Torpedoboote, die die Größe der Divisionsboote erreicht haben, eine Division, und das größere Führerboot kommt in Wegfall. Als Führerschiff wird für die Flottille aus großen Torpedobooten ein kleiner Kreuzer dienen.

Die folgende schematische Eintheilung ist nach der Eintheilung unserer Marine gewählt, nur sind Erweiterungen vorgenommen worden, um auch die älteren noch in den Listen geführten Schiffe und die Schiffe der fremden Marinen ganz allgemein in der Tabelle unterbringen zu können.

Die Kriegsschiffe werden eingetheilt in:

#### I. Linienschiffe:

1. Linienschiffe 1. Klasse, hierzu rechnen Panzerschiffe über 10 000 t Wasserverdrängung,
2. Linienschiffe 2. Klasse, hierzu rechnen Panzerschiffe von 7500 bis 10 000 t Wasserverdrängung,
3. Linienschiffe 3. Klasse, hierzu rechnen Panzerschiffe von 5000 bis 7500 t Wasserverdrängung;

#### II. Panzerschiffe zur Küstenvertheidigung:\*)

1. Küstenpanzerschiffe, Panzerfahrzeuge von 3000 bis 5000 t Wasserverdrängung,
2. Panzerkanonenboote, Panzerfahrzeuge unter 3000 t Wasserverdrängung;

\*) Diese unter I, 2, 3 und II angeführten Klassen fallen bei uns in Zukunft fort. Schiffe dieser Art sind aber noch vorhanden, wenn auch die Küstenpanzerschiffe als Linienschiffe geführt werden, um sie als solche nach Aufbrauch zu ersetzen. Außerdem sind in den ausländischen Marinen noch zahlreiche solche Fahrzeuge in Verwendung.

## III. Große Kreuzer:

1. Panzerkreuzer, das sind Kreuzer mit Seitenpanzer (Vertikalpanzer),
2. Panzerdeckkreuzer, das sind nur durch Panzerdeck (Horizontalpanzer) geschützte Kreuzer über 5500 t Wasserverdrängung;

## IV. Kleine Kreuzer:

1. Panzerdeckkreuzer von 1000 bis 5000 t Wasserverdrängung,
2. Ungeschützte Kreuzer oder nur durch seitlich von Maschinen und Kesseln angeordnete Kohlenbunker geschützte Kreuzer über 1000 t Wasserverdrängung;

## V. Kanonenboote:

Ungeschützte Fahrzeuge unter 1000 t Wasserverdrängung;

## VI. Torpedofahrzeuge:

Dies sind Fahrzeuge, welche als Hauptwaffe Lanciröhre besitzen, aus denen Torpedos ausgestoßen werden. Man hat Torpedodivisionsboote, „große und kleine Torpedoboote“. (Die großen Boote beginnen mit den Serien S 90 bis 107 und G 108 bis 113);

## VII. Schulschiffe:

Ungeschützte und geschützte Schiffe der verschiedensten Art zur seemannischen, artilleristischen Ausbildung und zur Ausbildung im Torpedodienste;

## VIII. Spezialschiffe:

Schiffe für besondere Zwecke, wie Yachten, Transportschiffe, Hafenschiffe, Minendampfer, Vermessungsfahrzeuge u. s. w.

**Eintheilung der Handelsschiffe.** Handelsschiffe werden eingetheilt in:

Schiffe für große Fahrt, Schiffe für atlantische Fahrt, Schiffe für große Küstenfahrt, Schiffe für kleine Küstenfahrt, Schiffe für Binnen-  
gewässer und Flüsse,

oder

in Schnelldampfer, in Passagierdampfer, in Schiffe für Fracht- und Personenverkehr und in Frachtschiffe.

**Eintheilung in Bezug auf Fortbewegungsmechanismen.** In Bezug auf die Einrichtungen zur Fortbewegung theilt man die Schiffe ein in:

Segelschiffe, Dampfschiffe und Motorschiffe.

**Segelschiffe.** Die Segelschiffe bezeichnet man nach ihrer Besegelung als:

1. Vollschiff mit 3 Masten (Jockmast, Großmast und Kreuzmast). Jeder Mast führt Marsstenge und Bramstengen (Vertikalhölzer) und ist mit Raanen (Horizontalhölzern) und Raasegeln, Gaffelsegel, Stagsegel und Klüver versehen.

2. Bark mit 3 Masten (Jockmast, Großmast und Besanmast). Die beiden vorderen Masten sind wie die eines Vollschiffes getakelt. Der Besanmast hat keine Raanen, führt nur eine Stenge, Besansegel und Gaffeltopsegel.

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

4. Brigg mit 2 Masten (Fockmast und Großmast), die wie die Masten eines Vollschiffes getakelt sind.

5. Schoonerbrigg mit 2 Masten. Der Fockmast ist wie der einer Brigg getakelt, der Großmast ist mit einer Stenge, Gaffelsegel (Großsegel genannt) und Gaffeltopsegel versehen.

6. Schooner mit zwei oder mehr Masten, mit je einer Stenge. Die gebräuchlichsten Schooner sind:

a) Der Topsegelschooner mit 2 Masten. Der Fockmast führt Gaffel- (Schooner-)segel und mehrere Raasegel. Der Großmast 1 Gaffel- (Groß-)segel und 1 Gaffeltopsegel.

b) Der Dreimast-Topsegelschooner oder Dreimast-Schooner mit 3 Masten. Der Fockmast führt Gaffel- und Raasegel; der Großmast und Kreuzmast Gaffel und Gaffeltopsegel.

c) Der Gaffelschooner mit 2 Masten, welche mit Gaffel und Gaffeltopsegel versehen sind.

d) Der Dreimast-Gaffelschooner, welcher 3 Masten mit Gaffel- und Gaffeltopsegel hat.

e) Neuerdings sind vier-, fünf- und siebenmastige Gaffelschooner erbaut worden.

7. Chasse-Marée oder Ligger ist ein französisches Fahrzeug mit 3 Masten (Fockmast, Großmast und Treibermast), woran Bugsegel (Liggersegel) gefahren werden. Ligger ist eine Chasse-Marée in größeren Dimensionen.

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

9. Viermastschiffe haben Fockmast, Großmast, Kreuzmast (bezw. Besanmast) und Hager- oder Ziggermast. Viele große Schnelldampfer sind als Viermaster getakelt, um dem Schiffe in See bei günstigem Winde Segel zu setzen zur Vermehrung der Schnelligkeit und hauptsächlich, um das Schiff in See zu stützen, ihm mehr Halt gegen Bewegungen zu geben, was den Aufenthalt auf den Schiffen angenehmer macht. Ebenso sind zu gleichen Zwecken die meisten Dampfer mit Besegelung versehen.

**Dampfschiffe.** Dampfschiffe können entweder Schraubendampfer oder Raddampfer sein. Unter den Schraubendampfern hat man Ein-, Zwei-, Drei- und Mehr-Schraubendampfer. Die Raddampfer sind entweder Seitenraddampfer oder Hinterraddampfer.

**Motorische.** Motorische der verschiedensten Art sind im Gebrauch. Man hat solche mit Benzin- oder Naphthamotoren, solche mit elektrischen Maschinen mit eingebauten Akkumulatoren, solche mit Propulsions- oder Pumpmotoren, und Seil- und Kettschiffe.

## b. Entwerfen von Schiffen.

Jede Aufgabe, ein Schiff zu entwerfen und zu erbauen, enthält eine Anzahl Bedingungen, die sich in allgemeine Anforderungen, die jedes schwimmende Gebäude zu erfüllen hat, und in besondere Anforderungen trennen lassen, die in der Aufgabe dem Zwecke des Fahrzeuges entsprechend gelöst werden müssen.

**Allgemeine Anforderung an die Konstruktion eines Schiffes.** Die allgemeinen Anforderungen sind:

1. Der Verband soll sachgemäß und von genügender Stärke sein, so daß durch Belastung und Auftrieb keine Formveränderungen stattfinden.
2. Der Schiffswiderstand muß möglichst klein sein, um eine verhältnißmäßig große Geschwindigkeit mit möglichst geringer Maschinenkraft zu erreichen.
3. Die Stabilität (d. h. die Sicherheit gegen das Kentern) muß eine dem Verwendungszweck des Schiffes entsprechende sein.
4. Die Manövrirfähigkeit muß, den Verhältnissen entsprechend, möglichst groß sein.
5. Die Seefähigkeit muß durch genügenden Freibord (Höhe über Wasser) und ausreichende Reserveschwimmkraft (Raum über Wasser, auf dem sich das Schiff nach Wassereintrich noch schwimmend halten kann) gesichert sein.
6. Das todte Werk (Theil des Schiffes, welcher über Wasser liegt) muß der Besatzung eine gute Unterkunft bieten.

Die erste Aufgabe, die beim Entwerfen eines Schiffes zu lösen ist, besteht darin, seine Größe und seine Abmessungen festzulegen.

Die Größe eines Schiffes wird bestimmt durch sein Displacement, d. i. seine Wasserverdrängung, welche gleich ist dem Gesamtgewicht des Schiffes nach dem Archimedischen Prinzip.

**Hydrostatische Lehrsätze des Archimedes.** Des historischen Interesses wegen sind die vier Sätze des Archimedes, die sich auf Hydrostatik beziehen und von denen der erste besonders im Schiffbau Anwendung findet, 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 Theil, 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 so großen 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 so viel leichter, als das Gewicht einer Masse Flüssigkeit von der Größe der eingetauchten Körper beträgt.

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

**Deplacement.** Die Wasserverdrängung in cbm ausgedrückt giebt also zugleich das Gesamtgewicht des Schiffes in metrischen Tonnen (zu 1000 kg), wenn das Schiff in Süßwasser schwimmt, dessen spezifisches Gewicht gleich 1 ist. Im Meerwasser schwimmend, wird ein Schiff weniger tief eintauchen und geringere Wasserverdrängung haben. Das spezifische Gewicht des Meerwassers wird von der deutschen Marine im Mittel mit 1,02 angenommen. (Andere Stellen rechnen mit  $\gamma = 1,025$ .) Es beträgt in der Ostsee bei Kiel etwa 1,018, bei Danzig etwa 1,008, in der Nordsee bei Wilhelmshaven etwa 1,025.

Das Deplacement (D) wird entweder in cbm oder meistens in Tonnen angegeben; D in cbm ist  $D \times 1,02$  in t.

Man unterscheidet ungeladenes Deplacement, welches die Wasserverdrängung des leeren Schiffes, des todes Gewichtes, angiebt, und geladenes Deplacement, welches die Wasserverdrängung im voll befrachteten Zustande enthält. Der Unterschied dieser beiden Deplacements ist die nützliche Zuladung oder die Tragfähigkeit des Schiffes. Bei Handelsschiffen entspricht diese nutzbare Wasserverdrängung der Ladung für Frachtgüter, für Passagiere mit Zubehör; bei Kriegsschiffen dem Gewichte für die Offensiv- und Defensivwaffen.

**Gewichtszusammensetzung des Deplacements.** Das Deplacement setzt sich aus folgenden Einzelgewichten zusammen:

1. Todes Gewicht:

- a) für den Schiffskörper,
- b) für Maschine, Kessel mit Kesselwasser und Zubehör,
- c) für Heizvorräthe,
- d) für Ausrüstung,
- e) für Mannschaften mit Bedürfnissen,
- f) für Takelage.

2. Nützliche Zuladung für Handelsschiffe:

- g) Gewicht der Güter,
- h) Gewicht der Passagiere mit Gepäck.

Nützliche Zuladung für Kriegsschiffe:

- g) Gewicht der Panzerung, des Panzerdecks, der Kofferdämme,
- h) Gewicht der Bewaffnung mit Munition, Gewicht der Torpedoarmirung mit Torpedos.

Es ist die Hauptaufgabe des Konstrukteurs, unter Wahrung der allgemeinen Anforderungen, die an jedes Schiff an und für sich gestellt werden müssen, die besonderen Bedingungen so zu erfüllen, daß sowohl bei Kriegs- wie bei Handelsschiffen für die nützliche Zuladung, den Zwecken der Schiffe entsprechend, möglichst viel Gewicht zur Verfügung steht und die Gesamtwasserverdrängung unter Erfüllung aller Anforderungen möglichst klein wird.

Um nun nach der Stellung der Aufgabe, ein Schiff für bestimmte Zwecke zu entwerfen, die nothwendige Gesamtwasserverdrängung festzulegen, stellt man die Einzelgewichte fest und benutzt die Erfahrungsangaben, die für ausgeführte Schiffe nachgerechnet worden sind.

Das Schiffskörpergewicht ist das Gewicht des leeren Schiffskörpers mit Ausbau. Unter Ausbau ist zu verstehen: die fest an Bord befindlichen Einrichtungen, z. B. für Anker und Boote, die Steuereinrichtung, die innere Einrichtung, Kammereinrichtung, Einrichtung für die Heizanlage, für die Ventilation ausschließlich Maschine, die Drainageeinrichtung, Cementirung und Anstrich.

Bei Kriegsschiffen, die ziemlich abgegrenzte Klassen haben, giebt man das Schiffseigengewicht (a) in Prozenten vom Gesamtdeplacement an, z. B.:

**Schiffskörpergewicht.** Bei Linienschiffen beträgt das Schiffskörpergewicht in Prozenten vom Deplacement 30 bis 35 pCt. (bei neueren Ausführungen  $31\frac{1}{2}$  pCt.),

bei großen Kreuzern (Panzerkreuzern) 32 bis 34 pCt. (bei neueren Ausführungen  $33\frac{1}{3}$  pCt.),

bei kleinen Kreuzern (Panzerdeckkreuzern) 34 bis 38 pCt. (bei neueren Ausführungen  $37\frac{1}{3}$  pCt.),

bei Kanonenbooten 45 bis 52 pCt. (bei neueren Ausführungen 51 pCt.),

bei Torpedobooten 25 bis 35 pCt. (bei neueren Booten etwa 28 pCt.).

Bei Handelsschiffen berechnet man das Schiffseigengewicht aus den Dimensionen der Länge (L), Breite (B) und Höhe im Raum (H), die man von Oberkante Hauptdecksbalken bis Oberkante Kiel rechnet. Den Kubikinhalt aus  $L \times B \times H$  multipliziert man mit einem Erfahrungskoeffizienten, der in den Grenzen von 130 bis 200 kg liegt.

Der Schwerpunkt des leeren Schiffskörpers wird im Allgemeinen auf  $\frac{1}{3}$  bis 0,4 der Höhe im Raume von oben angenommen, der Länge nach bis 0,5 m hinter der Mitte der Länge über Alles.

**Maschinengewicht.** Das Maschinengewicht (b) hängt ab von der Art der gewählten Maschinen und Kessel. Das Gewicht der Maschinen wird in der ersten Annahme pro P.S.i. angenommen. (Pferdestärke, indizierte, d. i. die Kraft, mit der der Dampf in den Cylindern auf die Kolben drücken muß, um die verlangte Geschwindigkeit bei der angenommenen Umdrehungszahl, dem angenommenen Hub der Maschine und der gewählten Form des Propellers zu erreichen.) Die Anzahl der Pferdestärken wird überschläglich unter Vorbehalt der späteren genauen Widerstandsberechnung, meist nach der französischen Formel bestimmt:

$$\text{P.S.i.} = \frac{v^3 \boxtimes}{m^3}, \text{ worin}$$

$v$  die Geschwindigkeit in kn pro Stunde,

$\boxtimes$  das Hauptspantareal in qm,

$m$  einen Koeffizienten bedeutet, der zwischen 3,4 bis 4 liegt (siehe Widerstandsberechnung). Bei abnormen Schiffen ist der Koeffizient höher oder geringer, bei sehr kleinen Schraubenschiffen, Barkassen, Schleppern u. s. w. ist  $m = 2,3$  bis 2,4.

Das Maschinengewicht, einschließlich des Gewichtes für Kessel mit Wasser, Propeller, Hilfsmaschinen und Apparate, Rohrleitungen, Flurplatten in den Maschinen- und Heizräumen, Rauchfänge, Schornsteine, elektrische Lichtanlage, ist pro P.S.i. im Mittel:

für Kriegsschiffe: 125 kg mit Cylinderkesseln,
90 bis 110 kg mit gemischten Kesseln,
60 bis 75 kg mit Wasserrohrkesseln,
für Torpedoböote: 35 bis 45 kg mit Lokomotivkesseln, 25 bis 30 kg mit Wasserrohrkesseln.

Für Handelsschiffe mit Cylinderkesseln ohne Forcirung geht das Gewicht bis 240 kg pro P.S.i.

Für Schnelldampfer . . . . .	160 bis 200 kg,
= Frachtdampfer . . . . .	190 = 220 =

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

auf die Maschine . . . . .	37 pCt.,
= = Kessel mit Wasser . . . . .	56 =
= = Wellenleitung . . . . .	5 =
= = Schraube . . . . .	2 =

Das Gesamtgewicht der Maschine mit allem vorerwähnten Zubehör vertheilt sich:

auf die Maschine . . . . .	43 pCt.,
mit Hilfsmaschinen, Apparaten, Rohrleitungen, elektrischer Lichtanlage, Flurplatten im Maschinen- raum;	
auf die Kesselanlage . . . . .	50 =
mit Rauchfängen, Schornsteinen, Flurplatten in den Heizräumen;	
auf die Wellenleitung und Propeller . . . . .	7 =

Die Schwerpunkte nimmt man bei cylindrischen 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 (einschließlich der elektrischen Anlage):

für ein Linienschiff . . . . .	etwa 220 t
= einen Panzerkreuzer . . . . .	= 190 =
= einen großen Panzerdeckkreuzer . . . . .	= 140 =
= 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 Fahrzeugs.

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

Der Kohlenverbrauch pro P.S.i. und Stunde schwankt zwischen 0,65 bis 1 kg. Für Kriegsschiffe beträgt er im Durchschnitt einschließlich Hilfsmaschinen 0,9 kg, bei reduzierter Maschinenleistung bei Kriegsschiffen 1,2 bis 1,3 kg. Alte Niederdruckmaschinen verbrauchen 2,4 bis 3 kg, Compoundmaschinen 1,8 kg pro P.S.i. und Stunde.

1 t Kohlen braucht einen Raum von 1,2 bis 1,3 cbm, oder 1 cbm faßt 800 bis 850 kg Kohlen. Geringste zulässige Bunkerbreite 1 m. Durchmesser ( $\varnothing$ ) der Kohlenlöcher min. 400 mm.

**Gewicht der Ausrüstung.** Das Gewicht der Ausrüstung (d) bestimmt sich nach dem Zwecke des Schiffes und seiner ungefähren Größe. Sowohl in der Kriegsmarine als auch in der Handelsmarine sind besondere Inventarien- und Materialienetats aufgestellt, aus denen jedes Stück seinem Gewicht und Preis nach entnommen werden kann, so daß das Gewicht der Ausrüstung mit einer positiven Zahl in die Konstruktionsgleichung eingesetzt werden kann.

Zur Ausrüstung gehören:

Bootsmannsinventar: Trossen, Segel, Blöcke, Bezüge, Geräth u. s. w.

Zimmermannsinventar: Handwerkszeug, Pumpen- und Mastenzubehör u. s. w.

Maschineninventar: Reservetheile, Werkzeuge u. s. w.

Navigationinventar: Instrumente, Flaggen, Bücher u. s. w.

Verwalterinventar: Küchen- und Tischgeräth, Bettzeug, Mobiliar, Reinigungsgeschirr u. s. w.

Materialien: Farben, Tauwerk, Eisen, Messing, Kupfer, Nägel, Nieten, Schrauben u. s. w.

Maschinenvorräthe: Schmieröl, Brennöl, Soda, Talg, Wischbaumwolle u. s. w.

Anker, Ketten und Zubehör, } in der Rechnung besonders aufgeführt, gehören sonst Anker u. s. w. zum Bootsmannsinventar und Boote zum Zimmermannsinventar.

Boote und Zubehör, }

Hierzu kommt noch Frischwasser zum Speisen der Kessel und für die Besatzung, soweit es im Doppelboden oder in Tanks mitgenommen wird. Destillirapparate werden unter Hilfsmaschinen verrecknet.

Die Materialienmitgabe wird nach der Länge der Reise, die das Schiff überhaupt machen soll, berechnet.

**Besatzungsgewicht.** Das Gewicht der Besatzung (e) wird ausgerechnet nach dem Besatzungsetat, der sich nach dem Zweck und der ungefähren Größe des Schiffes nach schon ausgeführten Fahrzeugen ermitteln läßt.

Für einen Mann der Besatzung oder einen Fahrgast rechnet man im Durchschnitt 75 kg.

Für Leibesbedürfnisse (Kleider, Wäsche u. s. w.):

für den Kommandanten	1000 kg,
= einen Offizier	150 =
= jeden anderen Mann der Besatzung	40 =

An Proviant wird gerechnet:

für den Kommandanten für eine Woche	127 kg,
= einen Offizier	= = = 40 =
= einen Mann	= = = 12 =

An Wasser rechnet man pro Kopf der Besatzung und pro Woche 70 l Trinkwasser und 70 l Waschwasser, also zusammen 140 l Wasser pro Kopf und Woche.

In der Regel nimmt man die Proviantausrüstung auf 13 Wochen an.

Destillirapparate für Trinkwasser für Mannschaftszwecke werden ebenfalls beim Gewicht als Hilfsmaschinen mit verrechnet.

**Gewicht der Takelage.** Das Gewicht von Bemaftung und Takelage (f) ist nur bei Segelschiffen von erheblichem Belang und kann hier pro qm Segelfläche mit etwa 23 bis 67 kg, bei Segelflächen von 400 bis 3000 qm angenommen werden. Das Gewicht für den qm Segelfläche wächst mit der Größe der letzteren.

Das Gewicht der Besegelung mit allem Zubehör kann auch mit 0,04 bis 0,06 vom Gesamtdeplacement überschläglich berechnet werden.

Bei Kriegsschiffen werden Gefechtsmasten oder Gefechtsthürme zweckmäßig mit zum Schiffskörpergewicht gerechnet.

**Gewichte.** Von einer Anzahl Schiffen sind die Gewichtsantheile in Prozenten des Deplacements ausgerechnet und in der folgenden Tabelle zusammengestellt worden:

	Panzerchiffe	geschützte Kreuzer
für den Schiffskörper zwischen	30 u. 42 (33)	32 u. 44 (35)
= den Panzer	= 20 u. 38 (30)	= 7 u. 19 (12)
= die Bewaffnung	= 5 u. 10 (8)	= 3 u. 8 (5)
= die Ausrüstung	= 5 u. 6 (5)	= 8 u. 10 (8)
= die Maschinenanlage	= 11 u. 15 (13)	= 15 u. 28 (22)
= die Kohlen	= 5 u. 9 (7)	= 9 u. 21 (14)

Die eingeklammerten Zahlen geben die Mittelwerthe an.

**Konstruktionsgleichung.** Die Summe aller Einzelgewichte muß dann gleich sein dem Deplacement, so daß man eine Gleichung aufstellen kann, die die Konstruktionsgleichung genannt wird und schematisch in folgender Weise dargestellt werden kann:

$$a + b + c + d + e + f + g + h = D.$$

Um diese Gleichung zu lösen, drückt man die einzelnen Gewichtswerte, soweit dies möglich ist, durch die Abmessungen aus, indem man z. B.  $a$  das Schiffskörpergewicht mit 30 Prozent der Gesamtwasser-Verdrängung, also  $a = 0,3 D$  annimmt.  $D$ , das Displacement, ist aber das Produkt der Abmessungen Länge ( $L$ )  $\times$  Breite ( $B$ )  $\times$  Tiefgang ( $T$ ) multipliziert mit einem Koeffizienten  $\delta$ , der das Verhältniß des Displacements zu dem der Wasser-Verdrängung umschriebenen Parallelepipeds angiebt:

$$\left( \frac{D}{L \times B \times T} \right).$$

Es ist also:

$D$  in cbm =  $L \times B \times T \times \delta$ , oder  $D$  in t =  $L \times B \times T \times \delta \times \gamma$ .  
( $\gamma = 1,02$  dem spezifischen Gewichte des Meerwassers.)

**Völligkeitsgrad des Displacements.** Das Verhältniß  $\frac{D}{L \times B \times T} = \delta$  kann zugleich einen Begriff über die Form des Schiffes geben. Je kleiner  $\delta$ , desto schärfer wird das Schiff sein.

Die Grenzen für  $\delta$  liegen zwischen 0,4 bis 0,7. Yachten haben geringere, Frachtdampfer und Prähme oft höhere Displacementskoeffizienten.

Displacementskoeffizienten:

Linienfahrer . . . . .	$\delta = 0,58$ bis $0,7$ (für neuere Ausführungen $0,59$ )
Große Kreuzer . . . . .	$\delta = 0,50 = 0,56$ ( = = = $0,5$ )
Kleine Kreuzer . . . . .	$\delta = 0,44 = 0,52$ ( = = = $0,45$ )
Kanonenboote . . . . .	$\delta = 0,43 = 0,5$ ( = = = $0,49$ )
Torpedoboote . . . . .	$\delta = 0,4 = 0,48$ ( = = = $0,45$ )
Segelschiffe . . . . .	$\delta = 0,59 = 0,67$
Schnelldampfer . . . . .	$\delta = 0,55 = 0,65$
Frachtdampfer . . . . .	$\delta = 0,55 = 0,8$ .

Der Werth für das Schiffskörpergewicht ( $a$ ) kann also jetzt ausgedrückt werden:

$$a = 0,3 \times L \times B \times T \times \delta \times 1,025 \text{ t.}$$

Würde für die zu erfüllende Aufgabe  $\delta$  mit 0,6 als zweckentsprechend ausgewählt werden, so ist:

$$a = 0,3 \times L \times B \times T \times 0,6 \times 1,025 \text{ t.}$$

**Völligkeitsgrade der Konstruktionswasserlinie (CWL) und des Hauptspants (⊗).**

Mit dem Displacementsvölligkeitsgrad  $\delta$  stehen im Zusammenhang die Koeffizienten für die oberste Wasserlinie, die Konstruktionswasserlinie, (CWL)  $\alpha$  und  $\beta$ , der Völligkeitsgrad des Haupt- oder Nullspantes (⊗);  $\alpha$  giebt das Verhältniß zwischen dem Areal der CWL und dem derselben umschriebenen Rechteck

( $\alpha = \frac{\text{Areal der CWL}}{L \times B}$ ),  $\beta$  das Verhältniß zwischen dem Areal des Hauptspants und dem ihm umschriebenen Rechteck an ( $\beta = \frac{\text{Areal des } \otimes}{B \times T}$ ). Das Hauptspant

ist der Querschnitt an der breitesten Stelle des Schiffes.

	Wasserlinienvölligkeitsgrade	Hauptspantvölligkeitsgrade
für Linienchiffe . . . . .	$\alpha = 0,78$ bis $0,84$	$\beta = 0,85$ bis $0,9$
(für neuere Ausführungen	$\alpha = 0,81$	$\beta = 0,86$ )
= große Kreuzer . . . . .	$\alpha = 0,65$ = $0,75$	$\beta = 0,84$ = $0,87$
(für neuere Ausführungen	$\alpha = 0,7$	$\beta = 0,84$ )
= kleine Kreuzer . . . . .	$\alpha = 0,6$ = $0,7$	$\beta = 0,75$ = $0,84$
(für neuere Ausführungen	$\alpha = 0,68$	$\beta = 0,76$ )
= Kanonenboote . . . . .	$\alpha = 0,58$ = $0,67$	$\beta = 0,74$ = $0,8$
(für neuere Ausführungen	$\alpha = 0,73$	$\beta = 0,83$ )
= Torpedoboote . . . . .	$\alpha = 0,6$ = $0,73$	$\beta = 0,7$ = $0,82$
= Segelschiffe . . . . .	$\alpha = 0,8$ = $0,75$	$\beta = 0,89$ = $0,91$
= Schnelldampfer . . . . .	$\alpha = 0,7$ = $0,77$	$\beta = 0,89$ = $0,94$
= Frachtdampfer . . . . .	$\alpha = 0,77$ = $0,84$	$\beta = 0,9$ = $0,98$ .

**Verhältniß der Völligkeitsgrade untereinander.** Die Völligkeitsgrade  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\delta$  stehen untereinander in bestimmten Beziehungen. Es ist nicht angängig, diese Koeffizienten willkürlich, den einen unabhängig vom andern zu wählen.

Man erhält gute Verhältnisse, wenn

$$\delta = \alpha \times \beta \times x$$

ist, wobei  $x$  in den Grenzen von  $0,86$  bis  $0,87$  (neuerdings bis  $0,9$ ) liegt.

**Verhältnisse der Abmessungen untereinander.** Die Abmessungen Länge, Breite und Tiefe stehen ebenfalls unter sich in bestimmten Verhältnissen, wenn die Konstruktion eine zweckentsprechende sein soll. Auch hier wird die Erfahrung benutzt und Verhältnißzahlen, die aus Schiffen, die sich besonders gut bewährt haben, ausgerechnet worden sind, angewendet.

**L : B.** Das Verhältniß der Länge zur Breite hat Einfluß auf die Stabilität, auf den Schiffswiderstand und auf die Manövrierfähigkeit.

L : B für Linienchiffe . . . . .	4,2 bis 6
L : B für große Kreuzer . . . . .	5,8 = 7,5
L : B für kleine Kreuzer . . . . .	6,6 = 8,5
L : B für Kanonenboote . . . . .	5,8 = 6,9
L : B für Torpedoboote . . . . .	7,5 = 11
L : B für Schnelldampfer . . . . .	7,9 = 11
L : B für Frachtdampfer . . . . .	6,7 = 8,5
L : B für große, moderne Segelschiffe (Barck und Vollschiffe) . . . . .	6,2 = 6,8
L : B für kleinere Segelschiffe (Schooner, Briggs) . . . . .	3,75 = 5,5.

**T : B.** Für die Bestimmung des Tiefganges ist die Stabilität maßgebend und die Tiefe der Fahrwasser, Einfahrten u. s. w., die benutzt werden sollen.

Das Verhältniß  $T : B$  liegt in den Grenzen von  $0,54$  bis  $0,3$  für seegehende normal entworfene Schiffe. Für Flußfahrzeuge (meist Raddampfer)

liegt T : B oft in den Grenzen zwischen 0,1 bis 0,2. Für Segelyachten mit Bleikiel wird T : B bis 0,8 gewählt.

- T : B für Linienfahrer: 0,35 bis 0,38,
- T : B für große Kreuzer: 0,37 bis 0,30,
- T : B für kleine Kreuzer: 0,34 bis 0,43,
- T : B für Kanonenboote: 0,3 bis 0,41,
- T : B für Torpedoboote: 0,25 bis 0,4 (meist etwa 0,3),
- T : B für Schnelldampfer: 0,35 bis 0,43,
- T : B für Frachtdampfer: 0,45 bis 0,54,
- T : B für moderne, große Segelschiffe: 0,49 bis 0,53,
- T : B für kleinere Segelschiffe: 0,25 bis 0,43.

**Lösung der Konstruktionsgleichung.** Mit Hilfe dieser Verhältniszahlen ist es jetzt möglich, die Konstruktionsgleichung zu lösen. Um gute Verhältnisse für das zu entwerfende Schiff zu sichern, fügt man die Abmessungen in ihren Verhältniszahlen ein und erhält eine Gleichung, in der eine Abmessung als Unbekannte gefunden wird. Zum Beispiel für eine bestimmte Konstruktion sei  $L : B = 7$  und  $T : B = 0,35$  gewählt worden, so wird das Schiffseigengewicht  $a = 0,3 \times 7 B \times B \times 0,35 B \times 0,6 \times 1,025 t$ , oder  $a = 0,452 B^3$ .

**Gewicht der Panzerung.** Das Gewicht des Panzers einschl. Kofferdämme (g) wird nach Prozenten der Gesamtwasserdrängung angegeben. Dies beträgt:

- für ein Linienfahrer etwa 32 bis 34 pCt.,
- für einen großen Kreuzer etwa 24 bis 26 pCt.,
- für einen kleinen Kreuzer 12 pCt.

**Gewicht der Bewaffnung.** Die Artillerie mit ihrer Munition und der Torpedoarmierung (h) beträgt:

- für ein Linienfahrer neuerdings etwa 8 bis 12 pCt. vom Displacement,
- für einen großen Kreuzer etwa 5 bis 7 pCt.,
- für einen kleinen Kreuzer etwa 5 bis 6 pCt.,
- für ein Kanonenboot 5,2 pCt.,
- für ein Torpedoboot  $3\frac{1}{3}$  pCt.

Auf diese Weise kann jedes Einzelgewicht errechnet und in die Konstruktionsgleichung  $L \cdot B \cdot T \cdot d \times 1,025 = a + b + c + d + e + \dots$  oder für das angenommene Beispiel  $1,50675 B^3 = 0,452 \times 0,25 B^3 + b + c + \dots$  eingesetzt werden, so daß die Schiffsbreite als Unbekannte errechnet werden kann.

Mit ihrer Hilfe, den Völligkeitsgraden, den angenommenen Verhältniszahlen können dann als erster Anhalt alle anderen Abmessungen und Daten berechnet werden.

**Konstruktionsdaten.** Definition der bei der Konstruktion eines Schiffes vorkommenden Bezeichnungen:

**Länge.** Die Konstruktionslänge ( $L$  in m) des Schiffes wird zwischen den Perpendikeln oder Lothen angegeben. Das vordere Loth (V. L.) geht durch den Schnittpunkt der Konstruktionswasserlinie mit der Vorkante der Außenhautplatten oder der Außenkante der Sponung (Falz zum Einfügen der Planken oder Platten) am Vorsteven. Das hintere Loth (H. L.) geht bei eisernen Schiffen durch den Schnittpunkt der Konstruktionswasserlinie mit der Vorderkante des Ruderstevens, bei hölzernen Schiffen mit Außenkante-Sponung des Ruderstevens oder bei Schiffen mit Balancerudern mit der Mittellinie der Ruderspindel.

Man hat noch die Länge über Alles ( $L_a$ ), die von der äußersten Stelle des Vorstevens bis zur äußersten Stelle des Hinterstevens, bezw. des Heck, gerechnet wird, und die Vermessungslänge ( $L_v$ ), die im Hauptdeck von Achterkante-Vorsteven bis Vorkante-Achterstevens reicht.

**Breite.** Unter Breite ( $B$  in m) des Schiffes versteht man die größte Breite des Schiffes im Hauptspant in der Konstruktionswasserlinie gemessen (bei eisernen Schiffen auf Außenkante Spanten, bei hölzernen auf Außenkante Planken).

**Tiefe.** Der mittlere Tiefgang ( $T$  in m) wird in der Mitte zwischen den Perpendikeln von der Konstruktionswasserlinie, und zwar bei eisernen Schiffen bis Oberkante Kiel bezw. Kielplatte, bis Unterkante Sponung im Kiel bei hölzernen Schiffen gemessen. Bei steuerlastigen Schiffen muß die Tiefe vorn ( $T_v$ ) und achtern ( $T_a$ ) angegeben werden. Unter Steuerlastigkeit versteht man den Tauchungsunterschied zwischen vorderem und hinterem Tiefgang von der Konstruktionschwimmbene aus gemessen. Die Steuerlastigkeit hängt von der Lage des Deplacementschwerpunktes ab. Für gutes Kurshalten und gutes Steuern des Schiffes ist es zweckmäßig, daß der Schwerpunkt des eingetauchten Längsplanes etwa 0,03 L. hinter den Deplacementschwerpunkt fällt. Die untere Begrenzung des Tiefgangs bilden die Nullpunkte, von denen die Ahmings abgesetzt werden. Die Ahmings oder Tiefgangsmarken werden auf beiden Seiten des Schiffes im Perpendikel vorn und achtern in dm oder Fuß abgesetzt und mit arabischen Ziffern bezeichnet, so daß ihre Unterkante den Tiefgang des Schiffes angiebt.

Der Nullpunkt für die hinteren Tiefgangsmarken ist der Schnittpunkt des hinteren Perpendikels mit einer Parallelen zur Konstruktionswasserlinie, die durch den tiefsten Punkt des Schiffes gehen muß.

Der Nullpunkt der vorderen Tiefgangsmarken liegt im Schnittpunkt des vorderen Perpendikels mit der Verlängerung des geraden Theiles des Kiels.

**Konstruktionswasserlinie.** Die Schwimmbene, bis zu welcher ein Schiff rechnungsmäßig einsinken soll, heißt die Konstruktionswasserlinie. Ihr Areal wird mit dem Zeichen CWL (in  $qm$ ) angegeben. Diese Ebene theilt das Schiff in ein Oberschiff und ein Unterschiff. Das Oberschiff ist das Schiff über Wasser, das todte Werk. Der unter Wasser liegende Theil umschließt die sogenannten vitalen Theile oder das lebende Werk. Das Unterschiff bildet die Wasserverdrängung oder das Deplacement ( $D$  in  $cbm$ ) des Schiffes.

**Displacement und Auftrieb.** Das Gewicht dieser verdrängten Wassermasse ist gleich dem Gewichte des Schiffes mit Allem, was sich an Bord befindet. Die Anzahl der Gewichtstonnen des Displacements ( $D$  in  $t$ ) erhält man, wenn man  $D$  in  $cbm$  mit dem mittleren spezifischen Gewicht des Seewassers ( $1,02$ ) multipliziert.

Das Displacement ist aber auch noch gleich dem Auftrieb oder der Schwimmkraft des Schiffes, die gleich ist dem Gewichte der Wasserverdrängung oder dem Gesamtgewicht des Schiffes. Jeder Punkt des Schiffes unter Wasser erleidet einen bestimmten Druck, dessen Stärke der Lage des Punktes unter Wasser unmittelbar entspricht. Dieser Druck kann in drei Arten von Drucken auf jedes Unterwassertheilchen des Schiffes zerlegt werden, nämlich den senkrechten Druck und zwei wagerechte Drücke, von denen der eine querschiffs, der andere in der Längsachse des Schiffes wirkt. Die Horizontaldrucke heben sich gegenseitig auf, weil sich für jede Horizontalkraft (Horizontalkomponente) eine gleich große entgegengesetzt gerichtete findet. Würde dies nicht der Fall sein, so müßte längschiffs oder querschiffs eine Bewegung erfolgen. Die Horizontaldrucke wirken nur auf die Festigkeit des Schiffes und werden im Gleichgewicht erhalten durch entsprechende Stärke der Bauteile und ihrer Verbände. Die Summe der Vertikaldrucke auf die kleinsten Theilchen des Schiffes kann man sich im Schwerpunkte ( $\odot$ ) des Displacements ( $F$ ) angreifend denken. Sie werden bei ruhiger Schiffslage im Gleichgewicht gehalten vom Gesamtgewichte des Schiffes, dessen Angriffspunkt in seinem Schwerpunkte, dem Systemschwerpunkte ( $G$ ), vereinigt gedacht werden kann.

**Hauptspantareal.** Das Hauptspantareal ( $X$  in  $qm$ ) ist der größte Querschnitt des Schiffes.

**Böhligeitsgrade.** Bei jeder Konstruktion sind  $D$ ,  $CWL$ ,  $X$  und die Böhligeitsgrade die Haupttheile, welche die Schiffsform bestimmen.

$\delta$  ist der Böhligeitsgrad (oder Koeffizient) des Displacements.

$\alpha$  ist der Böhligeitsgrad der  $CWL$ .

$\beta$  ist der Böhligeitsgrad des  $X$ .

**Displacementschwerpunkt.** Der Displacementschwerpunkt  $F$  ist der Mittelpunkt der an den einzelnen Theilchen der verdrängten Wassermasse angreifenden Auftriebskräfte, also der Angriffspunkt des Auftriebes. Er wird der Höhe nach nach Wasserlinien und für gewöhnlich in  $m$  unter der  $CWL$  angegeben und der Länge nach nach Spanten errechnet und hierbei sein Abstand in  $m$  bis zum hinteren Perpendikel oder von der Schiffsmittle angegeben.

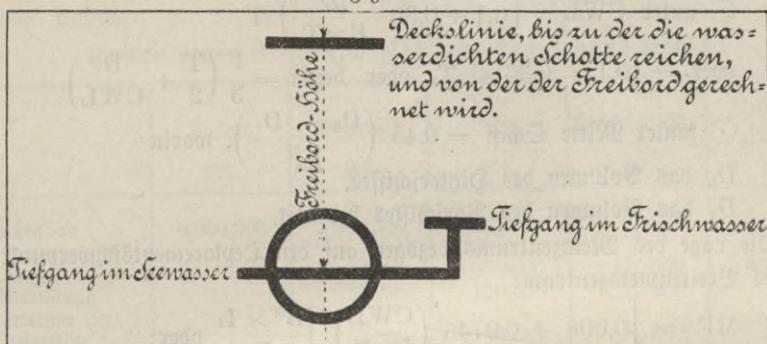
**Flächenschwerpunkte.** Der Schwerpunkt der  $CWL$  ( $\odot_{CWL}$ ) oder der Schwerpunkt anderer Wasserlinien ( $\odot_{WL}$ ) ist der Schwerpunkt ihrer Flächen. Ihre Lage wird in  $m$  vom H. P. oder hinter der Mitte angegeben. Der Schwerpunkt des  $X$  ( $\odot_X$ ) ist der Schwerpunkt dieses Areal. Seine Lage wird in  $m$  unter  $CLW$  oder vom Kiel angegeben.

**Freibord.**  $Fb$ , Freibord, ist die Höhe über Wasser (in  $m$ ) von der Konstruktionswasserlinie bis zur Oberkante des obersten wasserdichten Decks mittschiffs an der Seite gemessen (Schandekeloberkante), meistens  $\frac{1}{3}$  H.

In Deutschland giebt es noch keine gesetzliche Bestimmung über den Freibord und die Reserveschwimmkraft. In ihr steckt die überschüssige Trag- und Schwimmkraft, die das Schiff nach Wassereinbrüchen noch schwimmfähig erhält.

Das englische Handelsamt (board of trade) setzt für alle englischen Handelsschiffe eine gesetzliche Tiefadewasserlinie fest. Für Deutschland soll die in der Skizze angegebene Tiefademarkte eingeführt werden.

Fig. 1.



Die deutsche Tiefademarkte.

**Tiefe im Raum.**  $H$ , Tiefe im Raum, wird (in m) von Oberkante Oberdecksbalken bis Oberkante Kiel gemessen.

**Breitenmetazentrum.**  $M$ , Breiten- oder Lateralmetazentrum, ist der Schnittpunkt der Symmetrieebene mit der Auftriebsrichtung eines Schiffes in geneigter Lage um die Längsachse.

**Längenmetazentrum.**  $M_1$ , Längen- oder Longitudinalmetazentrum, ist das Metazentrum um die Querachse.

**Metazentrische Höhen.**  $MG$ , die metazentrische Höhe, ist die Entfernung des Metazentrums vom Systemsschwerpunkte. Sie ist ein Maß für die Stabilität des Schiffes.  $M_1G$  ist die metazentrische Höhe bei Neigungen um die Querachse. Die Bestimmung derselben ist nothwendig, um die verschiedenen Trimmungen (Tiefgangslagen) eines Schiffes zu errechnen.

**Pferdestärken.**  $P. S. i.$ , indizierte Pferdestärke (= 75 mkg/sec.), ist die Kraft, welche die Maschine in den Cylindern leistet, zum Unterschiede von

$P. S. e.$ , den effektiven Pferdestärken, die als Arbeitsleistung am Propeller, nach Abzug der Leergangs- und Reibungsarbeit in der Maschine und der Wellenleitung zur Bethätigung kommt.

**Geschwindigkeit.**  $v$  ist die Geschwindigkeit des Schiffes in kn, in der Stunde. Der Koeffizient zur Umwandlung der Knoten in Metergeschwindigkeit in der Sekunde (sec.) ist 0,5144.

**Annäherungsformeln.** Der berühmte französische Schiffkonstrukteur Normand hat eine Reihe Annäherungsformeln nach ausgeführten Schiffen, die sich besonders

gut bewährt haben, errechnet. Diese Annäherungsformeln eignen sich vorzüglich zur überschläglichen Ermittlung von Konstruktionsdaten, die dem zu entwerfenden Schiffe gute Seeigenschaften, genügende Stabilität und günstige Formen sichern.

$D$  in cbm =  $0,87 \cdot \left( \frac{\mathcal{V} \times \text{CWL}}{B} \right)$  und hieraus:

$$\text{CWL} = 1,15 \times \frac{D \times B}{\mathcal{V}} \text{ oder } \mathcal{V} = 1,15 \frac{D \times B}{\text{CWL}}$$

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

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

$$\odot \text{ hinter Mitte Schiff} = 0,45 \left( \frac{D_h - D_v}{\mathcal{V}} \right), \text{ worin}$$

$D_h$  das Volumen des Hinterschiffes,

$D_v$  das Volumen des Vorschiffes bedeutet.

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

$$\text{MF} = \left[ 0,008 + 0,0745 \left( \frac{\text{CWL}}{L \times B} \right)^2 \right] \frac{B^3 \times L}{D} \text{ oder:}$$

$$\text{MF} = \frac{B^3 \times L}{D} [0,008 + 0,0745 \alpha^2] \text{ oder Klammerwerth} \times \frac{B^2}{T \times \delta},$$

für das Längenmetazentrum:

$$M_1 F = \left[ 0,008 + 0,077 \left( \frac{\text{CWL}}{L \times D} \right)^2 \right] \times \frac{L^3 B}{D} \text{ oder:}$$

$$M_1 F = \frac{L^3 \times B}{D} [0,008 + 0,077 \alpha^2] \text{ oder Klammerwerth} \times \frac{L^2}{T \times \delta}.$$

**Rechnungen.** Nachdem mit Hilfe dieser Mittel, die meist aus der Erfahrung über ausgeführte gute Schiffe gewonnen sind, der erste Entwurf für ein zu erbauendes Schiff festgelegt ist, werden dann genaue Rechnungen für das Displacement, für die Stabilität, für den Schiffswiderstand, für die Festigkeit der Schiffsverbände und eine genaue Gewichtsberechnung angestellt.

**Gewichtsberechnung und Kostenaufschlag.** Die Gewichtsberechnung dafür wird meist zugleich mit dem Kostenaufschlage für das Schiff aufgestellt. Der Preis pro Tonne der Wasserverdrängung für neuere Fahrzeuge beträgt:

	Preis pro Tonne, einschl. Panzer, Artillerie, Ausrüstung u. s. w.	Kosten pro 1000 kg Maschinengewicht	Kosten pro P. S. i.
für Linienschiffe . . . . .	1825 $\mathcal{M}$	1800 bis 2100 $\mathcal{M}$	140 bis 160 $\mathcal{M}$
= Panzerkreuzer . . . . .	1680 :	1900 : 2300 :	120 : 155 :
= große Panzerdeckkreuzer . . . . .	1700 :	2000 : 2300 :	110 : 140 :
= kleine Kreuzer . . . . .	1700 :	2000 : 2300 :	110 : 140 :
= Kanonenboote . . . . .	1680 :	1800 : 2000 :	100 : 120 :
= Torpedoboote . . . . .	rund 2500 :	3000 : 4000 :	90 : 100 :
= Schnelldampfer . . . . .	500 bis 600 $\mathcal{M}$	1000 : 1800 :	170 : 200 :
= Frachtdampfer			
mit Passagiereinrichtung	300 : 400 :	700 : 900 :	160 : 180 :
= Frachtdampfer . . . . .	180 : 250 (meist 200 $\mathcal{M}$ )	650 : 800 :	150 : 170 :

Trotz besserer und billigerer Arbeitsmethoden sind die Preise in der Neuzeit sehr gestiegen; z. B. kostete ein Panzerschiff aus der Mitte der achtziger Jahre noch 1200 Mk. pro Tonne. Die Preissteigerung rührt nicht allein davon her, daß die Konstruktionen an sich werthvoller und komplizirter geworden sind, sondern besonders von der erheblichen Preiserhöhung für das allerdings auch besser gewordene Material und für Löhne.

Wie sich die Gesamtkosten eines Linien Schiffes vertheilen, zeigt die nachstehende Tabelle.

Kosten eines Linien Schiffes aus dem Jahre 1898.\*)

	Panzer	Material	Löhne	Betriebskosten	Gesamtsumme
	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.	Mk.
1. Schiffbau . . . .	5 000 000	2 580 000	2 640 000	580 000	10 800 000
2. Maschine und Kessel . . . . .		2 120 000	1 570 000	410 000	4 130 000
3. Ausrüstung . . . .		285 000	110 000	20 000	415 000
4. Inventar für Maschine . . . . .		55 000	45 000	10 000	110 000
5. Probefahrtskosten . . . . .					135 000
6. Bewaffnung . . . .					5 000 000
7. Torpedowaffe . . .					710 000
Gesamtsumme . . .	5 000 000	5 040 000	4 365 000	1 050 000	21 300 000

Bei den Kostenanschlägen werden die Preise zusammengestellt, die für die einzelnen Materialien, für die Löhne und für die Betriebskosten zu zahlen sind. Die Privatwerften werden ihren Gewinnzuschlag noch hinzurechnen.

Die Berechnungen des Gewichts und der Kosten werden nach Gruppen vorgenommen, die im Theile des praktischen Schiffbaues besonders aufgeführt werden. Jeder einzelne Bautheil wird bezüglich seines Gewichtes und seiner Lage festgestellt. Es werden Platten, Winkel, Profilstahle, Gußstücke u. s. w. nach den vorhandenen Angaben, wie viel die Einheit des Materials wiegt, errechnet und, wo Angaben über die Einheiten fehlen, das Volumen ausgerechnet und dieses mit dem spezifischen Gewicht des Eisens 7,85 multipliziert, um das Gewicht zu finden. Die Lage jedes Stückes wird bezüglich seines Schwerpunktes vom hinteren Perpendikel oder von Mitte Schiff und von der CWL oder dem Kiel gemessen, so daß das Moment aus Gewicht mal Hebelarm gebildet und dann durch Division der Summe der Momente durch die Summe der Gewichte die Lage des System Schwerpunktes (G, also des Schwerpunktes des Gesamtschiffsgewichtes) der Länge nach vom hinteren Perpendikel oder von Mitte Schiff und der Höhe nach vom Kiel oder von der CWL gefunden werden kann.

\*) In den Zahlen für Panzer, Bewaffnung und Torpedowaffe sind Löhne, Material und Betriebskosten, weil unbekannt, nicht getrennt angegeben.

### c. Displacementsberechnung.

Nachdem durch die Angaben in der Aufgabe zur Konstruktion eines Schiffes, die im Zwecke desselben begründet sind, durch die Konstruktionsgleichung und erfahrungsmäßige Annahmen 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 Theil 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 komplizirt, 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 Displacements Annäherungsmethoden:

1. die Simpson'sche Regel, die in Deutschland, England und Amerika in Anwendung ist;
2. die Bordasche oder Trapezregel, die in Frankreich benutzt wird;
3. die Tschebyscheff'sche Regel, die in Rußland erfunden und dort auch in Gebrauch ist.

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 Theile (theoretisch unendlich [=  $\infty$ ] viel) zerlegt und diese Flächenelemente in irgend einer Form zum ganzen Inhalte aneinander reihet.

**Trapezregel.** Die Bordasche Regel beruht darauf, daß die Länge der Fläche in der Richtung der X-Achse in zahlreiche gleiche kleine Theile  $dx$  zerlegt wird und die Flächentheilchen  $F_0, F_1, F_2, \dots, F_{z-1}, F_z$ , die zwischen den in den gleichen Abständen  $dx$  errichteten Ordinaten  $y_0$  bis  $y_n$  liegen, als Trapeze angesehen und berechnet werden.

$$\text{Es ist} \quad F_0 = \frac{y_0 + y_1}{2} \times dx$$

$$F_1 = \frac{y_1 + y_2}{2} \times dx$$

$$F_z = \frac{y_{n-1} + y_n}{2} \times dx;$$

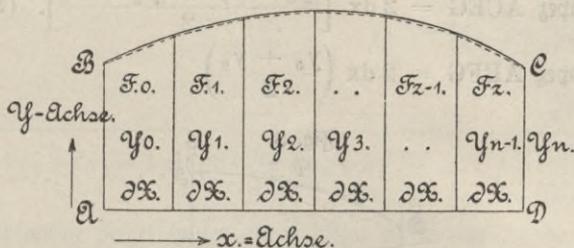
$dx$  bedeutet einen sehr (unendlich) kleinen Theil einer Strecke, die in der Richtung der X-Achse liegt.

Die Summe der Flächenelemente  $S$  ( $F_0$  bis  $F_z$ ) ergibt dann angenähert den Inhalt der von der frummmlinigen Kurve  $BC$  begrenzten Fläche  $ABCD$ . (S. Fig. 2.)

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

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

Fig. 2.



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

Die Borda'sche Regel lautet also: Zur halben Summe der Endordinaten wird die Summe aller Zwischenordinaten, die in den gleichen Theilen der einen Ausdehnung der Fläche errichtet sind, zusammen addirt und die Summe mit der gleichen Entfernung der Ordinaten voneinander multipliziert.

Die Borda'sche Regel giebt bei flachen Kurven und zahlreicher Theilung ziemlich der Wirklichkeit angenäherte Werthe, aber stets zu kleine Resultate.

**Tschebyscheff'sche Regel.** Die Tschebyscheff'sche Methode ist genauer, doch in ihrer Theilung beschränkt. Zu ihrer Anwendung gehört die Kenntniß der höheren Analysis, deren Anwendung absichtlich, um die Verwendung der Mathematik im Leitfaden auf die einfachsten Mittel zu begrenzen, aus allen theoretischen Betrachtungen weggelassen worden ist. Schließlich wird nach Errechnung der Flächeninhalte nach Tschebyscheff, um den Körperinhalt zu errechnen, die Simpson'sche Regel angewandt, die auch die gebräuchlichste ist.

Sie beruht darauf, daß die im Schiffbau zur Berechnung kommenden Linien der Spanten und Wasserlinien bezw. ihre Flächenelemente als Parabelabschnitte angesehen werden. Der Inhalt eines Parabelsegments ist bekanntlich gleich zwei Drittel des umschriebenen Rechteckes.

**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.

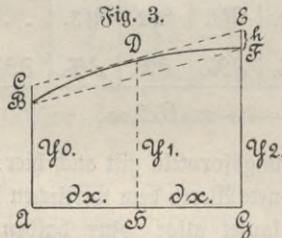
**Wasserlinien.** Wasserlinien entstehen, indem man sich parallel zur Konstruktionschwimmbene in gleichen Theilen der Tiefe durch die Theilpunkte wagerechte Ebenen gelegt denkt, die die Außenhaut des Schiffes in sinoidenförmigen Kurven schneiden, die Wasserlinien genannt werden.

**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. (Siehe Konstruktionszeichnung.)

**Simpson'sche Regel.** Eine Ableitung der Simpson'schen Regel unter Anwendung nur niederer Mathematik ist die folgende:

$$\text{Das Trapez ACEG} = 2 dx \left[ \frac{(y_0 + h) + (y_2 + h)}{2} \right]. \quad (\text{S. Fig. 3.})$$

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



Die Differenz zwischen beiden Trapezen ergibt:

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

Das Kurvensegment BDF, als Parabelsegment aufgefasst, ergibt  $\text{BDF} = \frac{2}{3} dx \times h$ .  $h$  kann aber gleich gesetzt werden:  $\left( y_1 - \frac{y_0 + y_2}{2} \right)$ .

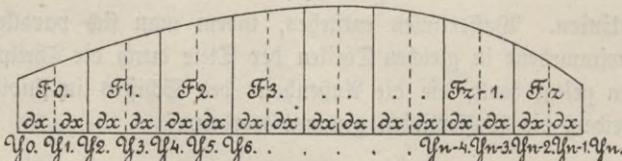
Das ganze Flächenelement ist dann:

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

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

$$\text{Summe } F = F_0 + F_1 + \dots + F_{z-1} + F_z. \quad (\text{S. Fig. 4.})$$

Fig. 4.



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

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

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

$$\vdots$$

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

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

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

Die Simpsonsche Regel lautet also: Man theile eine Fläche, deren Inhalt berechnet werden soll, in eine große Zahl gleicher Theile, so daß man in den Theilpunkten eine ungleiche Anzahl Ordinatn errichten kann, deren natürliche Größe man mit Hilfe des Maßstabes aus der Zeichnung abmisst. Der Werth der Anfangs- und Endordinaten wird mit 1, die Werthe der anderen abwechselnd mit 4 und 2, den Simpsonschen Koeffizienten, multipliziert. Die Summe dieser Produkte wird mit dem dritten Theile der gleichen Theilung 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 Theilung 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  $y_1$  bis  $y_2$ :

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

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

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

Der Rest der Fläche von

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

Die ganze Fläche von

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

Steht eine Ordinate zwischen einem großen und einem kleinen Theilchen der X-Achse, so ist der Simpsonsche Koeffizient gleich der Summe derjenigen, die er als Endordinate jedes der Theile 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 Zwischentheilung, 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 Theile der Theilung der X-Achse multipliziert den angenäherten Inhalt des auszurechnenden Körpers zu erhalten.

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

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

**Errechnung der Schwerpunkte.** Unter dem Moment einer Fläche oder eines Körpers versteht man das Produkt aus Flächeninhalt, oder Körperinhalt bezw. 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 abgetheilten kleinen Flächenelemente bilden und diese Summe der Momente durch den schon nach der vorhergehenden Anwendung der Simpsonschen Regel bekannten Flächeninhalt dividiren. Denkt man sich eine Fläche, deren  $\odot$  der Länge nach von der hintersten Ordinate ab errechnet werden soll, in unendlich viele Theile getheilt, 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 Theilung selbst die Flächenelemente bilden, fortlaufend mit den Koeffizienten der Momente 0 bis  $n$  zu multiplizieren und die mit dem Drittel der Theilung  $dx$  multiplizirten Gesamtsumme dieser Produkte noch mit  $dx$  zu multiplizieren. Es würde dann der  $\odot$  von  $y_0$  entfernt sein:

Hebelarm  $s = \frac{dx \cdot \frac{dx}{3} (0 \times y_0 + 1 \times 4 y_1 + 2 \times 2 y_2 + 3 \times 4 y_3 + 4 \times 2 y_4 + 5 \times 4 y_5 + \dots + n-1 \times 4 y_{n-1} + n \times y_n)}{\frac{dx}{3} (y_0 + 4 y_1 + 2 y_2 + 4 y_3 + 2 y_4 + 4 y_5 + \dots + 4 y_{n-1} + y_n)}$

$= \frac{\frac{dx^2}{3} (4 y_1 + 2 \times 2 y_2 + 3 \times 4 y_3 + 4 \times 2 y_4 + 5 \times 4 y_5 + \dots + n-1 \times 4 y_{n-1} + n y_n)}{\frac{dx}{3} (y_0 + 4 y_1 + 2 y_2 + 4 y_3 + 2 y_4 + 4 y_5 + \dots + 4 y_{n-1} + y_n)}$  (Klammerwerth über dem Bruchstrich = Mom.)

oder  $s = dx \left( \frac{\text{Mom}}{F} \right)$ .

In dem Schema der beigefügten Deplacementsberechnung sind die Werthe der Ordinaten vertikal untereinander und horizontal nebeneinander gereiht und für Rechenzwecke praktischer die Simpsonschen Koeffizienten bezw. die Produkte daneben bezw. 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 Theilung die aneinander gereihten Ordinaten, die jetzt in der Richtung der X-Achse liegen und auf der in unendlich kleine Theile (dy) getheilten 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:

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

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

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

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

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 Bothen, so daß die Schiffstheile, welche über das vordere und hintere Perpendikel hinausragen, als Anhängsel inhaltlich besonders errechnet werden müssen.

Die Deplacementsberechnung (s. Tabellen S. 27 bis 30) 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 nur angenäherte Rechenmethode begründet sind, einander gleich sein. Doch sind beide Rechnungen nothwendig, um
  - a) den Schwerpunkt des Deplacements aus den Zusammenstellungen der Spantinhaltsberechnungen der Länge nach, und
  - b) den Schwerpunkt des Deplacements aus den Zusammenstellungen der Wasserlinien-Inhaltsberechnungen 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 Entwürfe dadurch weiter fortgeföhren werden, daß mit den zeichnerischen Arbeiten begonnen wird.

Rechnerische und zeichnerische Arbeiten beim Entwürfe 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.

**Deplacementskala.** Das erste, was der Konstrukteur in der Regel zeichnet, ist eine Deplacements- oder Spantenskala. Diese Kurve umschließt den zahlenmäßigen Werth des Deplacements. Sie entsteht, indem man auf der Schiffslänge maßstäblich zwischen den Perpendikeln gleiche Theile (etwa 10 bis 20, je nach der Länge des Schiffes) im Vielfachen der Bauspantentfernung (1 bis 1,2 m) mit dem Zirkel abträgt. In den Theilpunkten werden dann Lothe errichtet, auf denen die Areale der Spantflächen in linearer Abmessung in einem bestimmten Maßstabe (z. B. 1 cm  $\approx$  2 qm) abgetragen werden. Die Endpunkte dieser in der Konstruktionspantentfernung stehenden Lothe 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 Entwürfe und Zeichnen der einzelnen Konstruktionspanten ist ein bestimmter Anhalt vorhanden. Nur, wenn die Kurve selbst einen reinen Verlauf ergiebt, d. h. die Rechnungspunkte strafen, sind die Spantareale richtig gerechnet.

**Schema für eine Displacementsberechnung.**

Länge zwischen den Berenbitteln 94.0 m; größte Breite in der CWL 14.0 m; Konstruktionsstiefe 6.9075 m.  
 Wafferflächentheilung  $d = 6.9075 \cdot 9 = 0.7675 \text{ m}$ ;  $\frac{d}{3} = 0.2558 \text{ m}$ ; Spantenheilung  $h = 94 \cdot 12 = 7.833$ ;  $\frac{h}{3} = 2.611 \text{ m}$ .

Wafferlinie		CWL		1		2		3		4		5		6		7		8		Σimp. Koeff.		Σprod.		Σmomente	
Σpt. Nr.	Σimp. Koeff.	1/2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1/2	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	
0	1/4	2.142	0.535	1.660	0.415	1.320	0.380	1.176	0.294	0.620	0.155	0.376	0.094	0.360	0.090	0.350	0.088	0.290	0.073	10.940	1/4	2.860	6	15.960	
1/2	1	1.071	3.310	2.794	2.794	2.292	2.292	1.770	1.770	1.280	1.280	0.880	0.880	0.630	0.630	0.450	0.450	0.360	0.360	17.825	1	17.825	5 1/2	98.038	
1	3/4	1.655	3.188	3.810	2.858	3.290	2.408	2.700	2.025	2.104	1.578	1.520	1.140	1.010	0.757	0.680	0.510	0.460	0.345	26.179	3/4	19.634	5	98.170	
2	2	4.250	5.870	10.740	5.058	10.116	4.592	9.184	4.000	4.000	3.256	6.512	3.080	4.760	3.080	3.080	2.820	2.820	1.640	44.164	2	88.328	4	353.312	
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	4.075	4.075	2.638	2.938	1.630	1.630	60.068	1	60.068	3	180.294	
4	2	3.860	13.520	13.636	13.596	13.460	13.240	12.940	12.560	5.600	11.880	11.980	11.980	11.980	11.980	11.980	11.980	11.980	11.980	70.237	2	140.474	2	280.948	
5	1	3.630	6.930	6.978	6.978	6.970	6.970	6.904	6.904	6.750	6.750	6.420	6.420	6.420	6.420	6.420	6.420	6.420	6.420	74.944	1	74.944	1	74.944	
6	2	3.665	13.930	7.000	14.000	7.000	14.000	6.950	13.900	6.802	13.604	6.524	13.048	6.030	12.060	5.080	10.160	3.190	6.380	76.017	2	152.034	0	1.101.005	
7	1	3.482	6.770	6.790	6.790	6.770	6.770	6.700	6.700	6.550	6.550	6.270	6.270	6.270	6.270	6.270	6.270	6.270	6.270	73.049	1	73.049	1	73.049	
8	2	3.885	12.376	6.850	12.240	6.850	12.240	6.780	12.160	6.580	11.820	6.480	10.960	6.160	9.960	4.860	9.720	4.820	4.820	73.049	1	73.049	2	146.098	
9	1	3.094	5.130	4.980	4.980	4.940	4.940	4.880	4.880	4.660	4.660	4.460	4.460	4.460	4.460	4.460	4.460	4.460	4.460	64.524	2	129.048	2	258.096	
10	2	2.665	7.260	3.470	6.940	3.280	6.560	3.090	6.180	2.870	5.740	2.600	5.200	2.240	4.480	1.740	3.480	0.980	1.960	50.142	1	50.142	3	150.426	
11	3/4	1.823	1.388	1.730	1.297	1.600	1.200	1.470	1.102	1.340	1.005	1.180	0.885	1.000	0.750	0.770	0.577	0.420	0.315	32.808	2	65.006	4	260.024	
11 1/2	1	0.925	0.940	0.880	0.880	0.830	0.830	0.800	0.800	0.730	0.730	0.650	0.650	0.570	0.570	0.430	0.430	0.180	0.180	15.975	3/4	11.531	5	57.655	
12	1/4	0.470	0.000	0.136	0.034	0.200	0.050	0.240	0.060	0.730	0.067	1.200	0.060	0.370	0.060	0.860	0.060	0.060	0.060	8.210	1	8.210	5 1/2	45.155	
		0	0	0.272	0	0.200	0.050	0.240	0.060	0.270	0.067	0.480	0.060	0.270	0.067	0	0	0	0	1.972	1/4	0.498	6	2.958	
1/2 WL Σreat		90.870		88.216		84.659		79.829		73.197		64.161		51.111		30.322		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σimp. Koeff.		46.434		88.216		169.318		79.829		146.394		64.161		102.222		15.161		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
ΣW = 893.476		0		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Koeffizienten		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970		384.966		715.554		121.288		Σ = 893.476		Σ = 893.476					
Σmomente		181.740		176.432		507.954		319.316		731.970															

33a6 WL 1			33a6 WL 2			33a6 WL 3			33a6 WL 4			33a6 WL 5			33a6 WL 6			33a6 WL 7		
$\frac{1}{2}$ WL Streckl $\times \frac{1}{2} h$	Streo- brette	Gebel	Momente	$\frac{1}{2}$ WL Streckl $\times \frac{1}{2} h$	Streo- brette	Gebel	Momente	$\frac{1}{2}$ WL Streckl $\times \frac{1}{2} h$	Streo- brette	Gebel	Momente	$\frac{1}{2}$ WL Streckl $\times \frac{1}{2} h$	Streo- brette	Gebel	Momente	$\frac{1}{2}$ WL Streckl $\times \frac{1}{2} h$	Streo- brette	Gebel	Momente	
90,870 $\frac{1}{2}$	45,435	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
88,916	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	2 159,658	1	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	1 73,197	2	146,394	73,197 $\frac{1}{2}$	36,599	0	—	—	—	—	—	
64,161	2 128,322	5	641,610	64,161	1 64,161	4	256,644	64,161	2 128,322	3	384,966	64,161	2 128,322	1	128,322	64,161 $\frac{1}{2}$	32,081	0	—	
51,111 $\frac{3}{4}$	38,333	6	229,998	51,111	2 102,222	5	511,110	51,111 $\frac{3}{4}$	38,333	4	153,332	51,111 $\frac{3}{4}$	38,333	3	306,666	51,111 $\frac{3}{4}$	38,333	2	76,666	
41,896	1 41,896	7	272,824	41,896	1 41,896	6	251,776	41,896	1 41,896	5	209,450	41,896	1 41,896	4	167,520	41,896 $\frac{1}{2}$	20,948	0	—	
30,322 $\frac{1}{4}$	7,580	7	53,040	30,322 $\frac{1}{4}$	7,580	5	37,900	30,322 $\frac{1}{4}$	7,580	4	30,640	30,322 $\frac{1}{4}$	7,580	3	22,740	30,322 $\frac{1}{4}$	7,580	2	15,161	
	755,512		621,193		1 621,193		367,882		307,882		612,026		252,730		332,468		140,464		132,543	
	2 314,504		1 621,193		1 621,193		1 621,193		1 621,193		1 621,193		1 621,193		1 621,193		1 621,193		1 621,193	
	755,512 $\times \frac{h}{g} \times d \times 4 \times 2 =$		621,193 $\times \frac{h}{g} \times d \times 4 \times 2 =$		491,315 $\times \frac{h}{g} \times d \times 4 \times 2 =$		867,882 $\times \frac{h}{g} \times d \times 4 \times 2 =$		352,730 $\times \frac{h}{g} \times d \times 4 \times 2 =$		140,464 $\times \frac{h}{g} \times d \times 4 \times 2 =$		62,253 $\times \frac{h}{g} \times d \times 4 \times 2 =$							
	4037,45 Cepl. in ebn		3 319,65 Cepl. in ebn		2 625,59 Cepl. in ebn		1 965,8 Cepl. in ebn		1 350,589 Cepl. in ebn		798,736 Cepl. in ebn		322,08 Cepl. in ebn							
	2 314,504 $\times d$ : 755,512 =		1 621,193 $\times d$ : 621,193 =		1 070,789 $\times d$ : 491,315 =		612,026 $\times d$ : 867,882 =		332,468 $\times d$ : 252,730 =		132,543 $\times d$ : 140,464 =		28,253 $\times d$ : 62,253 =							
	2,351 Cepl. $\odot$ unter WL 1		2,01 Cepl. $\odot$ unter WL 2		1,673 Cepl. $\odot$ unter WL 3		1,359 Cepl. $\odot$ unter WL 4		1,006 Cepl. $\odot$ unter WL 5		0,650 Cepl. $\odot$ unter WL 6		0,352 Cepl. $\odot$ unter WL 7							

**Deplacmentsstärkerpunkte.**  
a. der Länge nach.

**3 u f a m m e n e i l l u n g**

Raffinerie 6			Raffinerie 4			Raffinerie 2			Z u f a m m e n e i l l u n g			
⊕pt.	1/2 Wecl	⊕	1/2 Wecl	⊕	⊕	1/2 Wecl	⊕	⊕	Depl. in	⊕	⊕	⊕
1/2	bis WL 6	⊕	bis WL 4	⊕	⊕	bis WL 2	⊕	⊕	ebm	bis	bis	bis
⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
0	1,095	1,896	2,967	3,402	5,659	1/4	1,397	6	8,882	4,774,36	2,229	10,642,9
1/2	1,903	7,673	4,110	22,605	9,436	3/4	9,436	5/2	91,898	139,88	4,77	667,0
2	2,060	7,555	6,692	25,093	14,789	2/3	56,190	4	55,460	380,87	40,00	1294,8
3	4,680	37,440	14,882	115,056	28,093	2	115,056	3	224,760	21,00	48,72	1093,1
4	8,728	20,184	23,442	20,326	41,192	1	41,192	2	199,584	4966,44	33,57	13,567,8
5	12,948	24,466	30,083	120,332	49,896	2	49,896	1	54,038			
6	14,220	14,220	33,370	33,370	54,038	1	54,038	0	717,698			
7	14,770	29,540	0	390,186	55,035	2	110,070	0	52,699	3819,69	15,98	5904,8
8	13,949	13,949	32,639	32,639	52,699	1	52,699	2	181,620	139,88	4,77	667,0
9	12,022	24,044	2	113,440	46,156	2	46,156	2	168,800	30,87	40,0	1294,8
10	8,767	1,8767	1	21,167	35,172	1	35,172	3	105,316	6,30	48,44	7511,8
11	5,090	2,10180	4	40,720	22,100	2	22,100	2	39,210	3496,67		
12	1,235	1,690	5	21,676	17,618	3/4	17,618	0	2,490	1965,80	0,795	1562,8
144,504		149,405		367,853	621,170		621,170		590,852	193,88	4,77	667,0
143,869		390,186		717,698	717,698		717,698		1965,80	30,87	40,0	1294,8
		352,824		590,852	590,852		590,852		2196,50	1178,6		1,239 m.

**b. der Höhe nach.**

CWL			WL 1			WL 2			WL 3			WL 4			LW 5			WL 6			WL 7			WL 8						
Depl.	⊕	⊕	Depl.	⊕	⊕	Depl.	⊕	⊕	Depl.	⊕	⊕	Depl.	⊕	⊕																
ebm	m	m	ebm	m	m	ebm	m	m	ebm	m	m	ebm	m	m																
4774,36	2,666	12872,0	4037,45	2,451	9492,06	3319,67	2,01	6622,54	2923,59	1,673	4932,61	1965,80	1,399	2632,21	1350,89	1,009	1862,74	798,74	0,690	543,14	839,860	0,352	117,10	139,88	6,480	506,10	139,88	4,77	667,0	
536	4,066	906,10	139,88	6,713	798,56	139,88	4,946	691,60	139,88	4,718	554,31	139,88	3,41	470,52	139,88	2,646	369,07	139,88	1,375	292,18	139,88	1,108	154,68	139,88	0,94	47,54				

Depl. bis zu der betriff. WL = im WL 8 in Unterfante Stiel  
 ⊕ Draußen und Stellenböde  
 Ruder  
 an Aufschwellung für die Stelle  
 an Aufschwellung für die Stelle  
 an Aufschwellung für die Stelle

⊕ unter CWL für Depl. bis CWL = 2,808 bis WL 2 = 2,128 bis WL 3 = 1,796 bis WL 4 = 1,497 bis WL 5 = 1,156 bis WL 6 = 0,864 bis WL 7 = 0,577 bis WL 8 = 0,340

### Hauptbaum-Reval.

bis WL 6	bis WL 4	bis WL 2	bis CWL
$14,77 \times \frac{d}{3} \times 4 + 2,82 =$ $\underline{17,94 \text{ qm}}$	$34,234 \times \frac{d}{3} \times 4 + 2,82 =$ $\underline{37,85 \text{ qm}}$	$55,085 \times \frac{d}{3} \times 4 + 2,82 =$ $\underline{59,13 \text{ qm}}$	$76,017 \times \frac{d}{3} \times 4 + 2,82 \times$ $\underline{80,60 \text{ qm}}$

bis WL 8 = 2,82 qm

### Verdrängungskoeffizient.

Für Depl. bis WL 6	Für Depl. bis WL 4	Für Depl. bis WL 2	Für Depl. bis CWL
$L (\text{Schiffgeb. Repperb.}) \times \frac{1}{2} B \times T =$ $94 \times 6,08 \times 2,31 = 1309,35$ $\frac{1}{2} \text{ Depl.} = 475,68$ $475,68 : 1309,35 =$ $\underline{0,363 \text{ Depl. Koeff.}}$	$L \times \frac{1}{2} B \times T =$ $94 \times 6,802 \times 3,84 = 2455,63$ $\frac{1}{2} \text{ Depl.} = 1068,25$ $1068,25 : 2455,63 =$ $\underline{0,435 \text{ Depl. Koeff.}}$	$L \times \frac{1}{2} B \times T =$ $94 \times 7 \times 5,375 = 3536,75$ $\frac{1}{2} \text{ Depl.} = 1748,34$ $1748,34 : 3536,75 =$ $\underline{0,494 \text{ Depl. Koeff.}}$	$L \times \frac{1}{2} B \times T =$ $94 \times 6,965 \times 6,91 = 4524,05$ $\frac{1}{2} \text{ Depl.} = 2483,22$ $2483,22 : 4524,05 =$ $\underline{0,549 \text{ Depl. Koeff.}}$

### Tonnen pro cm Tauchung.

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

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

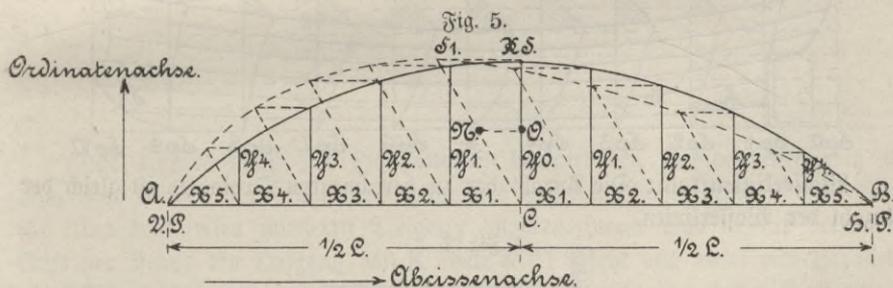
Der geübtere Konstrukteur versteht ohne besondere Hilfsmittel eine Deplacementskala zu entwerfen und probirt durch Zu- oder Abnehmen mit Hilfe der angenäherten Inhaltsrechnung nach Simpson, bis er den richtigen Werth der auf anderem Wege ermittelten Größe des Deplacements in seiner Deplacementsskalensfläche 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 theilt sie in etwa zehn gleiche Theile. In der Mitte errichtet man ein Loth, das man nach einem bestimmten Maßstabe so lang macht, daß es dem Areale des  $\mathbb{X}$  in linearer Abmessung entspricht.

Man erhält dann für jede Abscisse  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  die zugehörige Ordinate  $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5$ , wenn man in die Parabelgleichung:  $y = \mathbb{X} \left[ \frac{x}{\frac{1}{2}L} \right]^n$ , worin  $n = \frac{\delta}{\beta - \delta}$ , die zahlenmäßigen Werthe für  $x_1, x_2$  u. s. f. einsetzt.

Die so konstruirte Parabel entspricht dann dem Deplacement.



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

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

Soll nun der Deplacements- $\odot$  (N) um ON hinter der Mitte liegen, so ist dieses Maß  $\parallel$  zu AB von O 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 dann durch passende Verjähmung (Einziehung) der Enden und erneute Kontrolle durch Inhaltsberechnung nach Simpson, daß das verlangte Deplacement auch wirklich vorhanden ist.

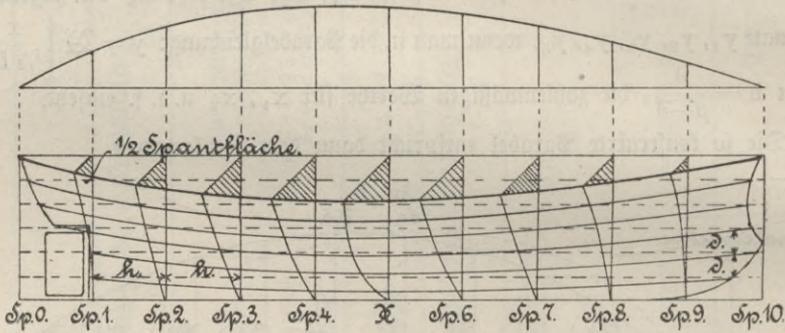
Ebenso kann man Wasserlinien- und Spantenformen, besonders CWL und  $\mathcal{W}$ , mit Hülfe von Parabeln finden. Man kann zur Rechnung benutzen für:

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

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

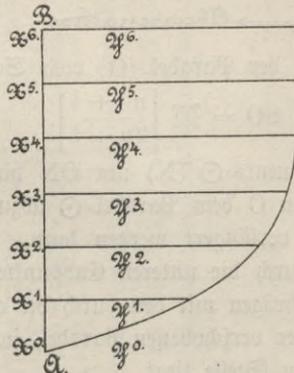
Man hat mit Hülfe der Deplacementskala für jedes Spant seinen Inhalt und kann nun mit Hülfe der zum Zeichnen zur Verfügung stehenden Mittel, wie Zirkel, Lineale, Kurventlineale, Strahlatten mit Gewichten u. s. w., für jedes Spant eine Form suchen, deren Inhalt man mit Hülfe der Simpsonschen Regel kontrollirt und so lange probirt, bis der Inhalt so groß ist, wie er der betreffenden Stelle der Skala entspricht. Uebung und Erfahrung spielen hierbei, wie überall im Schiffbau, für das gute zweckentsprechende Gelingen eine Hauptrolle.

Fig. 6.



Wasserlinienskala: Die Anzahl der zu berechnenden Ordinaten ist gleich der Anzahl der Wasserlinien.

Fig. 7.



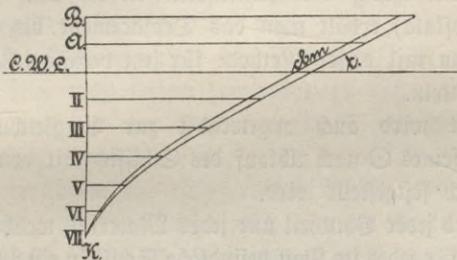
Die Gleichung der Parabel lautet:  $y = px^n$ , worin  $n = \frac{\delta}{\gamma - \delta}$  ist. ( $p$  ist der Parameter, d. i. die Ordinate im Brennpunkt. Entfernung des Scheitels bis zum Brennpunkt =  $1/2 p$ .)

Man wendet die Wasserlinienskala bei gegebener metazentrischer Höhe an. Man bestimmt die Bölligkeitsgrade (mit Hülfe von Annäherungsformeln), legt den  $\odot$  des Deplacements der Höhe nach fest und verschiebt dann den  $\odot$  der Wasserlinienskala entsprechend den Maßnahmen, die bei der Spantenkala beschrieben worden sind. Man kann so ein bestimmtes Areal für jede Wasserlinie inne halten 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 Theile getheilt ist, in linearem beliebigen Maßstabe von den Theilpunkten aus Horizontale legt, deren Längen den Wasserlinienarealen an den betreffenden Tiefgangsstellen entsprechen. Die oberste Horizontale ist die CWL, die unterste der Kiel.

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

Fig. 8.



Das lineare Maß der Horizontalen bedeutet den Deplacementswerth in cbm oder in t. Man kann mit Hülfe 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 angiebt. Die Berechnung des Lastenmaßstabes geschieht bis etwa 1 m über CWL.

**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.

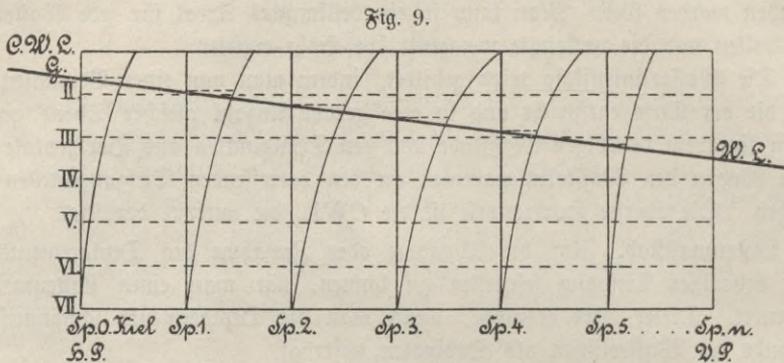
Für das Areal (A) zwischen zwei Ordinaten  $y_1$  und  $y_2$  hat man:

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

Allgemein sind: h = Spantabstand, d = Wasserlinienabstand.

Diese Spantinhaltsskalen oder Spantintegralkurven werden besonders benutzt zu Berechnungen des Deplacements bei von der Konstruktionslage abweichenden Schwimmlagen. Für diese zur CWL geneigte Tiefgangslinie GWL 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 Parallelele zur CWL zieht. Der Schnittpunkt dieser mit der jeweiligen Integralkurve ergibt in seiner Ordinate das eingetauchte Spantareal.



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

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 Bautheil und jedes Material, welches an Bord gebracht wird, vermogen und für jedes im Bau befindliche Schiff in ein Wiegebuch eingetragen.

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

#### d. 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 Ruhezustande schwimmenden Körper übt die Flüssigkeit einen Druck aus, der senkrecht aufwärts wirkt und im Deplacementschwerpunkt des Körpers angreifend gedacht werden kann. Soll der Körper im Ruhezustand schwimmend verharren, so muß dem Auftrieb entgegengesetzt mit gleichem Drucke die Schwerkraft des Gewichts des Körpers wirken, die im Systemchwerpunkte 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 Deplacements- $\odot$  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 Gewichtstheile selbst verändert werden), während der Deplacements- $\odot$  mit der jeweiligen Neigung des Schiffes seine Lage wechselt.

Das Gesamtvolumen des eingetauchten Theiles des Schiffes ändert sich zwar bei Veränderung der Schifflage nicht, aber der Deplacementskörper verliert die symmetrische Gestalt. Der Deplacements- $\odot$  rückt aus der vertikalen Längsschiffsebene nach jener Seite, in der sich der größere Volumenthail nach der Neigung befindet.

Bei jeder Neigung des Schiffes entsteht durch das Hinusrücken des Deplacements- $\odot$  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 Beurtheilung 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 Deplacements- $\odot$  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 austauchenden Seite verschoben und das Schiff kentert.

**Metazentrum.** Das Wort Metazentrum leitet sich ab aus Meta, die Grenze, und Centrum. 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 Vertheilung 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 Vertheilung 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.

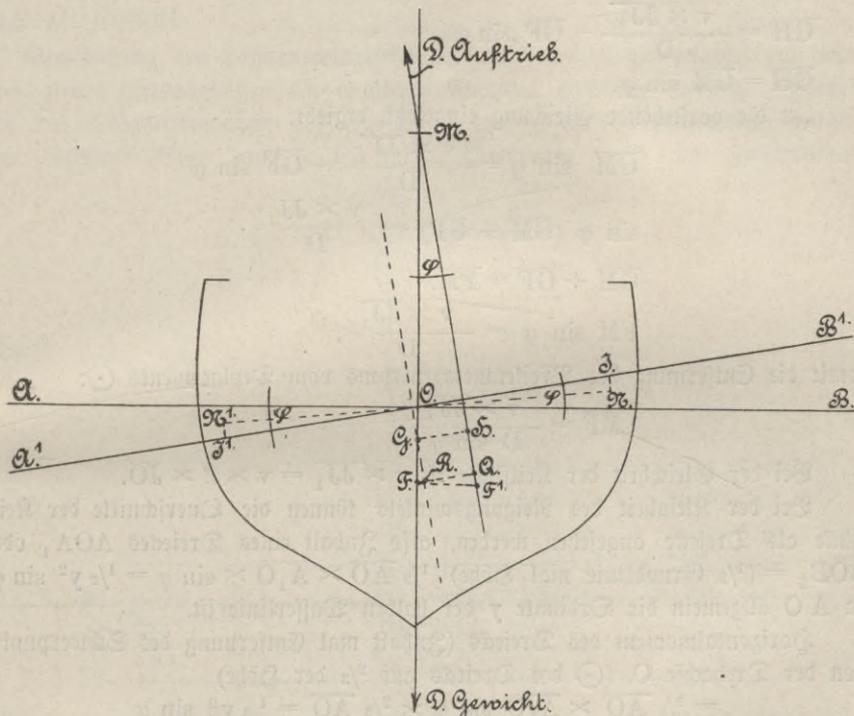
Man unterscheidet ferner statische und dynamische Stabilität.

- 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 nöthig ist, um das Schiff um einen bestimmten Winkel zu frängen.

**Ermittlung des Breitenmetazentrums.** Zur Ermittlung eines Ausdruckes für das Breitenmetazentrum werde ein Schiff um den unendlich kleinen Winkel  $\varphi$  geneigt. Die unmittelbar aufeinander folgenden 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  $\overline{A_1 O} = \overline{BO} = \overline{B_1 O}$ . Bei der Drehung findet eine Vergrößerung oder Verminderung des Deplacements nicht statt; und weil die Neigung nur um einen unendlich kleinen Winkel gedacht ist, müssen die beiden Keilstücke, deren Querschnitte in der Figur als  $AOA_1$  und  $BOB_1$  erscheinen, nach Form und Inhalt gleich sein.

Fig. 10.



Der Hebelarm  $\overline{GH}$  des Kräftepaares aus Auftrieb und Schwerkraft ist die Senkrechte aus dem System- $\odot$  ( $G$ ) auf die Auftriebsrichtung gefällt. Das Moment dieses Kräftepaares 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 Deplacements- $\odot$  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 gesammten Körpers zu jenem der

auf ihm verschobenen Massen. Im vorliegenden Falle, wenn  $v$  das Volumen des Keilstückes bezeichnet, ist:

$$\frac{\overline{FF}_1}{\overline{NN}_1} = \frac{v}{D} \text{ oder } \overline{FF}_1 = v \times \frac{\overline{NN}_1}{D}$$

Sind  $J$  und  $J_1$  die Projektionen der Schwerpunkte  $N$  und  $N_1$  auf  $A_1 B_1 A_1 B_1$ , so ist:

$$\frac{\overline{FQ}}{\overline{JJ}_1} = \frac{v}{D}, \text{ wenn } \overline{FQ} \text{ normal zu } \overline{QM}.$$

$\overline{GH}$  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 Displacements  $\odot$ :

$$\overline{MF} = \frac{v \times \overline{JJ}_1}{D \sin \varphi}.$$

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 Dreiecks  $AOA_1$  oder  $BOB_1 = (1/2 \text{ Grundlinie mal Höhe}) \frac{1}{2} \overline{AO} \times \overline{A_1 O} \times \sin \varphi = \frac{1}{2} y^2 \sin \varphi$ , 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  $2/3$  der Höhe)

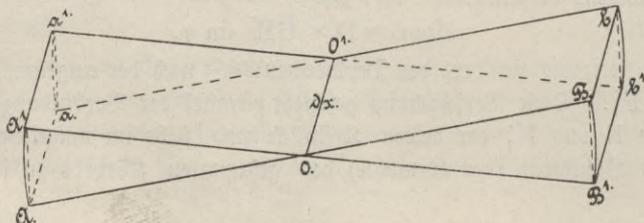
$$= \frac{1}{2} \overline{AO} \times \overline{A_1 O} \sin \varphi \times \frac{2}{3} \overline{AO} = \frac{1}{3} y^3 \sin \varphi$$

$$= \text{Horizontalmoment jedes Keilquerschnittes.}$$

Das Horizontalmoment einer unendlich kleinen Schicht des Keilstückes, die aus dem zitronenscheibenförmigen Keilstücke herausgeschnitten gedacht ist, wie untenstehende Figur zeigt, ist dann:

$$\frac{1}{3} y^3 \sin \varphi \times dx.$$

Fig. 11.



$2 v \times \overline{JO}$  kann mit Hilfe der Simpsonschen Annäherungsformel über die ganze Länge der Schwimmebene errechnet werden, und MF ist dann:

$$\overline{MF} = \frac{2/3 \times \frac{dx}{3} \sin \varphi [y_0^3 + 4y_1^3 + 2y_2^3 + 4y_3^3 + \dots + 4y_{n-1}^3 + y_n^3]}{D \sin \varphi}$$

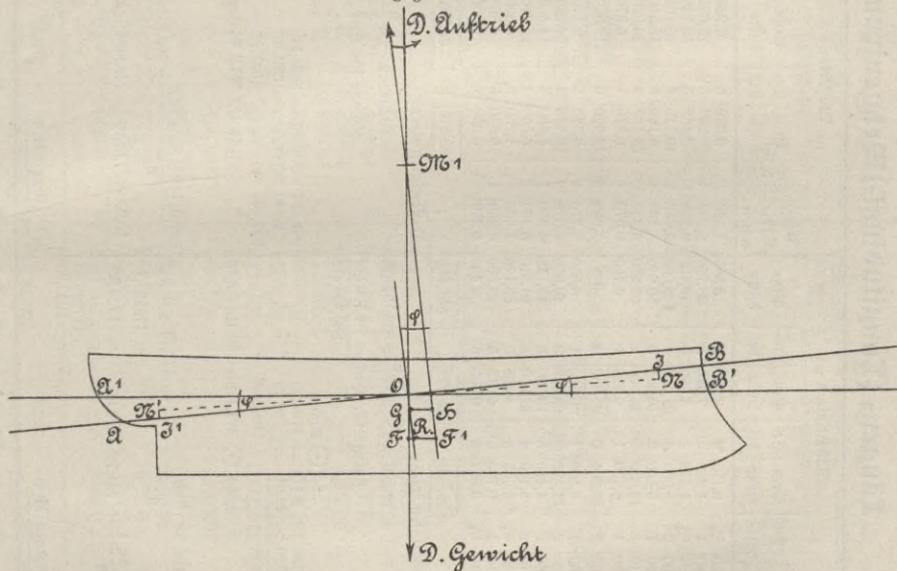
oder:

$$\overline{MF} = \frac{\text{Trägheitsmoment der Schwimmebene bezogen auf die Symmetrieachse}}{D \text{ in cbm}}$$

weil der Zähler das Trägheitsmoment\*) einer Schwimmebene bezogen auf die Längsachse darstellt.

**Ermittlung des Längenmetazentrums.** Für das Längenmetazentrum kann durch gleiche Betrachtungen ein ähnlicher 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

Fig. 12.



Berechnungsordinaten = halbe Spantbreiten) des vorderen Theiles der Schwimmebene und  $y_0'$  bis  $y_n'$  die Ordinaten der hinteren Hälfte der Schwimmebene, so ist:

$$\overline{M_1 F} = \frac{2/3 \times dx^3 [0 \times y_0 + 1^2 \times 4y_1 + 2^2 \times 2y_2 + \dots + (n-1)^2 \times 4y_{n-1} + n^2 y_n + 0 y_0' + 1^2 \times 4y_1' + 2^2 \times 2y_2' + 3^2 \times 4y_3' + \dots + n^2 y_n']}{D}$$

$$\overline{M_1 F} = \frac{\text{Trägheitsmoment der Schwimmebene bezogen auf die Querachse}}{D \text{ in cbm}}$$

\*) Die Mechanik bezeichnet als Trägheitsmoment diejenige ideale Masse, welche in der Entfernungseinheit von der Drehungsachse eines rotirenden Körpers konzentriert gedacht, bei gleicher Winkelgeschwindigkeit dieselbe lebendige Kraft besitzt, wie der rotirende Körper. Sie findet das Trägheitsmoment eines Körpers, indem die Summe gebildet wird aus den Produkten aller Massentheilchen mit den Quadraten ihrer Abstände von der Drehungsachse.

Schema zur Berechnung der Längen- und Breitenmetazentren nach der Simpson'schen Regel.

D = Volumen (Depl.)  
 A = Area der Schiffseinfiniten.  
 a =  $\frac{D}{A}$

Längen- (Longitudinal-) Metazentrum.

Längd ab ③	Balkenlinie 6.				Balkenlinie 4.				Balkenlinie 2.				CWL								
	WL- Drbi- naten	$\frac{1}{300}$ ⑤	Pro- butte	St- bel	Pro- butte	St- bel	Pro- butte	St- bel	WL- Drbi- naten	$\frac{1}{300}$ ⑤	Pro- butte	St- bel	Pro- butte	St- bel	WL- Drbi- naten	$\frac{1}{300}$ ⑤	Pro- butte	St- bel	Pro- butte	St- bel	
0	0,390	1/4	0,090	6	0,155	6	9,980	6	1,320	1/4	0,330	6	1,980	6	2,142	1/4	0,555	6	3,210	6	19,280
1	0,630	1/4	0,630	5 1/2	1,280	5 1/2	7,040	5 1/2	2,292	1/4	2,292	5 1/2	12,606	5 1/2	9,310	1/4	3,310	5 1/2	18,205	5 1/2	100,128
2	1,010	3/4	0,750	5	1,940	5	7,890	5	3,290	3/4	4,016	5	20,340	5	4,250	3/4	3,188	5	15,940	5	79,700
3	2,380	2	4,760	4	8,000	4	32,000	4	5,058	2	10,118	4	40,464	4	11,200	2	11,200	4	44,800	4	179,200
4	4,75	1	4,075	3	12,225	3	36,675	3	6,150	1	13,450	3	18,540	3	6,360	1	6,360	3	19,080	3	57,240
5	5,296	2	10,592	2	21,184	2	42,368	2	12,880	2	13,400	2	18,820	2	13,520	2	13,520	2	27,040	2	54,080
6	5,870	1	5,870	1	6,750	1	6,750	1	6,970	1	6,970	1	6,970	1	6,930	1	6,930	1	6,930	1	6,930
7	6,030	2	12,060	0	6,802	0	36,980	0	7,000	2	14,000	0	11,982	0	6,965	2	13,930	0	135,205	0	0
8	5,750	1	5,750	1	6,550	1	6,550	1	6,770	1	6,770	1	6,770	1	6,770	1	6,770	1	6,770	1	6,770
9	4,995	2	9,990	2	11,520	2	23,040	2	46,080	2	12,140	2	24,280	2	12,378	2	12,378	2	24,752	2	49,504
10	3,720	1	3,720	3	11,160	3	33,480	3	40,140	3	4,850	3	14,550	3	5,130	3	5,130	3	15,390	3	46,170
11	2,940	2	4,480	4	4,740	4	22,960	4	3,280	2	6,560	4	26,240	4	7,290	2	7,290	4	29,160	4	116,640
12	1,000	3/4	1,750	5	18,750	5	5,025	5	1,600	3/4	1,200	5	6,000	5	30,000	3/4	1,388	5	6,940	5	34,700
11 1/2	0,570	1/4	0,570	5 1/2	7,305	5 1/2	4,015	5 1/2	2,633	1/2	0,890	5 1/2	4,565	5 1/2	25,108	1/2	0,940	5 1/2	5,170	5 1/2	28,435
12	0,270	1/4	0,270	6	0,067	6	0,405	6	0,200	1/4	0,050	6	0,300	6	1,800	1/4	0	6	0	6	0

**Balkenlinien-Viertel**

$64,161 \times 2 \times 2 \times \frac{h}{3} = 670,10 \text{ qm}$

$66,112$   
 $- 62,100$   
 $4,012 \times h = 64,161 = 0,490 \cdot W \text{ I. 6 hint.}$

**Stützmoment -  $Aa^2$**

$\frac{0,5 \text{ V}}{391,604 \times (7,833)^2 \times 2} = 395,05 (0,49)^2$

$263,77 \text{ m} = M_1 \text{ V} = \text{Längsmetazentrum über Depl.}$

$0,5 \text{ V} = 475,68$

$0,1 \times M_1 G \times \text{Depl.} = 0,1 \times 259,88 \times 976,14 = 259,6 \text{ mt}$

**Balkenlinien-Viertel**

$59,829$

$79,829 \times 2 \times 2 \times \frac{h}{3} = 833,794 \text{ qm}$

$83,734 \times 2,115 = 1763,85$

$1,720 \times 47,81 = 82,23$

$835,424$

$2,209 \cdot W \text{ I. 6 hint.}$

$554,108 \times (7,833)^2 \times 2 = 417,73 \times (2,21)^2$

$2,86 \times 1 + (44,7)^2 \times 0,86 = 1754,97,7$

$17223,65$

$1068,25$

$165,9 \text{ m} = M_1 \text{ V}$

$0,1 \times 162,93 \times 2189,91 = 379,6 \text{ mt}$

**Balkenlinien-Viertel**

$88,216$

$88,216 \times 2 \times 2 \times \frac{h}{3} = 921,227 \text{ qm}$

$921,227 \times 3,29 = 3031,17$

$6,640 \times 48,6 = 322,70$

$927,967$

$3,61 \cdot W \text{ I. 6 hint.}$

$682,047 \times (7,833)^2 \times 2 = 463,93 \times (3,61)^2$

$30,20 \times (1,075)^2 + (43,39)^2 \times 3,32 = 6250,5$

$215782,7$

$17483,34$

$125,10 \text{ m} = M_1 \text{ V}$

$0,1 \times 123 \times 3584,09 \text{ t} = 469 \text{ mt}$

**Balkenlinien-Viertel**

$92,867$

$92,867 \times 2 \times 2 \times \frac{h}{3} = 989,903 \text{ qm}$

$989,903 \times 3,966 = 3846,84$

$12,62 \times 48,91 = 617,24$

$982,623$

$4,54 \cdot W \text{ I. 6 hint.}$

$778,758 \times (7,833)^2 \times 2 = 491,26 \times (4,54)^2$

$43,96 \times (1,91)^2 + (41,46)^2 \times 0,31 = 10948,6$

$250384,1$

$24859,22$

$100,8 \text{ m} = M_1 \text{ V}$

$0,1 \times 99,665 \times 5090,6 = 509,2 \text{ mt}$

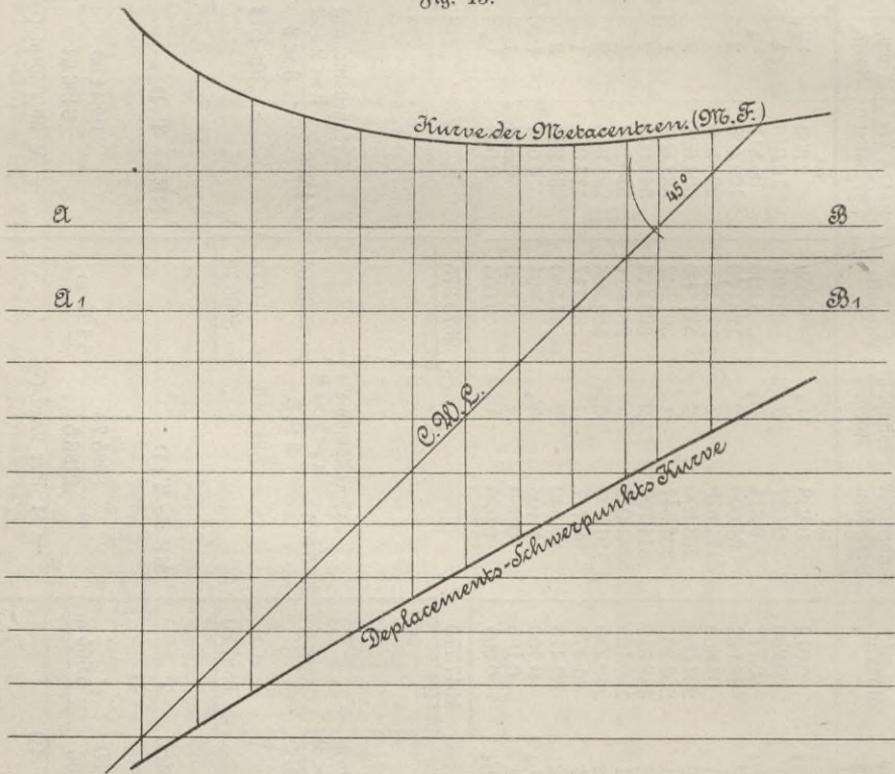
Trimm-Moment für 1 dem Tauchungsänderung.

**Breiten- (Lateral-)Metacentrum.**

Spant Nr.	Wasserlinie 6.			Wasserlinie 4.			Wasserlinie 2.			CWL		
	Rüben der Ordinaten	Stimp. Koeff.	Produkte	Rüben der Ordinaten	Stimp. Koeff.	Produkte	Rüben der Ordinaten	Stimp. Koeff.	Produkte	Rüben der Ordinaten	Stimp. Koeff.	Produkte
0	m <sup>3</sup> 0,047	1/4	0,012	m <sup>3</sup> 0,288	1/4	0,059	m <sup>3</sup> 2,300	1/4	0,575	m <sup>3</sup> 9,828	1/4	2,457
1/2	0,250	1	0,250	2,097	1	2,097	12,040	1	12,040	36,265	1	36,265
1	1,030	3/4	0,772	9,314	3/4	6,985	35,611	3/4	26,708	76,766	3/4	57,574
2	13,481	2	26,962	64,000	2	128,000	129,400	2	258,800	175,616	2	351,232
3	67,669	1	67,669	171,879	1	171,879	236,029	1	236,029	257,259	1	257,259
4	148,54	2	297,080	263,990	2	527,980	304,821	2	609,642	308,916	2	617,832
5	202,262	1	202,262	307,547	1	307,547	338,609	1	338,609	332,813	1	332,813
6	219,256	2	438,512	314,708	2	629,416	343,000	2	686,000	337,880	2	675,760
7	190,109	1	190,109	281,011	1	281,011	310,289	1	310,289	310,289	1	310,289
8	124,625	2	249,250	191,103	2	382,206	223,649	2	447,298	286,945	2	473,890
9	51,479	1	51,479	88,717	1	88,717	114,084	1	114,084	135,006	1	135,006
10	11,239	2	22,478	23,640	2	47,280	35,288	2	70,576	48,427	2	96,854
11	1,000	3/4	0,750	2,406	3/4	1,804	4,096	3/4	3,072	6,332	3/4	4,749
11 1/2	0,185	1	0,185	0,389	1	0,389	0,572	1	0,572	0,830	1	0,830
12	0,020	1/4	0,005	0,020	1/4	0,005	0,008	1/4	0,002	0	1/4	0
			<u>1547,775</u>			<u>2575,375</u>			<u>3114,296</u>			<u>3352,810</u>
			Trägheitsmoment = $\frac{1547,776 \times h \times 2 \times 2}{3 \times 3} = 5387,8$			Trägheitsmoment = $\frac{2575,375 \times h \times 2 \times 2}{3 \times 3} = 8965,65$			Trägheitsmoment = $\frac{3114,296 \times h \times 2 \times 2}{3 \times 3} = 10841,80$			Trägheitsmoment = $\frac{3352,810 \times h \times 2 \times 2}{3 \times 3} = 11672,14$
			Für $\delta_{\text{ed}}$ = 0,0			Für $\delta_{\text{ed}}$ = 0,13			Für $\delta_{\text{ed}}$ = 2,58			Für $\delta_{\text{ed}}$ = 10,07
			<u>MF = 5387,80</u>			<u>MF = 8965,78</u>			<u>MF = 10844,38</u>			<u>MF = 11682,21</u>
			MF = $\frac{\text{Trägheitsmoment}}{\text{Displacement}} = \frac{T}{D}$			MF = T : D			MF = T : D			MF = T : D
			= $\frac{5387,80}{951,36} = 5,665 \text{ m}$			= $\frac{8965,78}{2136,5} = 4,197 \text{ m}$			= $\frac{10844,38}{3496,67} = 3,101 \text{ m}$			= $\frac{11682,21}{4966,44} = 2,352 \text{ m}$
			= MF = M über Depl. ⊙			= M über Depl. ⊙			= M über Depl. ⊙			= M über Depl. ⊙

**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 Beurtheilung der Breitenstabilität für ein Schiff größere Bedeutung hat, als die der Längenstabilität. 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 Aenderungen in den Höhen des Metazentrums werden graphisch, wie die folgende Figur zeigt, dargestellt.

Fig. 13.



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 nothwendig 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 Schwimmlage auf der sogenannten leichten Wasserlinie ohne Ladung, Kohlen und Borräthe und der geladenen Wasserlinie mit voller Ladung und Zubehör.

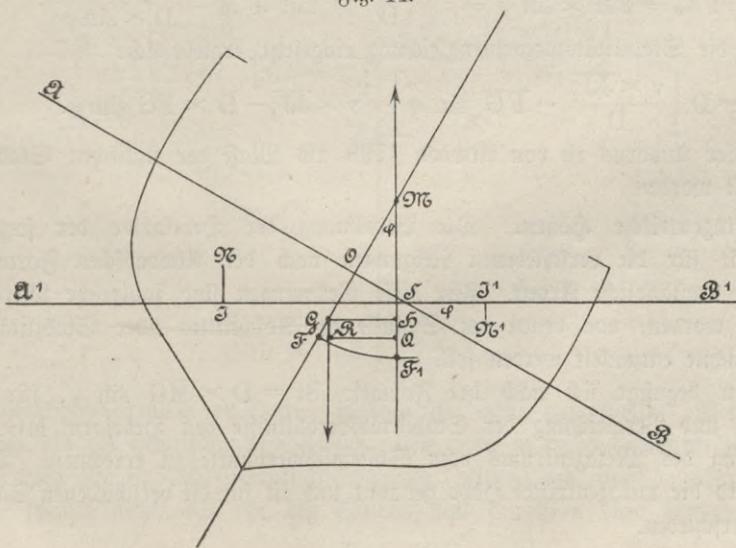
Man verföhrt bei der Konstruktion der Kurve der Metazentren für die Anfangsstabilität so, daß man sich zuerst die beiden Wasserlinien  $\overline{AB}$  und  $\overline{A_1 B_1}$  (mit Hülfswasserlinien) legt, welche maßstäblich den Unterschied zwischen den beiden vorerwähnten Tiefgängen bezeichnen.

Durch einen Punkt der Linie  $\overline{AB}$  legt man dann eine unter  $45^\circ$  geneigte Linie, in deren Schnittpunkten mit den gezeichneten Schwimmebenen Normale errichtet werden. Berechnet man nun nach Simpson für die verschiedenen Schwimmlagen die Höhen der Deplacementschwerpunkte, deren Werthe man bezw. aus der Deplacementsberechnung schon entnehmen kann, und setzt diese Werthe 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 Werthe für  $\overline{MF}$  bei den verschiedenen Tiefgängen auf der entsprechenden Vertikalen von der Linie für die Deplacementschwerpunkte ab, so erhält man, wenn durch die gewonnenen Punkte eine Kurve gelegt wird, die Kurve der Metazentren für die Anfangsstabilität.

**Statische Stabilität.** Wird nun der Fall eingeföhrt, daß sich das Schiff um endliche bestimmte Winkel neigt, so werden sich die beiden aufeinander folgenden

Fig. 14.



Schwimmemebenen 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 Deplacement ist nach der Neigung des Schiffes um einen bestimmten Winkel zwar in der Form, aber nicht in der Größe vom Deplacement 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 Kräftepaars, welches Auftrieb und Schwerkraft bei Krängung eines Schiffes bilden.

Dieses Moment, Stabilitätsmoment ( $St$ ) genannt, ist gleich:

$$St = D \times \overline{GH} = D \times \overline{MG} \sin \varphi$$

oder

$$St = D (\overline{FQ} - \overline{FR})$$

$$\overline{FQ} = \overline{FM} \times \sin \varphi \text{ und } \overline{FR} = \overline{FG} \sin \varphi$$

$$St = D (\overline{FM} - \overline{FG}) \sin \varphi.$$

In dieser Gleichung nennt man den Werth  $D \times \overline{FM} \sin \varphi$  das Stabilitätsmoment der Form, weil es nur vom Deplacement und seinem Schwerpunkte abhängig ist, und  $D \times \overline{FG} \sin \varphi$  das Stabilitätsmoment der Gewichte, welches von der Lage des System Schwerpunktes  $G$  abhängig ist.

Nach den früher für den Werth des Metazentrums entwickelten Werthen ist:

$$\overline{FQ} = \overline{FM} \times \sin \varphi = \frac{v \times \overline{JJ}_1}{D} \text{ und } \overline{FM} = \frac{v \times \overline{JJ}_1}{D \times \sin \varphi}.$$

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 Atwoodschen Formel ist eine sehr umständliche Arbeit. Für diese Rechnungen sind zahlreiche Methoden erfunden worden, von denen am Schlusse des Abschnittes über Stabilität die gebräuchlichste entwickelt werden soll.

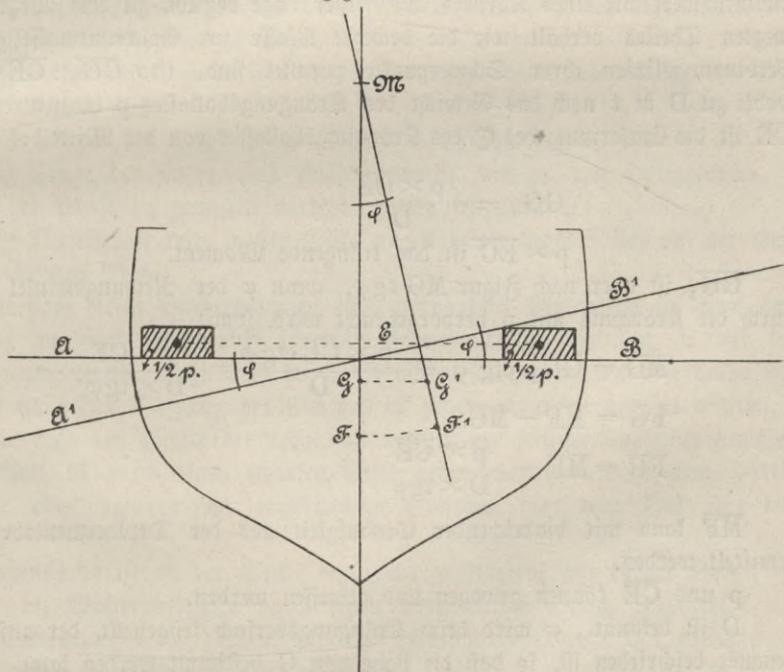
Man begnügt sich nach der Formel:  $St = D \times \overline{MG} \sin \varphi$ , für Annäherung und Vergleichung der Stabilitätsverhältnisse den Hebelarm  $MG$ , die Entfernung des Metazentrums vom System Schwerpunkte zu errechnen. Dieses Maß wird die metazentrische Höhe genannt und ist für die verschiedenen 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.

**Krümmungsversuch.** Bei den vorgenommenen Erörterungen spielt der System  $\odot$ , für dessen Berechnung schon früher eine Methode bei der Erwähnung

Fig. 15.



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, kontrollirt. Krängungsversuche werden gleich nach 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.

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 verhältnißmäßig 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<sub>1</sub>.

Nach dem Satze der Mechanik, daß sich das Maß, um das sich der Gesamtschwerpunkt eines Körpers aus seiner Lage begiebt, zu dem Wege des bewegten Theiles 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.

$$\overline{GG_1} = \frac{p \times \overline{CE}}{D}$$

$p \times \overline{EC}$  ist das krängende Moment.

$\overline{GG_1}$  ist aber nach Figur MG tg $\varphi$ , wenn  $\varphi$  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.  $\varphi$  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 Theile 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 pCt. des Deplacements.

Der Ballast besteht aus Stücken Ballaststößen im genauen Gewichte von je 50 kg.

Für die Beobachtung der Krängung sind drei Lothe, eines im Vorschiff, eines in der Mitte, eines im Hinterschiff 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 Lothe müssen gegen jede äußere Störung oder Beeinflussung, wie Luftzug etc., geschützt sein.

Der Körper der Lothe soll wenigstens 2 kg schwer sein.

Die Länge der Lothe 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 Lothe festzustellen ist. Der Tiefgang des Schiffes ist genau abzulesen und zu notiren.

Die Lage der Punkte der Lothe, 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 Kufstüll.

Außenbords ist an der Stelle der Hauptspantsebene 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 Auflaffung von Lücken in den einzelnen Gruppen des Ballastes für eine derartige Stauung Rücksicht genommen sein.

Nachdem die Leute, welche das Umpacken des Plazes 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 Bothe von ihrer ursprünglichen Lage mit Strichen angemerkt und gemessen.

Der gesammte 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 Schiffsseite 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 Ueberlaufen 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 Ueberlaufen 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 in Folge des von der Kommando-Brücke aus gegebenen einheitlichen Kommandos.

Die zum Ueberlaufen bestimmten Mannschaften sind in der Mittellinie des betreffenden Decks aufzustellen und ihre Stellung ist auf jeder Seite durch

**Schema für die Resultate des Krängungsversuchs.**

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, verstat:

. . . . . 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 Lothe waren an nachstehenden Orten aufgehängt:

Vorderes Loth 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. transportirt.  
 Vorderes Loth . . . m Ausschlag, daher 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. transportirt.  
 Vorderes Loth . . . m Ausschlag, daher 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. transportirt.  
 Lage des Schiffes . . . . .

einen Kreidestrich zu markiren, so daß auf das Kommando „Mittschiffs“ die gesammte 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“ schnelligst auf diese Seite zurückeilt.

Dies Ueberlaufen der Mannschaften muß so oft erfolgen, als an dem Ratteninstrument 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 Ueberlaufen 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 Falle 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 Ueberlaufen 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 Ueberlaufen 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 Notirung 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 Ratteninstrumente 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 Ratteninstrument in nachstehender Weise angepaßt werden.

Rechtwinklig zur eigentlichen mit der Tangenteneintheilung nach oben und unten versehenen Latte a wird eine Latte b angebracht, welche vom Auge des Beobachters bis zur Tangentenslatte a reicht.

Am inneren Ende der Latte b ist zum Durchvisiren eine Drahtschlinge bei o anzubringen. Das so angefertigte Instrument wird an Bord derart aufgestellt, daß die Ebene a b in einer Querschiffsebene liegt und die Linie  $\overline{op}$  auf eine möglichst entfernte Landmarke (Sims oder Dachfirst eines Hauses, Mauer- oberkante zc.) 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 visirt wird. Beim Aufstellen des Latteninstrumentes ist besonders darauf zu achten, daß die Marke beim Schlingern nicht durch Schiffsseile verdeckt werden kann. Die horizontale Entfernung der Landmarke von der Schiffsmittellinie darf nicht kleiner sein als

$$35 h + 2 H,$$

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 numeriren 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.

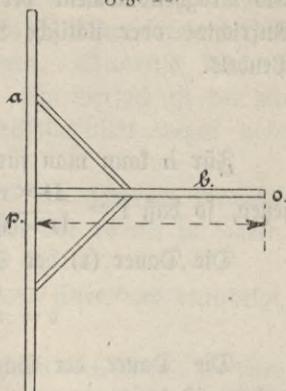
**Das rollende Schiff als Pendel.** An Stelle jedes schwingenden Körpers läßt sich ein Pendel denken, welches die gleichen Ausschläge hat als der Körper Schwingungen.

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 Aufrichtungsmomentes vom Aufhängepunkt gemessen und r der Trägheitsradius,\*) so ist:  $D \times r^2 \sin \varphi$

\*) 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.

Fig. 16.



das Trägheitsmoment bei der Winkelgeschwindigkeit  $\varphi$ , und  $D \times h \sin \varphi$  das Aufricht- 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  $g$  dividirt, und dem Quadrat des  $\odot$ -Abstandes von der Drehachse. Die Rechnung ist eine noch schwierigere und unsicherere als die Gewichtsberechnung.

**Schlingern.** Ist die Periode der Schlinger- oder Rollbewegungen, d. h. der Bewegungen des Schiffes um die Längsachse, zu kurz, so kann diesem Uebelstande durch folgende Mittel abgeholfen werden:

1. durch Vergrößerung des Trägheitsmoments,
2. durch Verkleinerung des Stabilitätsmoments,
3. durch Vergrößerung des Widerstandes gegen die seitliche Bewegung im Wasser.

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 Schlingerkiefern. Dieses dritte Mittel wird hierbei von wenig Nutzen sein, weil der größere Widerstand mehr von Einfluß auf die Verkleinerung des Schwingungsaussschlages, 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 Kimmkiefern von großem Vortheil. Die Schwingungen eines Schiffes sind um so weniger heftig, je kleiner das Stabilitätsmoment ist.

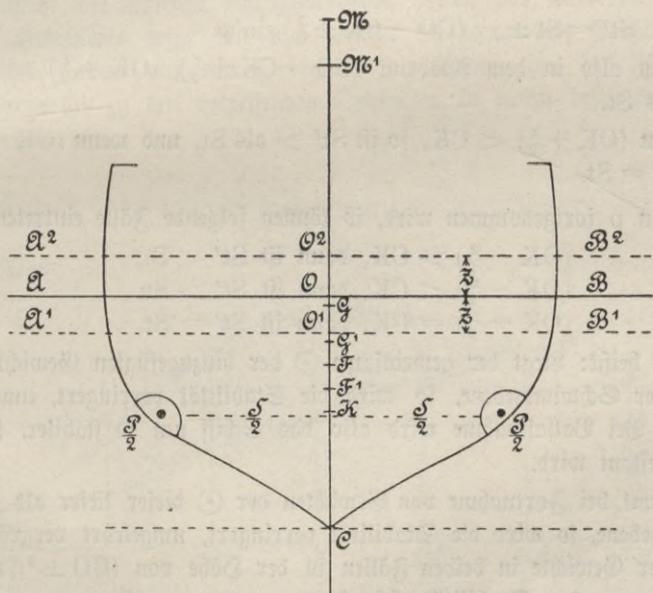
**Stampfen.** Diese Bewegung um die Querachse wird am Bug Stampfen, am Heck Segen genannt. Die Schwingungsdauer für die Stampfbewegung ist kürzer als für die Rollbewegung, etwa  $\frac{3}{4}$  der letzteren. Theoretisch kann sie ebenso ermittelt werden wie die der Rollbewegung. Ein Versuch ist bei den heutigen Schiffen ihrer großen Länge und Längsschiffsstabilität 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 angängig ist.

Die Stabilität wird erhöht, wenn Gewichte an Bord tiefer, und erniedrigt, wenn solche höher gestaut werden.

**Stabilitätsänderung nach Abnahme oder Zugabe von Gewichten.** Es wird sich oft darum handeln, festzustellen, wie sich die Stabilität ändert, nachdem größere Gewichte von Bord entfernt sind, z. B. Kohlen, Munition zc., oder größere Gewichte hinzugefügt worden sind, z. B. bei Ballastnahme.

Fig. 17.



Die Schwimmebenen seien für das ursprüngliche Deplacement 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 gemeinschaftliche  $\odot$ , 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.

Dann lassen sich aus den Momentengleichungen die Abstände für den neuen Deplacements- und Systemschwerpunkt ermitteln:

$$CF_1 = \frac{D \times \overline{CF} \pm \gamma v (CO \pm \frac{z}{2})}{(D \pm v)} \text{ und}$$

$$CG_1 = \frac{D \times \overline{CG} \pm \gamma v CK}{(D \pm \gamma v)}$$

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:

$$St = \gamma \times D \times MG \sin \varphi, \text{ nach Abnahme oder Zugabe von } p.$$

$St' = \gamma \times (D \pm v) M_1G_1 \sin \varphi$  und, da  $\overline{CF} - \overline{CG} = -\overline{FG}$  ist, ergibt sich schließlich:

$$St' = St \pm \gamma v (CO - CK \pm \frac{z}{2}) \sin \varphi.$$

Wenn also in dem Ausdruck  $(CO - CK + \frac{z}{2})$ ,  $(OK + \frac{z}{2}) > CK$ , so ist  $St' < St$ .

Wenn  $(OK + \frac{z}{2}) < CK$ , so ist  $St' > St$ , und wenn  $(OK + \frac{z}{2}) = CK$ , so ist  $St' = St$ .

Wenn  $p$  fortgenommen wird, so können folgende Fälle eintreten:

$$(OK - \frac{z}{2}) > CK, \text{ dann ist } St' < St,$$

$$(OK - \frac{z}{2}) < CK, \text{ dann ist } St' > St,$$

$$(OK - \frac{z}{2}) = CK, \text{ dann ist } St' = St.$$

Das heißt: Liegt der gemeinsame  $\odot$  der hinzugefügten Gewichte mehr als  $\frac{z}{2}$  über der Schwimmebene, 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 Schwimmebene, so wird die Stabilität verringert, umgekehrt vergrößert. Liegt der  $\odot$  der Gewichte in beiden Fällen in der Höhe von  $(CO \pm \frac{1}{2}z)$ , so findet eine Aenderung der Stabilität nicht statt.

**Dynamische Stabilität.** Während die statische Stabilität über das Stabilitätsmoment oder den Hebelarm Auskunft giebt, an welchem das Deplacement des Schiffes angreift, um das Schiff wieder in seine aufrechte Lage zurückzudrehen, erklärt die dynamische Stabilität, welche Arbeitsleistung angewendet werden muß, um ein Schiff aus der lothrechten Lage in eine 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:

$$St_d = D \ln t \left[ \frac{v \times (JN + J_1 N_1)}{D \text{ in cbm}} - \overline{FG} (1 - \cos \varphi) \right] \text{ oder}$$

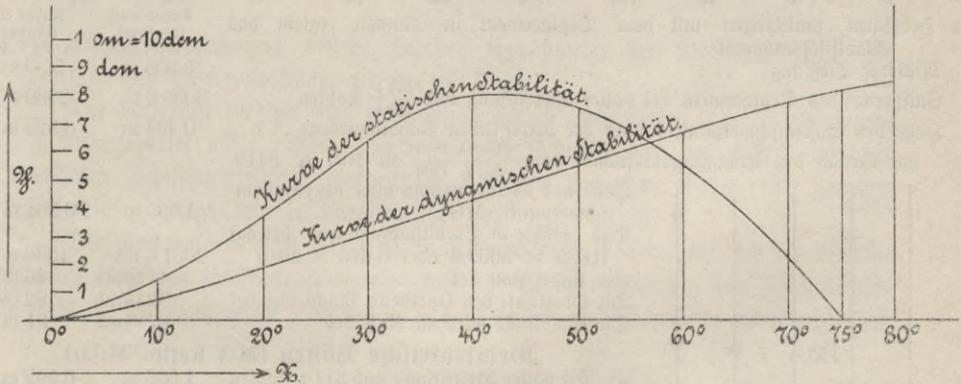
$$St_d = \gamma [v (JN + J_1 N_1) - D \times \overline{FG} (1 - \cos \varphi)].$$

Diese Formel wird die Moseleysche genannt.

**Stabilitätskurven.** Bei der nachher zu erläuternden Rechnung für die Stabilität werden für die verschiedenen Neigungswinkel z. B. von  $5^\circ$  zu  $5^\circ$  die Stabilitätsmomente errechnet. Die Resultate dieser Rechnung werden zu Kurven zusammengesetzt, die entstehen, wenn auf der Abscissenachse 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. 18.



Die statische Kurve schneidet die X-Achse bei  $75^\circ$ , also ist die Stabilität hier gleich Null geworden. Der Winkel, bis zu welchem Stabilität vorhanden ist, ist für die verschiedenen Schiffe sehr verschieden. Er liegt in den Grenzen von  $30^\circ$  bis  $120^\circ$ .

Jedem Schiff wird ein Stabilitätsblatt mitgegeben, welches die im folgenden Schema dargestellte Anordnung hat.

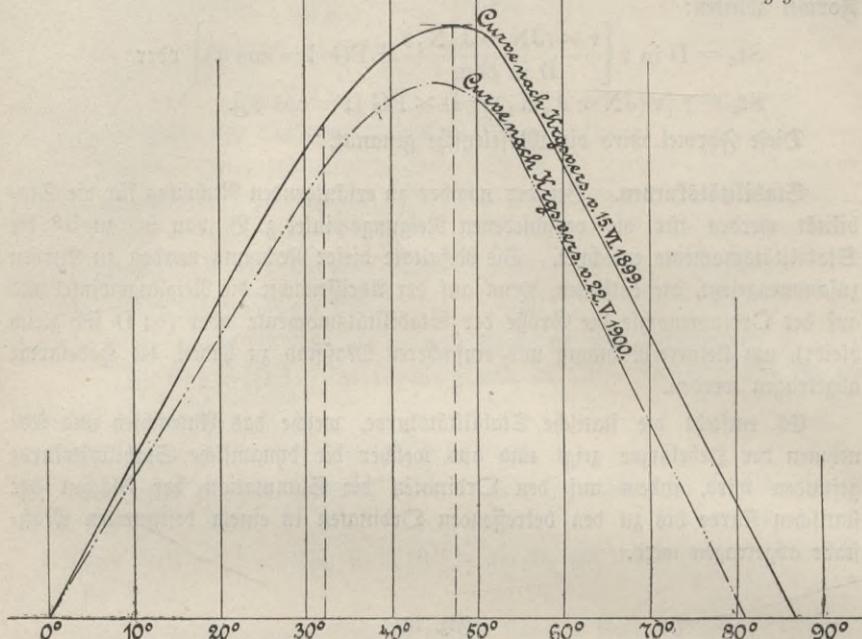
# H. M. S. „Moltke“. Stabilitätsabblatt.

Die Ordinaten geben die Größen der Stabilitätshebelarme =  $MG \times \sin \varphi$  in Metern für die zugehörigen Werthe des Neigungswinkels  $\varphi$  an, welche als Abscisse aufgetragen ist.

(1 Grad = 2 mm)

Hebelarme in  $\frac{1}{5}$  nat. Größe.

Da die Kurve für den voll ausgerüsteten 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 Kragsner v. 15.VI.1899.	Kurve nach Kragsner v. 22.V.1900.
5,903 m	5,90 m

Mittlerer Tiefgang . . . . .

Entsprechendes Displacement bei voller Ausrüstung und  $\frac{311}{282}$  t Kohlen . . . . .

3009,6 t	2980 t
----------	--------

Höhe des Systemschwerpunktes über der betreffenden Schwimmbene . . . . . auf Grund des Krängungsversuches vom  $\frac{15.VI.1899}{22.V.1900}$  zu Kiel K. 3412.

0,404 m	0,528 m
---------	---------

Höhe des Metazentrums über dem Systemschwerpunkt (MG)

1,093 m	0,992 m
---------	---------

Das größte Stabilitätsmoment beträgt  $0,685 \times 3009,6$  oder  $0,616 \times 2980$  und findet statt bei

2061,6 mt	1836 mt
-----------	---------

Die Oberkante des Oberdecks taucht ein bei

32 Grad	32 Grad
---------	---------

Die Stabilität wird zu Null bei

87 Grad	81 Grad
---------	---------

### Metazentrische Höhen (MG bezw. $M_1G_1$ ).

- a) Bei voller Ausrüstung und 311 t Kohlen . . . . .
- b) Ohne Kohlen über dem Panzer bezw. Zwischendeck . . . . .
- c) Ganz ohne Kohlen . . . . .
- d) Ohne Munition . . . . .
- e) Ohne Proviant und Trinkwasser . . . . .
- f) Ohne Kohlen, Munition, Proviant, Trinkwasser, Material und Kesselwasser, Speise und Waschwasser, Boote und Mannschaft mit Effekten

1,093 m	0,992 m
— m	— m
1,201 m	0,917 m
1,039 m	0,935 m
1,037 m	0,927 m
} 0,879 m }	
} 0,844 m }	



### Korrektur der Stabilitätsmomente.

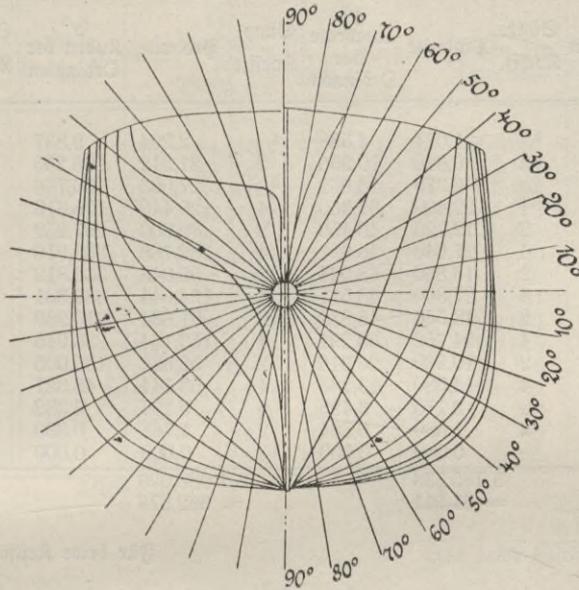
Ist das Displacement voll ausgerüstet = D und die metazentrische Höhe hierbei MG, ferner für ein kleineres Displacement =  $D_1$  die metazentrische Höhe =  $M_1G_1$ , so ist bis zum Eintauchen der Oberdeckskante das Stabilitätsmoment für das kleinere Displacement bei dem Winkel  $\varphi$  gleich:

$$\frac{M_1G_1 \times D_1}{MG \times D} \times \text{Stabilitätsmoment nach der Kurve.}$$

Die zur Berechnung von Trimänderungen zu benutzende metazentrische Höhe für die Querachse beträgt  $\infty$  84 m Moment um die Steuerlastigkeit 1 m zu ändern . . . . .  $\infty$  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.

Fig. 19.



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 Abstände von etwa 8 bis  $12^\circ$  geneigte Wasserlinien gelegt, wie in obenstehender Figur gezeigt ist.

Die Rechnungen selbst zerfallen in vorbereitende Rechnungen, die die Werthe für die einzelnen Keilstücke ermitteln, und in Schlußrechnungen der Stabilitätswerthe für die wachsenden Neigungen, wie die beigegefügte Schemata erkennen lassen.

**Schema zur Stabilitätsberechnung nach Barnes.**

(Seite 58 bis 61.)

A. Für vorbereitende

Schwimmebene bei 0° Neigung.

Eintauchendes Keilstück.

Spant Nr.	(y) Ordinaten m	Simp. Koeffiz.	Produkte	(y <sup>2</sup> ) Quadrate der Ordinaten	Simp. Koeffiz.	Produkte	(y <sup>3</sup> ) Kuben der Ordinaten	Simp. Koeffiz.	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	1 235,664	
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	1 351,524	
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				3/1 088,028	3/6 255,225		
			= 61,911				= 362,676	= 2 085,075		
									× 2	

Für beide Keilstücke 4 170,150

Ausstachendes Keilstück.

Spant Nr.	(y) Ordinaten m	Simp. Koeffiz.	Produkte	(y <sup>2</sup> ) Quadrate der Ordinaten	Simp. Koeffiz.	Produkte	(y <sup>3</sup> ) Kuben der Ordinaten	Simp. Koeffiz.	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	1 235,664	
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	1 351,524	
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				3/1 088,028	3/6 255,225		
			= 61,911				= 362,676	= 2 085,075		
									× 2	

Für beide Keilstücke 4 170,150

Rechnungen.

Schwimmebene bei 60° Neigung.

Eintauchendes Keilstück.

Spant Nr.	(y) Ordinaten m	Simp. Koeffiz.	Produkte	(y <sup>2</sup> ) Quadrate der Ordinaten	Simp. Koeffiz.	Produkte	(y <sup>3</sup> ) Kuben der Ordinaten	Simp. Koeffiz.	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	1 186,964	
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				3/1 042,694	3/5 853,878		
			= 62,705				= 347,565	EK = 1 951,293		
									AK = 2 375,623	

Für beide Keilstücke 4 326,916

Ausstachendes Keilstück.

Spant Nr.	(y) Ordinaten m	Simp. Koeffiz.	Produkte	(y <sup>2</sup> ) Quadrate der Ordinaten	Simp. Koeffiz.	Produkte	(y <sup>3</sup> ) Kuben der Ordinaten	Simp. Koeffiz.	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	1 139,560	
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	1 342,808	
7	6,890	2	13,780	47,472	2	94,944	327,082	2	654,164	
8	6,700	4	26,800	44,890	4	179,560	300,763	4	1 203,052	
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				3/1 150,708	3/7 126,868		
			= 63,767				= 383,569	= 2 375,623		

**B. Für Schlußrechnungen.**  
Stabilität für Neigung von 80°.  
( $\gamma$  hier = 10° angenommen.)

Neigung Grad	Eintauchendes Keilstück		Beide Keilstüde			Dynamische Stabilität		
	1/3 der Produkte der Quadrate der Ordinaten	Stimp. Koeff.	Produkte	1/3 der Produkte der Kuben der Ordinaten	Stimp. Koeff.	Produkte	sin der Winkel	Produkte
0°	362,676	1	362,676	4 170,150	1	4 170,150	80°	4 099,805
10°	377,415	4	1 508,660	5 133,080	4	20 532,320	70°	19 294,016
20°	382,141	2	764,282	4 848,125	2	9 696,250	60°	8 397,294
30°	461,194	4	1 844,776	5 609,517	4	22 438,068	50°	17 188,457
40°	489,581	2	979,162	5 851,700	2	11 703,400	40°	7 522,828
50°	432,099	4	1 328,396	5 167,818	4	20 671,272	30°	10 335,836
60°	347,565	2	695,130	4 326,916	2	8 653,832	20°	2 959,784
70°	313,148	4	1 252,592	4 076,861	4	16 307,444	10°	2 831,788
80°	309,914	1	309,914	4 208,323	1	4 208,323	0°	0,000
			EK = 9 045,588	$\times 1/3 \times d\gamma \times dx = 1/3 \times 1/3 \times 1/3$		82 287,901	$\times$	
			AK = 9 217,145	$\times 10^\circ \times 7,883$		$\times$ 0,152	72 629,757	
			Ueberschuß = 181,557	Unkorrigirtes Moment der Keilstüde		12 507,760	11 049,723 = Unkorrigirtes Moment der Keilstüde	
$\times 1/2 \times dx = 1/2 \times \frac{d\gamma}{3} \times dx = 1/2 \times \frac{\text{arc } \gamma 10^\circ}{3} \times dx$				Korrektur für Anhängel		+ 270,0	+ 400	
$= 1/2 \times \frac{0,1745}{3} \times 7,883 = \times 0,2278$				Korrigirtes Moment der Keilstüde		- 100,764	- 14,829	
Ueberschuß des A.K. 41,659 cbm				$= v. JJ_1$		12 676,996	11 434,894	
D = 4 870 t				$FQ = v. JJ_1 \div V$		2,655	$= v. (JN + J_1 N_1)$	
				$FR = FG \times \sin \gamma = 1,70 \times \sin 80^\circ$		2,660	$= F \gamma Q$	
				Hebelarm der statischen Stabilität		0,005 m	$= v. (JN + J_1 N_1) \div V$	
				$= FQ - FR = GH$		-	$= FQ(1 - \cos \gamma)$	
				Stabilitätsmoment = D.GH		-	$= 1,404 = 1,70(1 - \cos 80^\circ)$	
				Hebelarm der dynamischen Stabilität		-	$0,986 \text{ m} = \text{Hebelarm der dynamischen Stabilität}$	
						-	4 801,820 = Arbeit in mt	

Ausstachendes Keilstück	Geneigte Wasserlinie		Korrigirte Schicht
	1/3 der Produkte der Ordinaten	Stimp. Koeff.	
0°	362,676	1	Ueberschuß des austauchenden Keilstückes = 41,659
10°	363,216	4	Volumen des Anhängels = 137,0
20°	369,352	2	Summa = 178,659
30°	388,134	4	Dicke des Schichtvolumens = 178,659
40°	383,601	2	Wreal der geneigten WL = 1085,729
50°	385,554	4	0,165
60°	383,569	2	
70°	395,499	4	
80°	451,813	1	
AK = 9 217,145			
Moment und $\odot$ der geneigten Wasserlinie			
1/3 der Produkte der Quadrate der Ordinaten			
Summa = 130,439			
$\times dx = 7,883$			
Wreal ohne Anhängel = 1 021,729 qm			
des " = 64,0 "			
Gesamtareal = 1 085,729 qm			
Moment ohne Anhängel = 555,747			
des " = 57,0			
Gesamtmoment = 612,747 m <sup>3</sup>			
$\odot$ der Wasserlinie nach der austauchenden Seite = Moment = 612,747 = 0,564 m			
Seite = Areal = 1 085,729			
Resultate besonderer Rechnung			
Volumen = 137 m <sup>3</sup>			
Stabilität = 270 m <sup>4</sup>			
Stabilität für dynamische Stabilität = 400 m <sup>4</sup>			
Areal der Wasserlinie = 64 qm			
Moment derselben = 57 m <sup>3</sup>			
Länge zwischen den Perpendikeln = 94,0 m. Größte Breite in der CWL = 14,0. Konstruktionshöhe = 6,9075 m. Displacement = 4774,36 cbm = 4 870,0 t. Displacementsschwerpunkt unter CWL = 2,803. Entfernung des Systemhöhpunktes vom Displacementsschwerpunkt (FG) = 1,70 m, Spantenentfernung dx(h) = 7,883 m, Wasserlinienentfernung dy(d) = 0,7675 m, Winkelintervall = 10° d $\gamma$ = 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:

$$\frac{5000 \times 0,7 + 80 \times 2,5}{5000 + 80} = 0,728 \text{ m} = MG.$$

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:

$$\frac{5000 \times 0,7 - 35 \times 3}{5000 + 35} = 0,674 \text{ m} = MG.$$

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:

$$\frac{10000 \times 1,2 - 800 \times 3}{10000 - 800} = 1,043 \text{ m} = MG.$$

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:

$$\frac{10000 \times 1,2 + 70 \times 11}{10000 - 70} = 1,286 \text{ m} = MG.$$

Bemerkung: Bei obigen Beispielen ist angenommen, daß der  $\odot$  der zu resp. abnehmenden Gewichte und der Systemschwerpunkt  $G$  in derselben Querschiffsebene liegen.

#### Krängungsversuch 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.

= = = des 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. Torpedoarmirung: 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. Bilgewasser: 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.

Born, mittschiffs und hinten wurde je 1 Loth aufgehängt.

Länge des vorderen Lothes . . . . .	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  $\boxtimes$  gemessen = 6,92 m.

## V e r s u c h .

- I. 2 Tonnen Ballast von St. B. nach B. B. transportirt.
- |                             |         |                 |                               |
|-----------------------------|---------|-----------------|-------------------------------|
| Vorderes Loth . . . . .     | 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. transportirt.
- |                              |         |                 |                               |
|------------------------------|---------|-----------------|-------------------------------|
| Vorderes Loth . . . . .      | 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. transportirt.  
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 Krängungsballes . . . . . = 4 t.  
 $d$  = Entfernung des  $\odot$  des Krängungsballes von der  
 Mittellinie . . . . . = 3,29 m.  
 $h$  = Höhe des  $\odot$  des Krängungsballes über CWL . . . = 2,155 m.  
 $D$  = Displacement des Bootes mit Krängungsballast . . . = 398,6 t.  
 $\text{tg } \varphi$  = Tangente des Krängungswinkels im Mittel . . . = 0,0461

$$MG = \frac{4(3,29 + 2,155 \times 0,0461)}{398,6 \times 0,0461}$$

$$\underline{MG = 0,745 \text{ m.}}$$

### e. Trimmberechnung.

Die Trimmberechnung hat den Zweck, die Tauchungsänderungen zu bestimmen bei Verschiebung von Gewichten in der Längsrichtung, nach Zunahme oder Abgabe von Gewichten, und nach Wassereintrüchen.

**Verschieben von Gewicht an Bord längsschiffs.** Ein Gewicht  $p$  soll an Bord eines Schiffes von  $C$  nach  $E$  in der Längsrichtung verschoben werden. Bei der Verschiebung wandert der Systemz $\odot$  von  $G$  nach  $G_1$ .

Es verhält sich:  $\frac{GG_1}{CE} = \frac{p}{D}$ , oder  $GG_1 = \frac{p \times CE}{D}$ .

$GG_1$  durch  $GM_1$  ausgedrückt:

$$D \times GG_1 = p \times CE$$

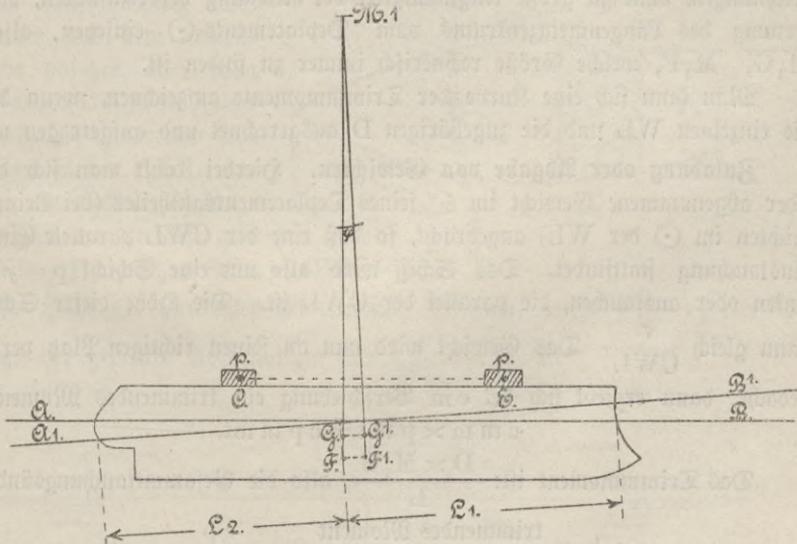
$$GG_1 = M_1 G \operatorname{tg} \varphi$$

$$p \cdot CE = DM_1 G \times \operatorname{tg} \varphi$$

$$\text{oder } \operatorname{tg} \varphi = \frac{p \times CE}{D \times M_1 G}$$

also die Tangente des Neigungswinkels ist gleich dem trimmenden Gewichte,  $p$  mal seiner verschobenen Strecke, dividirt durch das  $D$  in  $t$  mal der metazentrischen Höhe bei Neigungen um die Querachse.

Fig. 20.



Weiter ist:

$$AA_1 = L_2 \operatorname{tg} \varphi \text{ und } BB_1 = L_1 \operatorname{tg} \varphi, \text{ also}$$

$$AA_1 = L_2 \operatorname{tg} \varphi = \frac{L_2 \times p \times CE}{D \times M_1 G} \text{ und}$$

$$BB_1 = L_1 \operatorname{tg} \varphi = \frac{L_1 \times p \times CE}{D \times M_1 G}.$$

Die Gesamttauchungsänderung:

$$AA_1 + BB_1 = a + b = \operatorname{tg} \varphi (L_1 + L_2) = \frac{p \times CE}{D \times M_1 G} (L_1 + L_2).$$

Ferner verhält sich:

$$\frac{AA_1}{(L_1 + L_2) \operatorname{tg} \varphi} = \frac{L_2}{L} \text{ und}$$

$$\frac{BB_1}{(L_1 + L_2) \operatorname{tg} \varphi} = \frac{L_1}{L}.$$

Wird  $(L_1 + L_2) \operatorname{tg} \varphi = 1$  m gesetzt, so würde eine Gesamttauchungsänderung  $AA_1 + BB_1$  hervorgebracht durch:

$$p \times CE = \frac{D \times M_1 G}{L} \text{ (da } L_1 + L_2 = L).$$

**Trimmmoment.** Dieses Moment wird das Trimmmoment genannt und dient als Einheit zur Errechnung des Gesamttauchungsunterschiedes bei Gewichtsverschiebung in der Längsrichtung.

Ist die Lage des System- $\odot$  nicht oder nur ungenau bekannt, so kann man bei den großen Werthen des Längenmetazentrums und der verhältnißmäßig sehr geringen Länge des Abstandes des System- $\odot$  vom Deplacements- $\odot$  bei diesen Rechnungen, ohne zu große Ungenauigkeit der Rechnung herbeizuführen, die Entfernung des Längenmetazentrums vom Deplacements- $\odot$  einsetzen, also statt  $M_1 G$ ,  $M_1 F$ , welche Größe rechnerisch immer zu finden ist.

Man kann sich eine Kurve der Trimmmomente aufzeichnen, wenn  $M_1$  für die einzelnen WL und die zugehörigen D ausgerechnet und aufgetragen wird.

**Zuladung oder Abgabe von Gewichten.** Hierbei denkt man sich das zu oder abgenommene Gewicht im  $\odot$  seines Deplacementsantheiles (bei kleinen Gewichten im  $\odot$  der WL) angebracht, so daß eine der CWL parallele Ein- oder Austauschung stattfindet. Das Schiff wird also um eine Schicht  $p = \gamma v$  einsinken oder austauschen, die parallel der CWL ist. Die Höhe dieser Schicht ist dann gleich  $\frac{v}{CWL}$ . Das Gewicht wird nun an seinen richtigen Platz verschoben

gedacht, dann ergibt sich bei  $c$  m Verschiebung ein trimmendes Moment von:  $c$  in m  $\times$  p in t =  $c p$  in mt.

Das Trimmmoment ist:  $\frac{D \times M_1 G}{L}$ , also die Gesamttauchungsänderung:

$$a + b = \frac{\text{trimmendes Moment}}{\text{Trimmmoment}} = \frac{c p}{\frac{D \times M_1 G}{L}} = u$$

u wird dann entsprechend der Lage des  $\odot$  der CWL vertheilt und ist nach der Zulage oder Abgabe von Gewichten vorn oder achtern:

$$\text{Aus- oder Eintauchung vorn: } \frac{u \times L_1}{L}.$$

$$\text{Ein- oder Austauchung achtern: } \frac{u \times L_2}{L}.$$

**Leckrechnung.** Durch ein entstandenes Leck in- oder unterhalb der Wasserlinie füllen sich die havarirten Schiffsräume mit Wasser, bis die Wasserspiegel innen- und außenbords gleich stehen.

Es wird einmal eine Tiefertauchung, andererseits je nach der Lage und Größe der mit Wasser gefüllten Räume eine Tauchungsänderung eintreten.

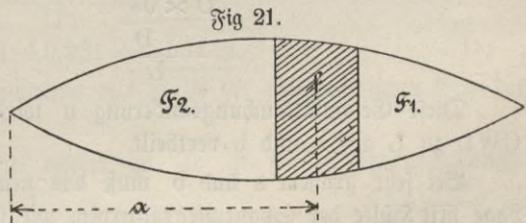
Der größere Tiefgang muß eintreten, weil ein Theil des Schiffskörpers zu tragen aufhört, und, da das Gesamtgewicht nicht vermindert worden ist, muß die Tragfähigkeit durch größeren Tiefgang ersetzt werden.

Das Volumen, um welches das Gesamtdeplacement vermindert wird, ist gleich dem Raum der gefüllten Abtheilungen bis zur neuen Wasserlinie, vermindert um die Masse (Deplacement) der darin enthaltenen Gegenstände, wie Kohlen, Ladung, Maschine, Kessel, Munition etc.

Die Trimmänderung wird dadurch herbeigeführt, daß ein trimmendes Moment entsteht von der Größe des fortfallenden Deplacements der angefüllten Abtheilungen mal dem Abstände seines  $\odot$  vom  $\odot$  des Schiffes.

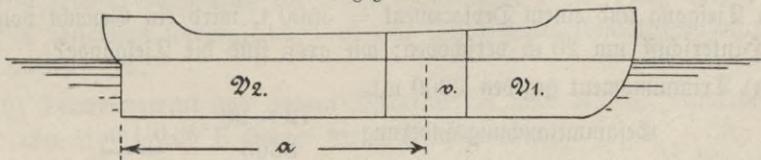
Bei der Rechnung geht man davon aus, daß das Deplacement des nicht leckten Schiffskörpers gleich dem Gesamtgewicht des Schiffes sein muß. Die

parallele Tiefertauchung kann man dann aus dem Lastenmaßstabe ablesen, oder man zieht von der CWL die Fläche ab, welche die havarirten Abtheilungen in der CWL einnehmen, und rechnet als tragfähige CWL nur den Rest, also neue WL =  $F_1 + F_2 = WL_n = CWL - f$ .



Die Höhe der parallelen Eintauchung ist dann, wenn  $v_1 + v_2 = v$  die Volumen der gefüllten Abtheilungen sind:  $\frac{v}{WL_n} = Z$ .

Fig. 22.



Für das neue Deplacement erhält man die Schwerpunktlagen wie folgt:

Der  $\odot$  der Länge nach  $x$  in  $m$  vom HP des Deplacements  $V_1 + V_2$ , wenn  $a$  der  $\odot$ -Abstand für  $v$  und  $s$  derjenige für  $D_1 + v + D_2$  ist, hat den Werth  $x = \frac{s(D_1 + D_2 + v) - a v}{D_1 + D_2}$ .

Für das Trimmmoment  $f$  würde der neue Werth  $M_1 F$  (der wegen des geringen Unterschiedes an Stelle von  $M_1 G$  gesetzt ist) für  $WL$  auszurechnen sein.

$J$  sei das Trägheitsmoment von  $F_1 + f + F_2$ , also das ausgerechnete Trägheitsmoment der CWL um die Querachse (siehe Längenmetazentrum) bezogen auf ihren  $\odot$ ,

$J_1$  sei das Trägheitsmoment von  $F_1 + f + F_2$  bezogen auf den  $\odot$  von  $F_1 + F_2$ ,

$J_0$  sei das Trägheitsmoment von  $F_1 + F_2$  bezogen auf den  $\odot$  von  $F_1 + F_2$ ,

$i$  das Trägheitsmoment von  $f$  bezogen auf den  $\odot$  von  $F$ ,

$k_1$  der  $\odot$ -Abstand der Flächen  $F_1 + F_2$  und  $f$ ,

$p_1$  der  $\odot$ -Abstand  $F_1 + F_2$  und  $F_1 + f + F_2$ , so ist

$$J_1 = J + k_1^2 (F_1 + f + F_2) \text{ und}$$

$$J_0 = J_1 - (i + k^2 f).$$

Der Werth  $\overline{M_1 F}$  (bezw.  $M_1 G$ ) ist dann  $\frac{J v}{D}$ .

Die Gesamttauchungsänderung  $u$  ist:

$$u = \frac{D \text{ in } t \times (s-x)}{D \times \frac{J_0}{D}} = \frac{D (s-x)}{\frac{J_0}{L}}$$

Diese Gesamttauchungsänderung  $u$  wird dann entsprechend dem  $\odot$  der CWL zu  $L$  auf  $a$  und  $b$  vertheilt.

Bei sehr großem  $a$  und  $b$  muß das neue Deplacement in der geneigten Lage mit Hilfe der Spantintegralkurven, wie schon früher erwähnt, ausgerechnet werden und dann entsprechende Berichtigungen eintreten.

## Numerische Beispiele.

### 1. Verschieben von Gewichten an Bord.

Auf einem Schiffe von 70 m Länge zwischen den Perpendikeln, 15 m Breite, 5,3 m Tiefgang und einem Deplacement = 3500 t, wird ein Gewicht von 72 t vom Hinterschiff um 20 m verschoben; wie groß sind die Tiefgänge?

a) Trimmmoment gegeben 3600 mt.

$$\text{Gesamttauchungsänderung} = \frac{72 \times 20}{3600} = \underline{0,4 \text{ m.}}$$

Angenommen: Der  $\odot$  der Schwimmebene (Ober-Wasserlinie) liegt in der Mitte der Länge derselben. In diesem Falle taucht das Schiff gleichmäßig hinten aus und vorn ein, folglich  $\frac{0,4}{2} = 0,2$  m.

$$\begin{array}{r} \text{Demnach Tiefgang hinten:} \quad 5,3 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad - 0,2 \\ \hline \quad \quad \quad \quad \quad \quad 5,1 \text{ m.} \end{array}$$

$$\text{Tiefgang vorn:} \quad 5,3$$

$$\begin{array}{r} \quad \quad \quad \quad \quad \quad + 0,2 \\ \hline \quad \quad \quad \quad \quad \quad 5,5 \text{ m.} \end{array}$$

Liegt dagegen der  $\odot$  der Schwimmebene vor oder hinter der Mitte derselben, dann verhalten sich die Steuerlastigkeitsänderungen, weil das Schiff um den  $\odot$  der Schwimmebene drehend gedacht wird, wie die Theile, in welche die Länge durch den Schwerpunkt zerlegt wird.

Angenommen: Die Länge der Schwimmebene sei 71 m und der  $\odot$  derselben vom Hinterschiff 30 m entfernt, dann verhält sich die Austauchung hinten:

$$0,4 : 71 = x : 30$$

$$x = \frac{0,4 \times 30}{71} = 0,169 \text{ m,}$$

$$\text{mithin der Tiefgang hinten: } 5,3 - 0,169 = 5,131 \text{ m.}$$

$$\text{Die Eintauchung vorn: } 0,4 : 71 = x : 41$$

$$x = \frac{0,4 \times 41}{71} = 0,231 \text{ m,}$$

$$\text{mithin der Tiefgang vorn: } 5,3 + 0,231 = 5,531 \text{ m.}$$

b) Errechnung des Trimmoments mit Hilfe der metazentrischen Höhe der Querachse  $M_1G = 73,036$  m.

Nimmt man obiges Beispiel wieder an, so ist die Gesamttauchungsänderung bei Verschiebung der 72 t:

$$\frac{71 \text{ (Länge der Schwimmebene)} \cdot 72 \times 20}{73,033 (M_1G) \times 3500 \text{ (Depl.)}} = 0,4 \text{ m.}$$

Trimmoment (dasjenige Moment, für welches die Gesamttauchungsänderung = 1 m wird)

$$\frac{1 \cdot M_1G \times \text{Depl.}}{\text{Länge der Schwimmebene}} = \frac{1 \times 73,033 \times 3500}{71} = 3600 \text{ mt,}$$

d. h. bei obigem Schiff muß ein Gewicht von 3600 t um 1 m, oder 1 t um 3600 m verschoben werden, wenn es eine Gesamtsteuerlastigkeitsänderung von 1 m erreichen soll.

c) Trimmoment und Längen-Metazentrum nicht bekannt. Annäherungswert von  $M_1G$  gleich  $L$  (Länge der Schwimmebene).

In diesem Falle = 71 m.

Die Gesamttauchungsänderung ist demnach:

$$\frac{71 \text{ (Länge der Schwimmbene)} \times 72 \times 20}{71 (M_1 G) \times 3500 \text{ (Depl.)}} = \frac{72 \times 20}{3500} = \underline{0,411 \text{ m.}}$$

$$\text{Trimmmoment: } \frac{1. M_1 G \times \text{Depl.}}{\text{Länge der Schwimmbene}} = \frac{71 \times 3500}{71} = \underline{3500 \text{ mt.}}$$

Ist die Lage des System- $\odot$  G nicht bekannt, so kann man auch mit sehr wenig Differenz die Entfernung des Längenmetazentrums vom Deplacements- $\odot$  annehmen.

## 2. Anordnung von Gewichten.

Auf das Oberdeck des obigen Schiffes wird ein Gewicht von 72 t, das sich auf beiden Seiten des Schiffes gleichmäßig vertheilt, in einer Entfernung von 5,5 m hinter den  $\odot$  der Schwimmbene gebracht. Wie groß sind die Tiefgänge?

Infolge Deplacementsvergrößerung findet eine Tiefertauchung statt. Zunächst denkt man sich das Gewicht so gestaut, daß der  $\odot$  desselben mit dem Schwerpunkt der Schwimmbene in derselben Querschiffsebene liegt und folglich das Schiff parallel zur Schwimmbene eintaucht.

Das Areal der Schwimmbene ist 800 qm. Ist das Areal nicht gegeben, dann erhält man aus der Deplacementskala die Tiefertauchung.

$$72 \text{ t} = 70,588 \text{ cbm Depl. (1 cbm} = 1,020 \text{ t).}$$

$$\text{Die parallele Tiefertauchung: } \frac{70,588}{800} = 0,088 \text{ m.}$$

In Wirklichkeit befinden sich die 72 t aber 5,5 m hinter dem  $\odot$  der Schwimmbene, wodurch noch eine Drehung stattfindet, mithin

$$72 \times 5,5 = 396 \text{ mt.}$$

Trimmmoment = 3600 mt als bekannt, folglich

$$\text{Gesamttauchungsänderung: } \frac{396}{3600} = 0,110 \text{ m.}$$

Die Länge der Schwimmbene sei 71 m,  $\odot$  derselben in der Mitte der Länge; der  $\odot$  des hinzukommenden Gewichtes von 72 t ist 5,5 m hinter der Mitte, folglich vom Hinterschiff 30 m entfernt. Demnach verhält sich die Eintauchung hinten:  $0,110 : 71 = x : 30$

$$x = \frac{0,110 \times 30}{71} = 0,046 \text{ m,}$$

mithin der Tiefgang hinten:

$$\frac{5,3 + 0,088 + 0,046}{\text{parallele Tiefertauchung}} = \underline{5,434 \text{ m,}}$$

die Austauchung vorn:  $0,110 : 71 = x : 41$

$$x = \frac{0,110 \times 41}{71} = 0,064 \text{ m,}$$

der Tiefgang vorn:  $5,3 + 0,088 - 0,064 = \underline{5,324 \text{ m.}}$

3. Bombardnahme von Gewichten.

Es werden 72 t unter denselben Verhältnissen wie im obigen Beispiele unter 2. von Bord entfernt. In diesem Falle wird das Schiff hinten aus- und vorn eintauchen, mithin

$$\text{Tiefgang hinten: } \frac{5,3 - 0,088 - 0,046}{\text{parallele Austauchung}} = 5,166 \text{ m,}$$

$$\text{Tiefgang vorn: } 5,3 - 0,088 + 0,064 = 5,276 \text{ m.}$$

Bemerkung. Das Gewicht ist im Vergleich zum Deplacement 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 Trimmmoment, die dann vermittelft der Spantintegralcurven berechnet werden müssen.

4. Leckrechnung.

a) Der vollgelaufene Raum ist durch ein wasserdichtes Deck unterhalb der Schwimmebene abgeschlossen.

In diesem Falle behält die Schwimmebene ihre ganze Fläche, wodurch das Trägheitsmoment derselben nicht vermindert, sondern im Gegentheil eher zunehmen wird, da die Schiffsformen bei den gebräuchlichsten Typen meist für eine kurze Strecke oberhalb der Schwimmebene voller werden.

Beispiel: Auf einem Panzerdeckkreuzer,

Länge zwischen den Perpendikeln . . . . .	= 105 m,
Größte Breite . . . . .	= 17,4 m,
Tiefgang vorn . . . . .	= 6,475 m,
Tiefgang hinten . . . . .	= 6,645 m,

mit einem Deplacement = 6373 cbm = 6500 t, ist der vordere Raum unter dem Panzerdeck vollgelaufen. Wie groß sind die Tiefgänge?

Der Rauminhalt der vollgelaufenen Abtheilung beträgt 177,5 t = 174 cbm; der  $\odot$  desselben vom vorderen Perpendikel = 12 m, vom  $\odot$  der Schwimmebene = 41 m entfernt.

Man betrachtet zunächst das Gewicht des in die Lecke Abtheilung eindringenden Wassers als hinzukommendes Gewicht. Es ruft eine parallele Tiefertauchung hervor, die Schwimmebene hat eine Fläche von 1228 qm, also:

$$\text{Parallele Tiefertauchung} = \frac{174}{1228} = 0,142 \text{ m.}$$

Es wird, da das Trägheitsmoment der Schwimmebene = 705 000 m<sup>4</sup> ist,

$$M_1 F = \frac{705\,000}{6373 + 174} = \frac{705\,000}{6547} = 108 \text{ m} \propto M_1 G.$$

Das Trimmmoment demnach

$$\frac{1 \times 108 \times 6500 + 177,5}{105} = \frac{1 \times 108 \times 6677,5}{105} = 6868 \text{ mt.}$$

Die Gesammttauchungsänderung ist mithin, da die Schwimmebene = 106 m beträgt und der  $\odot$  derselben in der Mitte ihrer Länge angenommen ist,  $\frac{106}{2} - 12 = 53 - 12 = 41 \text{ m}$ , mithin  $\frac{177,5 \times 41}{6868} = 1,06 \text{ m}$ ,

$$\text{folglich Tiefgang vorn: } 6,475 + 142 + \frac{1,06}{2} = \underline{7,147 \text{ m,}}$$

parallele Tiefertauchung

$$\text{Tiefgang hinten: } 6,645 + 142 - \frac{1,06}{2} = \underline{6,257 \text{ m.}}$$

b) Der vollgelaufene Raum ist durch kein wasserdichtes Deck abgeschlossen, so daß das eingedrungene Wasser bis zur Schwimmebene reicht.

Man geht davon aus, daß das Deplacement der nicht leeren Abtheilungen gleich dem Gesamtgewicht des Schiffes sein muß; ermittelt die parallele Tiefertauchung vermittelst des Lastenmaßstabes und berechnet für das neue Deplacement die Schwerpunkte der Länge und Höhe nach sowie den Schwerpunkt und das Trägheitsmoment der neuen Schwimmebene, wobei der Theil der Schwimmebene in der vollgelaufenen Abtheilung in Abzug kommt.

Beispiel. Auf einem Torpedodivisionsboot,

$$\text{Länge zwischen den Perpendikeln} \dots = 64 \text{ m,}$$

$$\text{Größte Breite} \dots = 6 \text{ m,}$$

$$\text{Tiefgang vorn} \dots = 2,28 \text{ m,}$$

$$\text{= hinten} \dots = 2,33 \text{ m,}$$

mit einem Deplacement von  $363,7 \text{ cbm} = 371 \text{ t}$  läuft eine vordere Abtheilung infolge einer Kollision voll Wasser. Wie groß ist die vordere Ein- und hintere Austauchung?

Inhalt der leeren Abtheilung nach Abzug des Deplacements der Einrichtung, wie Torpedoarmirung, Einrichtung für die Mannschaft *z.* =  $23 \text{ cbm} = 23,5 \text{ t}$ .

Die parallele Tiefertauchung habe sich aus dem Lastenmaßstab zu  $0,084 \text{ m}$  ergeben, wodurch das Deplacement der leeren Abtheilung nach Rechnung um  $2,0 \text{ cbm} = 2,04 \text{ t}$  vermehrt wird, mithin  $23,46 + 2,04 = 25,5 \text{ t}$ .

Der Schwerpunkt des neuen Deplacements, das vermehrt ist durch die parallele Tiefertauchung und von dem das Deplacement der vollgelaufenen Abtheilung in Abzug gebracht ist, beträgt  $29 \text{ m}$  vom hinteren Perpendikel, gleich  $3 \text{ m}$  hinter der Mitte des Bootes und vom System- $\odot$  entfernt. Der  $\odot$  der Schwimmebene liegt  $25 \text{ m}$  vom hinteren Perpendikel entfernt.

Das Trägheitsmoment für die neue Schwimmebene beträgt nach Rechnung  $62\,000 \text{ m}^4$ ,

$$\text{mithin } M_1 F = \frac{62\,000}{363,7} = 170 \text{ m} \approx M_1 G$$

$$\text{und die Gesammttauchungsänderung} = \frac{3 \times 371 \times 64}{170 \times 371} = 1,13 \text{ m.}$$

$$\text{Bordere Eintauchung} = \frac{39}{64} \times 1,13 = 0,69 \text{ m.}$$

$$\text{Hintere Austauchung} = \frac{25}{64} \times 1,13 = 0,44 \text{ m.}$$

$$\text{Mithin der Tiefgang vorn} = \underline{2,28 + 0,084 + 0,69 = 3,054 \text{ m.}}$$

parallele Tiefertauchung

$$\text{Der Tiefgang hinten} = \underline{2,33 + 0,084 - 0,44 = 1,974 \text{ m.}}$$

## f. Widerstandsberechnung.

**Geschwindigkeit.** Die Geschwindigkeit ( $v$ ) eines Schiffes wird nach Knoten (kn) in der Stunde gemessen, im Gegensatz zu den Geschwindigkeiten auf Land, die nach  $m$  in der Sekunde gemessen werden. Eine deutsche Seemeile/Stunde =  $1 \text{ kn} = 0,5144 \text{ m/sec}$ . Eine deutsche Seemeile ist der 5400<sup>te</sup> Theil des Meridianquadranten, d. h.  $1 \text{ Seemeile} = \frac{1}{60} \text{ Meridian-Grad}$ .

Man rechnet:

In Deutschland:  $1 \text{ Seemeile} = 1852 \text{ m}$ ,

in England:  $1 \text{ nautical mile} = 6080 \text{ engl. Fuß} = 1853 \text{ m}$ ,

$1 \text{ admiralty mile} = 6086,5 \text{ engl. Fuß} = 1855 \text{ m}$ ,

$1 \text{ englische Meile} = 1 \text{ statute mile} = 5280 \text{ engl. Fuß} = 1609 \text{ m}$ .

Bezeichnet  $t$  die für die durchfahrene Seemeile gebrauchte Zeit in Sekunden, so ist die Geschwindigkeit des Schiffes  $v = 3600 : t$  Knoten in der Stunde.

Knoten ist eine Geschwindigkeit, keine Länge. Die Knotenentfernung der Logleine beträgt in Deutschland  $13,68 \text{ m}$  bei einer Sanduhr für  $28$  Sekunden, neuerdings bei einer Sanduhr für  $10$  Sekunden  $6,84 \text{ m}$ . Logleine wird immer noch benutzt, doch sind neuerdings Patentlogs im Gebrauch, bei denen die Umdrehungsanzahlen einer kleinen im Wasser vom Hintersteven aus mitgeschleppten Schraube bestimmte Maßangaben über die zurückgelegte Geschwindigkeit angeben. Absolut genaue Resultate ergeben Probefahrten an der gemessenen Meile.

Bei Probefahrten ist beim Laufen an der abgesteckten Meile zu berücksichtigen, daß die Geschwindigkeit bei flachem Wasser geringer ist, als auf tiefem Wasser bei gleicher Maschinenleistung.

**Koeffizientenmethode zur angenäherten Bestimmung der Maschinenleistung.** Zur angenäherten Bestimmung der  $PSi$  (indizierte Pferdestärke =  $75 \text{ mkg/sec}$ .)

dient eine französische Formel,  $v = m \sqrt[3]{\frac{PSi}{\Sigma}}$ , worin  $m$  ein Erfahrungskoeffizient ist, der in den Grenzen von  $3 - 4,5$  (für gute Mittelwerthe in den Grenzen von  $3,5 - 4$ ) liegt.

Eine neuere holländische Formel giebt noch genauere Annäherungswerthe

$PSi = \frac{v^{3,6}}{C} \sqrt[3]{\frac{D^2 \times B}{L^2}}$ , worin  $C$  in den Grenzen von  $118 - 138$  liegt, oder eine russische Formel:

$$PSi = 1000 \times D^{2,3} \times \left(\frac{v}{A}\right)^{3,6} \times \left(\sqrt[3]{\frac{B}{L^{2,3}}}\right),$$

worin  $A$  in den Grenzen von  $26$  bis  $27$  (gute Mittelwerthe  $26,3$ ) liegt.

**Froudesche Theorie.** Ein englischer Privatgelehrter, W. Froude in Chelston Croß, Torquay, hat rechnerisch und durch Versuche, die er in besonderen Versuchsanstalten anstellte, besonders zwei Fragen erörtert:

1. Widerstandsermittlungen des Schiffskörpers bei der Fortbewegung.
2. Ausnutzung des Motors.

Auf seinen Theorien und Versuchen hat sich die Widerstandsberechnung und Berechnung der Maschinenleistung aufgebaut. Froude fand zwischen Schiff und Modell Vergleichsätze:

1. Die Widerstände verhalten sich wie die 3. Potenzen der linearen Längenabmessungen des Schiffes oder wie die Displacements.

2. Die Vergleichsgeschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Längenabmessungen oder wie die sechsten Wurzeln aus den Displacements.

Froude zerlegt den Schiffswiderstand ( $W$  in kg) in:

1. Reibungswiderstand  $W_r$ ,
2. Widerstand  $W_p$ , hervorgerufen durch den Propeller,
3. Widerstand  $W_w$ , hervorgerufen durch Wirbel- und Wellenbildung, abhängig von der Form des Schiffes,
4. Widerstand  $W_1$ , hervorgerufen durch den Druck der Luft gegen das Oberwasser Schiff.

Der Reibungswiderstand ( $W_r$ ) ist abhängig von der Beschaffenheit, der Größe und der Länge der benetzten Oberfläche ( $\Omega$  in qm).

$W_r = f \Omega v^m$ , worin  $f$  und  $m$  Koeffizienten sind, die aus Versuchen gewonnen sind:

für Modelle aus Paraffin:  $m = 1,94$  und  $f$  abhängig von der Länge  $l$  des Modells in m.

für Schiffe mit eisernem Schiffskörper und reiner Oberfläche:  
 $m = 1,829$ .

l	f
0,6	0,2140
1	0,2025
1,5	0,1915
2	0,1830
2,2	0,1805
2,4	0,1775
2,6	0,1750
2,8	0,1730
3	0,1710
3,2	0,1689
3,4	0,1669
3,8	0,1638
4,2	0,1610
4,6	0,1585
5	0,1565
6	0,1520

Länge des Schiffes in der CWL in m	Eiserner Schiffskörper f
20	0,4572
30	0,1555
40	0,1540
50	0,1527
60	0,1515
70	0,1504
80	0,1494
90	0,1485
100	0,1477
110	0,1470
120	0,1464
130	0,1459
140	0,1455

Die Widerstände  $W_p$  und  $W_w$  werden nach Modellversuchen unter Berücksichtigung der Froudeschen Sätze abgeleitet. Für neue Schiffe von guter Form betragen diese Widerstände etwa 8 bis 10 pCt. des Reibungswiderstandes.

Der Luftwiderstand beträgt für unbewegte Luft etwa 2 pCt. des Gesamtwiderstandes.

**Maschinenleistung nach Froude.** Nach Froudes Versuchen setzt sich die Leistung (PSi), welche in den Cylindern der Maschine indiziert werden muß, um dem Schiffe eine bestimmte Geschwindigkeit zu geben, zusammen aus den Arbeitsstärken, welche den Gesamtwiderstand überwinden müssen.

Schiffswiderstand = PSe (effektive Pferdestärke, eine Kraft, die am Propeller geleistet werden muß, um die verlangte Geschwindigkeit zu erreichen) =  $\frac{R \times v}{75}$ .

Ohne die verschiedenen Gütegrade der Maschinen zu berücksichtigen, setzt Froude  $PSi = 2,7 PSe$ .

Letzteren Werth findet er, indem er die Schiffspferdekraft (SPS = Schiffspferdestärke), die zu der verlangten Fortbewegung nöthige Kraft, aus folgenden Einzelkräften zusammensetzt:

1. der Kraft zur Ueberwindung des Schiffswiderstandes . . .	1	PSe
2. der Kraft zur Ausgleichung der durch die Umdrehung der Schraube bewirkten Druckverminderung am Heck . . .	0,4	=
3. der Kraft zur Ueberwindung der Reibung des Wassers an den Schraubenflächen . . . . .	0,1	=
	<hr style="width: 100%;"/>	
	Summe	1,5 PSe;

den Kräften, welche im Schiffsinnern verbraucht werden:

4. der Kraft zur Ueberwindung der Reibung in der Maschine bei Leergang . . . . .	0,143	SPS
5. der Kraft zur Ueberwindung der Reibung, die bei vollem Kraftlauf in der Maschine entsteht, abzüglich der Leergangsarbeit . . . . .	0,143	=
6. der Kraft zur Widerstandsüberwindung der Luft- und Speisepumpen . . . . .	0,075	=
	<hr style="width: 100%;"/>	

SPS ist somit 1,5 PSe + 0,361 SPS.

Hieraus:  $SPS = \frac{1,5}{0,639} PSe = 2,347 PSe$ .

Bei Anrechnung von 0,1 SPS für den Slip der Schraube wird:

$PSe = 0,387 PSi$  oder  $PSi = 2,582 PSe$ .

2,582 ist für gewöhnliche Verhältnisse erfahrungsgemäß etwas zu niedrig, und es wird gesetzt  $PSi = 2,7 PSe$ .

So kann lediglich durch Rechnung die Maschinenleistung nach Froude gefunden werden. Wie die Ermittlung mit Hilfe von Schleppversuchen geschieht, wird am Schluß der Abhandlung über den Schiffswiderstand gezeigt werden.

**Middendorffsche Formel.** Eine neuere deutsche Angabe zur Errechnung der Maschinenleistung, die gute Annäherungswerte giebt, ist die von Middendorff.

Hierbei ist der gesammte Schiffswiderstand in kg:

$$W = \frac{11 \times \text{D} \times B \times v^{2,5}}{\sqrt{B^2 + k \times L^2}} + 0,17 \Omega v^{1,85} \quad (v \text{ ist hier in m/sec einzusetzen}).$$

Die Bestimmung der benetzten Schiffsoberfläche geschieht am besten, indem man die Spantumfänge nach Simpson zusammenfaßt und mit 1,015 bis 1,03 je nach der Schärfe der Wasserlinien multipliziert. Gute Werte ergeben auch die Annäherungsformeln von Normand:

1.  $\Omega = L [1,5 T + (0,09 + \delta) B]$ ,
2.  $\Omega = L [1,52 T + (0,374 + 0,85 \delta^2) B]$  oder nach Bourgeois
3.  $\Omega = KL (B + 2 T)$ , worin  $K = 0,65$  bis  $0,78$  ist.

Nach Middendorff ist ferner  $u_1$  der Fortschritt des Propellers in m/sec, wenn  $F$  die Summe der Schraubenkreisflächen in  $qm$  ist.

$$u = v + 0,08 \sqrt{\frac{W}{F}}.$$

Der Koeffizient  $K$  in der Formel für  $W$  ist dann abhängig von

$\varphi = \frac{D}{\text{D} L}$  nach folgender Tabelle:

$\varphi$	K												
0,7	2	0,73	1,96	0,76	1,85	0,79	1,69	0,82	1,42	0,85	1,06	0,88	0,55
0,71	1,99	0,74	1,93	0,77	1,81	0,80	1,62	0,83	1,32	0,86	0,90	0,89	0,31
0,72	1,98	0,75	1,89	0,78	1,75	0,81	1,50	0,84	1,18	0,87	0,74	0,90	0,02

Die Nutzleistung der Maschine in Pferdestärken soll dann gleich sein

$$PS_n = \frac{W \times u}{75}, \text{ und die indizierte Leistung}$$

$$PS_i = \frac{PS_n}{\eta}, \text{ worin für}$$

$PS_n =$	40	60	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
$\eta =$	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75

$PS_n =$	900	1000	1200	1400	1600	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000	10000
$\eta =$	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90

**Schleppversuchsanstalten.** Versuchsanstalten, um aus nach den Zeichnungen angefertigten Schiffsmoellen die nothwendige Maschinenleistung für bestimmte Geschwindigkeiten für das auszuführende Schiff zu finden, sind in England,

Amerika, Italien und Holland vorhanden. In Deutschland hat der Norddeutsche Lloyd neuerdings in Bremerhaven eine solche Versuchsstation eingerichtet, die unter dem Namen „Abtheilung für schiffbautechnische Versuche“ vom Lloyd in Betrieb genommen worden ist. Die Anstalt besteht aus:

a) einer langen Halle mit Schleppbassin, b) der Modellgießerei, c) dem Raum für die Modellschneidemaschine, d) der Werkstatt, e) dem Zeichensaal, f) Akkumulatorraum, g) Magazin, h) Büreaus, i) Filteranlage zur Lieferung reinen Wassers für das Bassin, welches aus Holz hergestellt ist.

Das unter der Halle befindliche Bassin ist 164 m lang, 6 m breit und 3,4 m tief. Ueber dem Bassin fährt ein Wagen auf Schienen mit Meßinstrumenten. Das für den Schleppversuch fertige Schiffsmodell wird unter diesen Wagen mit den Meßgeräthen gebracht und mit dem Dynamometer (Kraftmesser) oder dem Widerstandsapparate verbunden, so daß an den elektrischen Meßinstrumenten direkte Ableisungen des Widerstandes des zu probirenden Modells gesehen können.

Die Modelle werden nach den Konstruktionszeichnungen aus Paraffin hergestellt. Paraffin wird genommen, um die Reibung so gering als möglich zu machen und für alle Versuche bezüglich des Materials gleiche Resultate zu erhalten. Außerdem läßt sich Paraffin leicht bearbeiten, ist trotzdem fest und widerstandsfähig, und die benutzten Modelle können wieder umgeschmolzen und das Paraffin wieder verwendet werden, ohne daß die Güte des Paraffins darunter leidet.

Die Schiffsmodellgießerei besteht im Wesentlichen aus einem Paraffinschmelzofen und einem Formkasten.

Der Formkasten ist 1 m breit, 900 mm tief und 6 m lang und ist bis etwa 50 mm unter der Oberkante mit Thon gefüllt.

Die Modelllänge soll thunlichst 4 bis 4,5 m lang sein, so daß sich der Maßstab des Modells nach dieser Länge richtet, d. h. das Verhältniß  $a$  der linearen Abmessungen des Schiffes zu denen des Modells. Zum Beispiel für einen 200 m langen Schnelldampfer  $a = 45$  und für ein 60 m langes Torpedoboot  $a = 15$ . Zur Herstellung der Form sind Spantschablonen aus Holz erforderlich, die nach zwei Spantenrissen geschnitten werden. Diese beiden Spantenrisse entstehen in der in Figur 23 (S. 81) dargestellten Weise.

Die äußere Kurve ergibt die Spantschablone für die äußere Form, die innere die für den Kern des Modells, der als Hohlguß gegossen wird. Die Schablonen werden mit Querhäuptern versehen, welche in die Ausschnitte zweier an den inneren Längsseiten des Formkastens befestigte Leisten passen. Der Abstand dieser Ausschnitte entspricht der Spantenentfernung der Konstruktionszeichnung. Der Kern, der aus den vorher beschriebenen inneren Schablonen gearbeitet ist, wird mit starker Leinwand bezogen, die Thonanstriche erhält. Zwischen Thon und Leinwand wird dann Paraffin gegossen. Mit der Modellschneidemaschine schneidet man das roh gegossene Modell auf die dem Schiffe



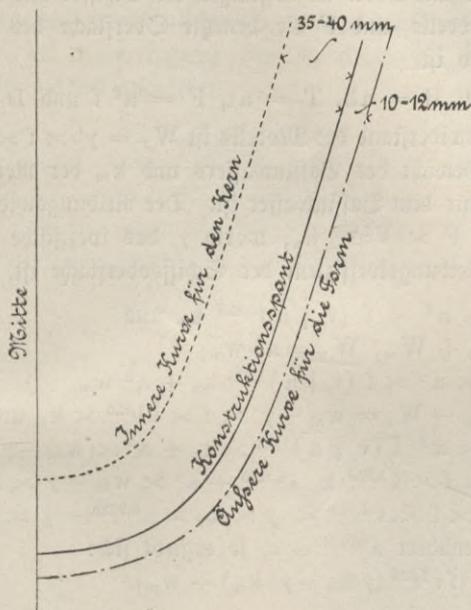
Tabelle der Wertige  $O_m$  und  $O_s$ .

	Ränge des Modells in Metern = 1.			Ränge des Schiffes in Metern = L.			
	$O_m$	1	$O_m$	L	$O_s$	$O_s$	
2,5	0,14 012	4,1	0,12 518	20	0,09 253	105	0,07 536
2,6	0,13 890	4,2	0,12 447	25	0,08 960	110	0,07 496
2,7	0,13 775	4,3	0,12 378	30	0,08 732	115	0,07 460
2,8	0,13 663	4,4	0,12 317	35	0,08 560	120	0,07 425
2,9	0,13 559	4,5	0,12 254	40	0,08 416	125	0,07 392
3,0	0,13 456	4,6	0,12 192	45	0,08 294	130	0,07 360
3,1	0,13 357	4,7	0,12 135	50	0,08 192	135	0,07 329
3,2	0,13 260	4,8	0,12 078	55	0,08 105	140	0,07 295
3,3	0,13 168	4,9	0,12 022	60	0,08 027	145	0,07 265
3,4	0,13 078	5,0	0,11 968	65	0,07 960	150	0,07 234
3,5	0,12 989	5,1	0,11 914	70	0,07 890	155	0,07 204
3,6	0,12 904	5,2	0,11 864	75	0,07 828	160	0,07 175
3,7	0,12 824	5,3	0,11 815	80	0,07 769	165	0,07 148
3,8	0,12 744	5,4	0,11 768	85	0,07 712	170	0,07 120
3,9	0,12 666	5,5	0,11 722	90	0,07 662	175	0,07 092
4,0	0,12 592	5,6	0,11 676	95	0,07 618	180	0,07 069
		5,7	0,11 632	100	0,07 575	185	0,07 042

genau der Konstruktionszeichnung entsprechende Form, weshalb eine Zugabe von 10 bis 12 mm für die Schablonen der äußeren Form erforderlich war.

Das fertige Modell wird dann ins Bassin unter den Wagen gebracht, mit diesem, wie schon früher angegeben, verbunden und die direkten Messungen vorgenommen.

Fig. 23.



Die Uebertragung der gefundenen Werthe am Modell auf die des auszuführenden Schiffes geschieht in folgender Weise:

Die Geschwindigkeit ( $V$ ) in  $m$  des  $a$  mal größeren Schiffskörpers ist gleich der Geschwindigkeit ( $v$ ) des kleineren Schiffskörpers oder des Schiffesmodelles multipliziert mit  $\sqrt{a}$ , also  $V = v \sqrt{a}$ . Die wellen- oder wirbelbildenden Restwiderstände vom Schiff verhalten sich dann zu denen des Modells wie  $a^3 : 1$ .

Wenn nun durch Schleppversuche und durch Berechnung des Reibungswiderstandes der wellen- und wirbelbildende Widerstand des Modells gefunden ist, so braucht dieser Restwiderstand nur mit dem Kubus des Maßstabes des Schiffes zum Modell multipliziert zu werden, um den Restwiderstand für das Schiff zu erhalten.

Der Reibungswiderstand des Schiffes wird nach derselben Formel berechnet wie der des Modells; Restwiderstand des Schiffes und sein Reibungswiderstand addirt, ergeben den gesuchten Gesamtwiderstand des Schiffes.

$w_m$  der Totalwiderstand des Schiffsmobells,  $W_s$  der des Schiffes,  
 $w_r$  = Reibungswiderstand des Modells,  $W_r$  = " "  
 $w_w$  = wellen- und wirbelbildende Wider-  
 stand des Modells,  $W_w$  = " "

$$W_m = w_r + w_w \quad \dots \quad W_s = W_r + W_w$$

$$w_w \times a^3 = W_w, \text{ folglich } W_s = W_r + a^3 \times w_w.$$

Wenn L, B, T und D die Abmessungen des Schiffes und l, b, t und d die Abmessungen des Modells und F die benetzte Oberfläche des Schiffes und f die des Modells ist, so ist

$$L = al, B = ab, T = at, F = a^2 f \text{ und } D = a^3 d.$$

Der Reibungswiderstand des Modells ist  $W_r = \gamma' \times f \times v^{1,825} \times k_m$ , worin  $\gamma'$  das spezifische Gewicht des Bassinwassers und  $k_m$  der Reibungskoeffizient der Modelloberfläche mit dem Bassinwasser ist. Der Reibungswiderstand des Schiffes ist:  $W_r = \gamma \times F \times V^{1,825} k_s$ , worin  $\gamma$  das spezifische Gewicht des Meerwassers,  $k_s$  der Reibungskoeffizient der Schiffsoberfläche ist. Dann ist:

$$W_r = \gamma \times a^2 \times f (v \sqrt{a})^{1,825} k_s \text{ und}$$

$$W_s = W_r + W_w, W_w = a^3 w_w,$$

$$W_s = \gamma \times a^2 \times f (v \sqrt{a})^{1,825} k_s + a^3 w_w.$$

$$W_w = W_m - W_r = w_m - \gamma' \times f \times v^{1,825} \times k_m \text{ und}$$

$$W_s = \gamma \times a^2 f (v \sqrt{a})^{1,825} \times k_s + a^3 \times (w_m - \gamma' \times f \times v^{1,825} \times k_m),$$

$$= \gamma \times f \times v^{1,815} k_s a^{2,9125} + a^3 \times w_m - \gamma \times f \times v^{1,825} k_m \times a^3;$$

$$= a^2 \times f \times v^{1,825} \times (\gamma \times k_s \times a^{0,9125} - \gamma \times k_m \times a) + a^3 w_m$$

angenähert  $a^{0,9125} = a$ , so ergibt sich:

$$W_s = a^3 [fv^{1,825} (\gamma k_s - \gamma' k_m) + w_m].$$

Die effektive Leistung wird erhalten, wenn  $W_s$ , der Totalwiderstand des Schiffes in kg, mit der Schiffsgeschwindigkeit  $V = v \sqrt{a}$  in m multipliziert und durch 75 dividirt wird.

$$PSe = \frac{W_s \times V}{75} = \frac{v \times \sqrt{a}}{75} \times a^3 [f \times v^{1,825} (\gamma \times k_s - \gamma' \times k_m) + w_m]$$

$$= \frac{a^{7/2} \times v}{75} [f \times v^{1,825} (\gamma \times k_s - \gamma' \times k_m) + w_m]$$

Ist durch Schleppversuche  $w_m$  ermittelt, so läßt sich PSe für das Schiff bestimmen, wenn aus Tabellen die Werthe  $k_m$  und  $k_s$ , die außer von der Beschaffenheit der benetzten Oberfläche, noch von den Längen von Modell und Schiff abhängig sind, wie schon früher erwähnt, erfahrungsmäßig ermittelt werden.

Die effektive Leistung ist aber nur ein Bruchtheil der indizirten, den Froude festgestellt hat mit:

$$PSi = \frac{PSe}{\eta}, \eta = 0,33 \text{ bis } 0,54.$$

Der Werth dieses Bruches hängt ab von der Größe des Schiffes, vom Schiffstyp und von der Geschwindigkeit. Er wird bestimmt durch zahlreiche Schleppversuche mit Modellen vorhandener Schiffe und durch Vergleiche der aus den Versuchen berechneten effektiven Leistung mit der wirklichen indizirten Maschinenleistung dieser Schiffe.

Es werden aus den Formeln noch bestimmte Konstanten entwickelt, deren Werthe durch Rechnung und Versuche für bestimmte Fälle zusammengestellt werden. Ein Schema des Norddeutschen Lloyd über die Ergebnisse von Modellschleppversuchen und die Uebertragung der Resultate auf das auszuführende Schiff ist auf S. 78 bis 80 angegeben.

### g. Schiffszeichnungen.

**Rechnungen und Zeichnungen.** Die in den vorhergehenden Abschnitten besprochenen Rechnungen werden während und nach Anfertigung der Zeichnungen angestellt. Diese Zeichnungen sind theilweise Resultate der Rechnungen, theilweise dienen die Rechnungen dazu, die Ausführbarkeit jener und ihre zweckentsprechende Konstruktion zu kontrolliren, so daß oft nach Fertigstellung zeichnerischer Entwürfe ein Umarbeiten nöthig 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 Bleiliniien mit der Reißfeder mit schwarzer oder bunter Tusche. Als Hilfsmittel dienen gute Reißzeuge, Reißschienen, Strahlratten mit Gewichten, Kurvenlineale, Planimeter, Rechenstieher, gute lange Maßstäbe u. s. w. Im Schiffbauzeichnen, wo große Genauigkeit nothwendig 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 Rheder) 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,
2. Einrichtungszeichnungen,
3. Hauptspantszeichnung,
4. graphische Darstellung der Berechnungsergebnisse,
5. Lenztafel,
6. Ventilationsplan,
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.

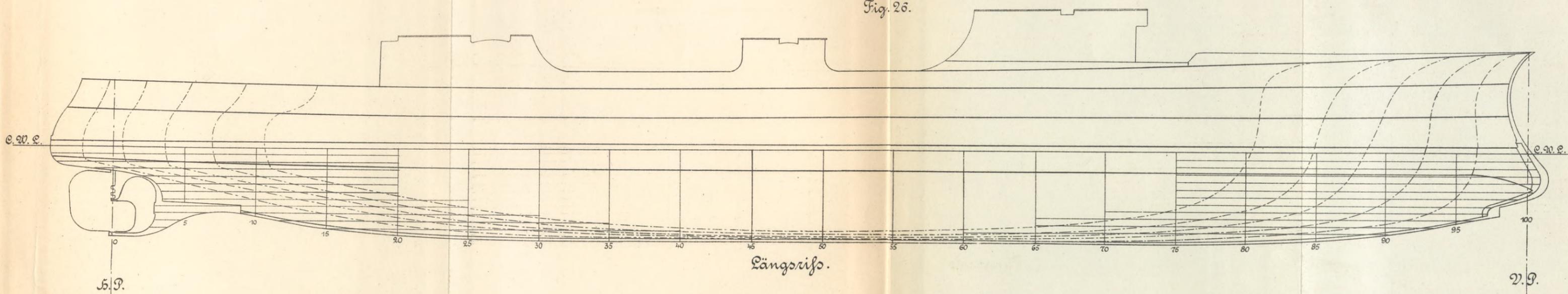
Für Segelschiffe kommt selbstverständlich eine Bemastungszeichnung mit Segelplan hinzu.

Bei Kriegsschiffen kommen noch artilleristische Pläne, Bestreichungspläne, Pläne für die Munitionsstauungen u. s. w. hinzu.

Konstruktionszeichnung S. M. S. „Fürst Bismarck.“

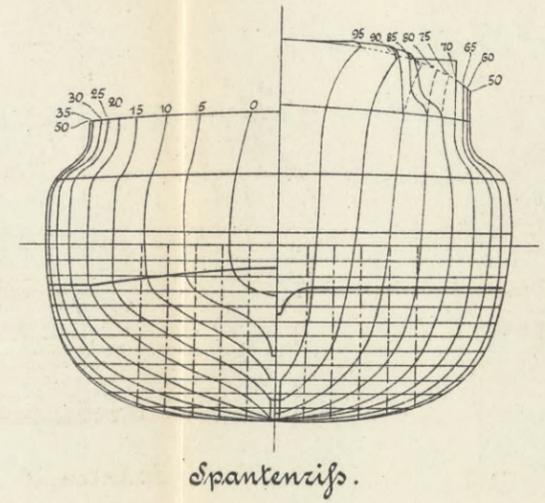
1:300.

Fig. 26.



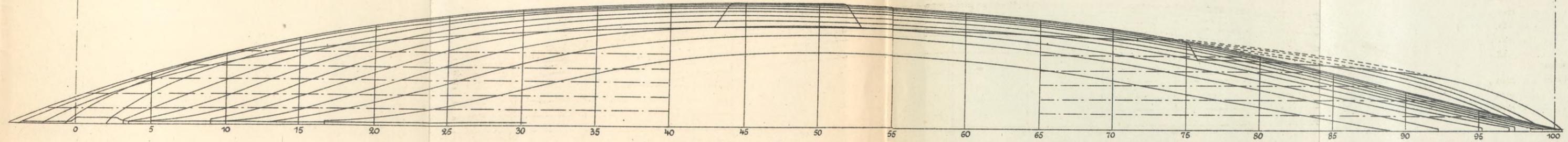
Längsriß.

Fig. 24.



Spantenriß.

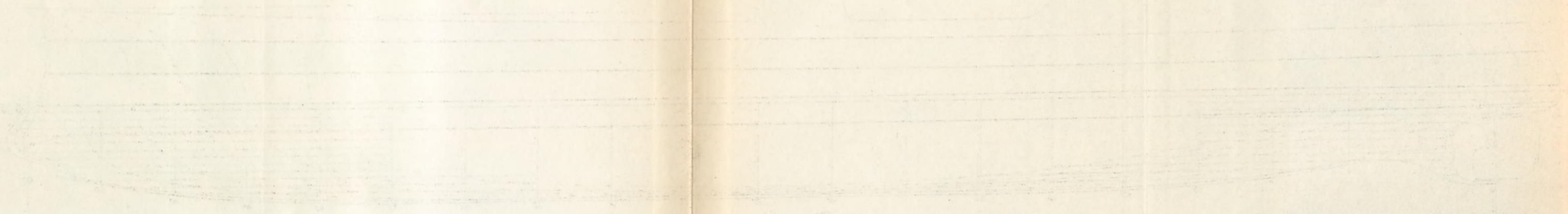
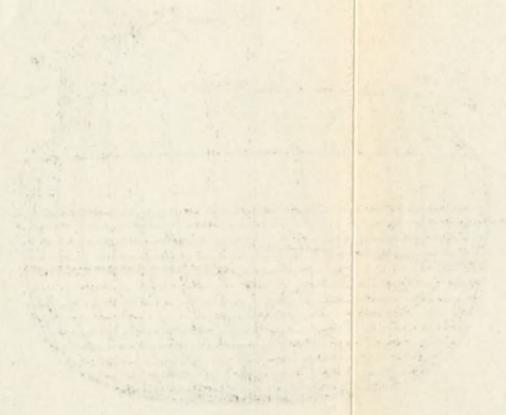
Fig. 25.



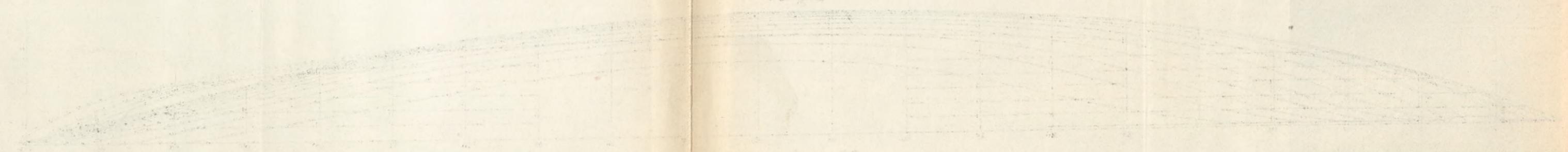
Wasserlinienriß.

Länge zwischen den Perpendikeln . . . . .	120,0 m
Länge über Alles . . . . .	127,0 „
Grösste Breite auf der Holzhaut . . . . .	20,4 „
„ „ „ dem Panzer . . . . .	20,1 „
Konstruktionstiefe, vorn und hinten . . . . .	7,9 „
Höhe von Oberkante horizontaler Kielplatte oder Aussenkante Sponung bis Oberdecksbalken an Bord in der Mitte zwischen den Perpendikeln . . .	12,88 „
Displacement in cbm . . . . .	10 480
„ „ t . . . . .	10 690

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header.



Vertical text on the left margin, possibly a list or index.



Die Handelsmarine beschränkt sich auf weniger Zeichnungen, obgleich die großen Werften neuerdings, ähnlich wie für Kriegsschiffe verlangt, ebenfalls alle vorerwähnten 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.** (Tafel I.) 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:  
Spantenriß,  
Wasserlinienriß,  
Längsriß.

Die Anordnung ist so, daß oben der Längsriß, darunter der Wasserlinienriß und rechts in der Höhe des Längsrißes der Spantenriß angeordnet ist, unter dem Name und Abmessungen u. s. w. geschrieben werden.

**Spantenriß.** (Fig. 24 Tafel I.) Der Spantenriß ist eine Horizontalprojektion auf die Querschiffsebene. Er entsteht, indem man sich die Länge des Schiffes in gleiche Theile zerlegt denkt, durch welche man Vertikalebene 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 Spantenkurven sind in ein Netz von geraden Linien gezeichnet, von denen die Horizontalen die Projektionen der Wasserliniensebenen, die Vertikalen die Projektionen der Schnittebenen sind. Die Projektionen des Decks sind ebenfalls entsprechend den Endpunkten der Spanten eingetragen.

**Wasserlinienriß.** (Fig. 25 Tafel I.) Der Wasserlinienriß ist eine Vertikalprojektion auf die Horizontalebene. Die Kurven der Wasserlinien entstehen, indem man sich die Tiefe des Schiffes in gleiche Theile zerlegt. Diese Theilung wird noch für mehrere Punkte über die Konstruktionswasserlinie fortgesetzt, um auch die Form des Oberschiffes festzustellen. Durch die Theilpunkte werden Horizontalebene 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 Riße ebenfalls ausgezogen. 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.** (Fig. 26 Tafel I.) Der Längsriß oder der Längsschnitt ist eine Vertikalprojektion auf die Längschiffsebene. 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 ausgetrafft. Sie sind die schärfste Kontrolle für das Strafen der Wasserlinien, Spanten und Schnitte. Die Senten finden bei der Ausführung des Baues zur Formgebung verschiedener Verbandstücke Anwendung.

**Strafen.** Unter Strafen versteht man das Auszeichnen der Schiffskurven mittelst feiner Holzlatten, deren gleichmäßige Spannung einen glatten rechnermäßigen 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 Straf der betreffenden auszustrafenden Kurve erzielt wird. Die Spantformen werden mit Hülfe 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 ausgetrafft, die dann durch Nägel an den Konstruktionspunkten festgehalten werden.

**Einrichtungszeichnungen.** (Fig. 27—39 Taf. II—VI.) Zur baulichen Ausführung des Schiffes bedarf es neben der Konstruktionszeichnung noch besonderer Bauzeichnungen, von denen die wichtigsten die Einrichtungszeichnungen sind.

Die Einrichtungszeichnungen zerfallen in Deckspläne mit dem Stauungsplan in Querschnitte und den Längsschnitt. In diesen Zeichnungen sind die Vertheilung 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

S. M. S. „Fürst Bismarck.“ 1:300.

Aufbaudeck und Obere Ansicht.

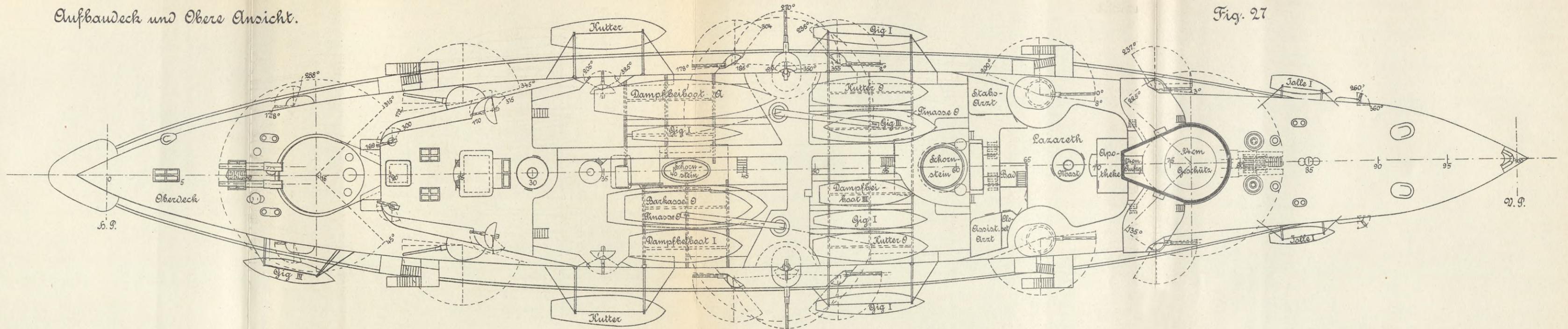


Fig. 27

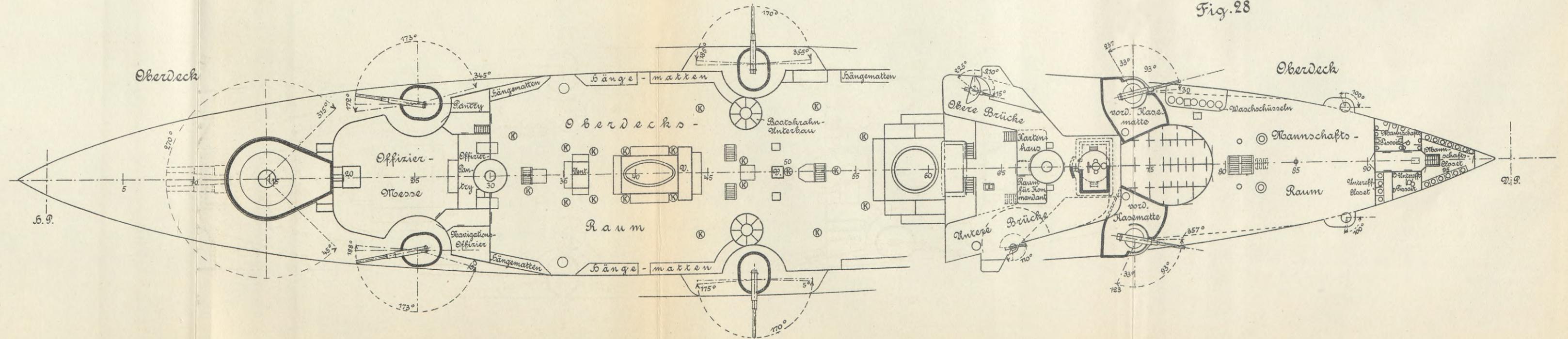
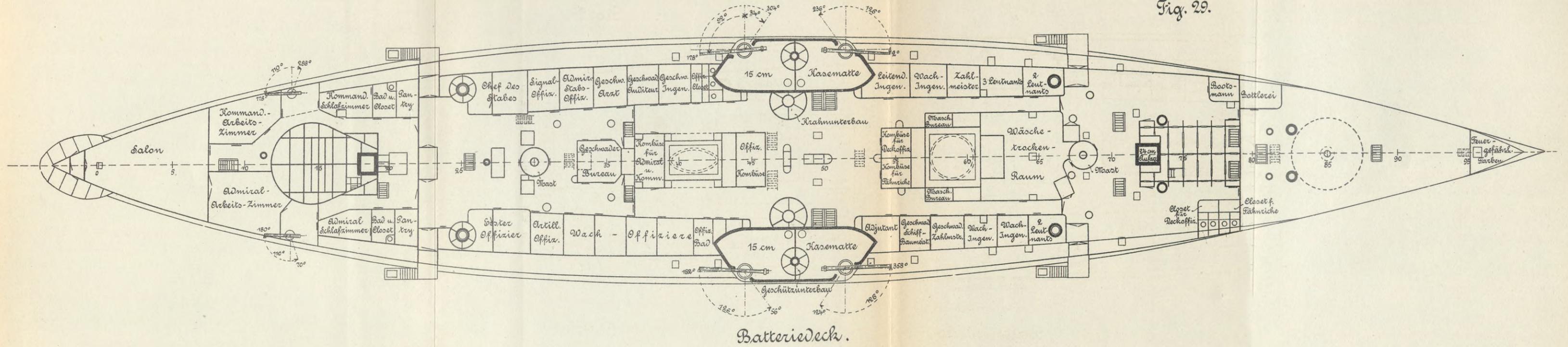


Fig. 28



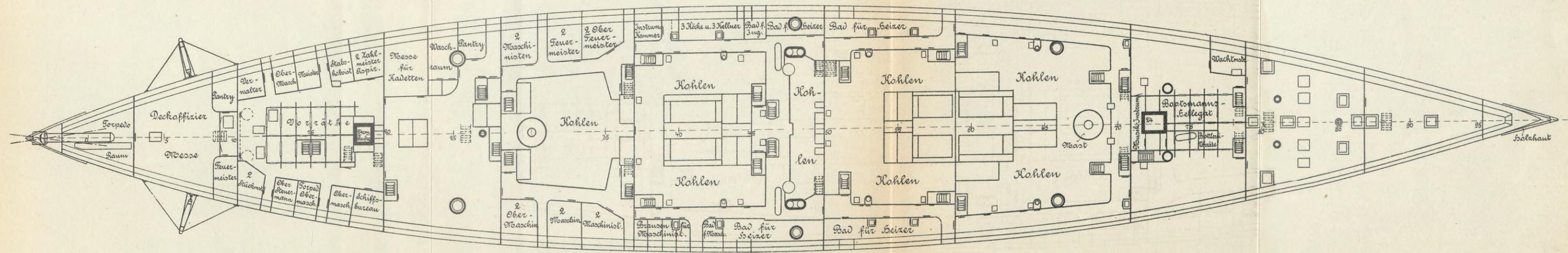
S. N. S. „Fürst Bismarck“. 1:300.

Fig. 29.



Batteriedeck.

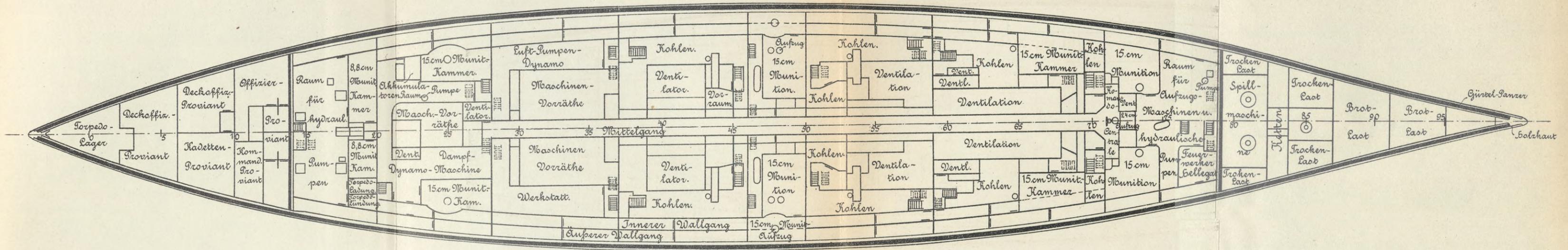
Fig. 30.



Panzerdeck.

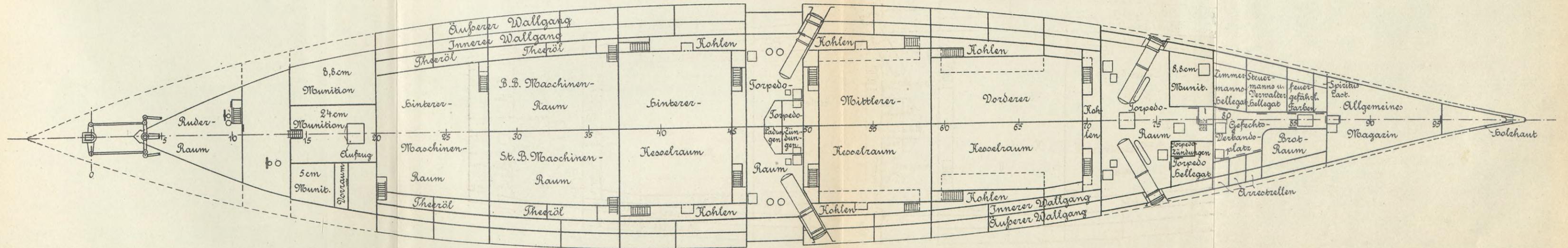
S. N. S. „Fürst Bismarck“ 1:300.

Fig. 31.



Zwischendeck.

Fig. 31<sup>a</sup>



Plattformdeck.



S. M. S. „Fürst Bismarck.“  
Stauungsplan. 1:300.

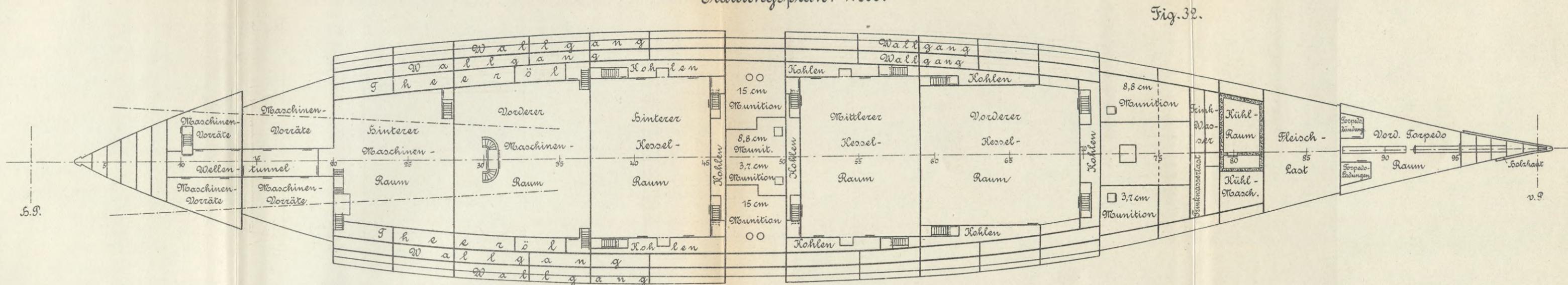
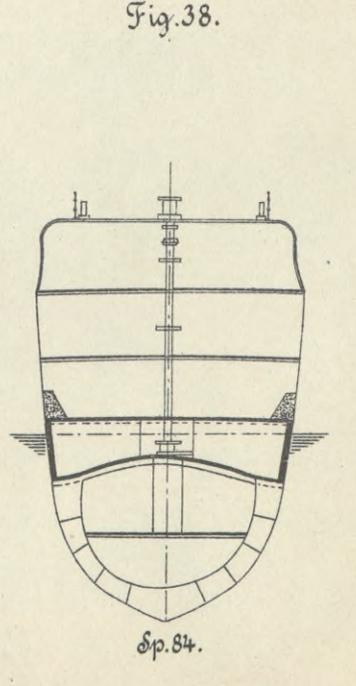
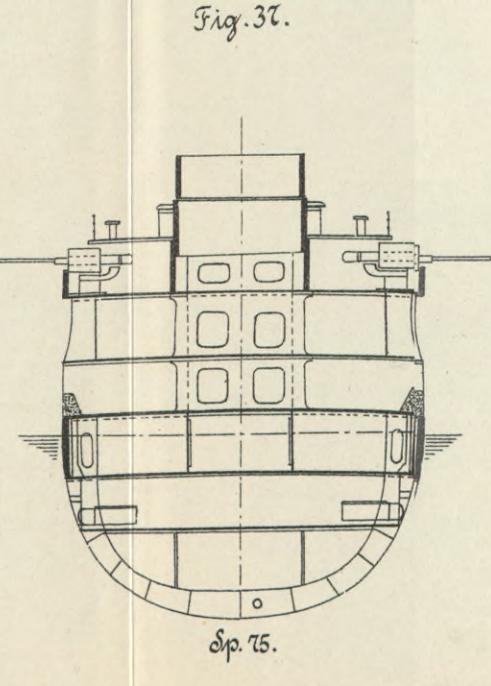
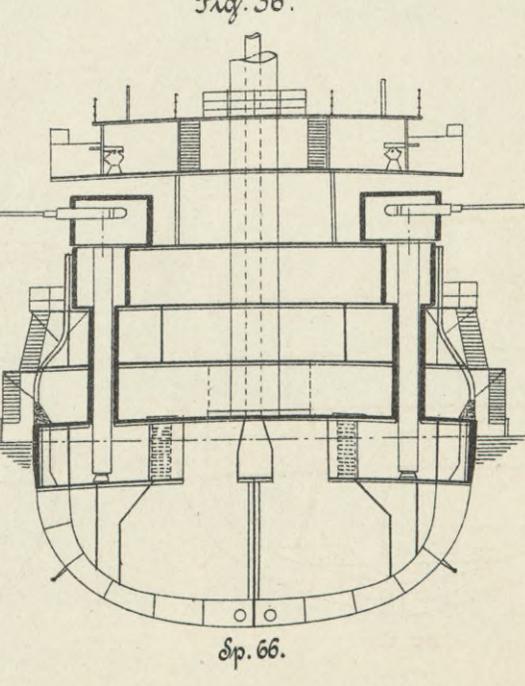
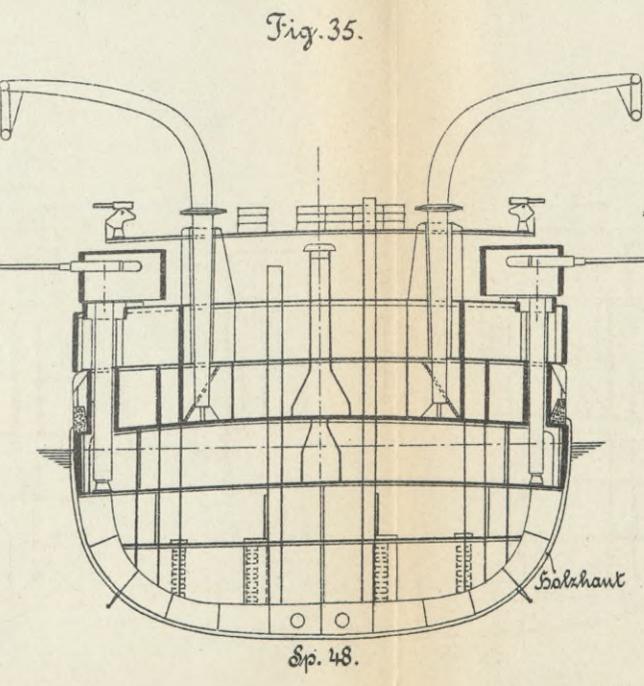
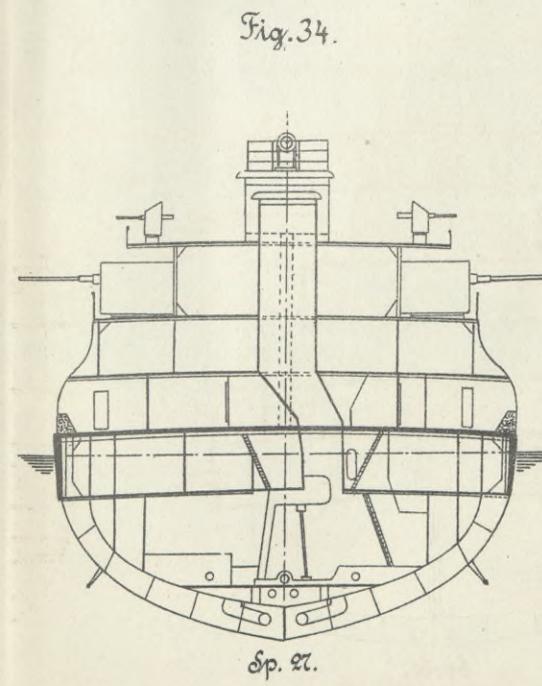
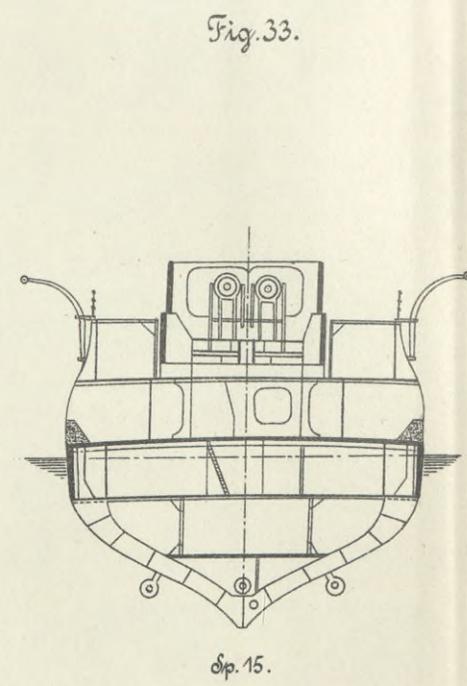


Fig. 32.



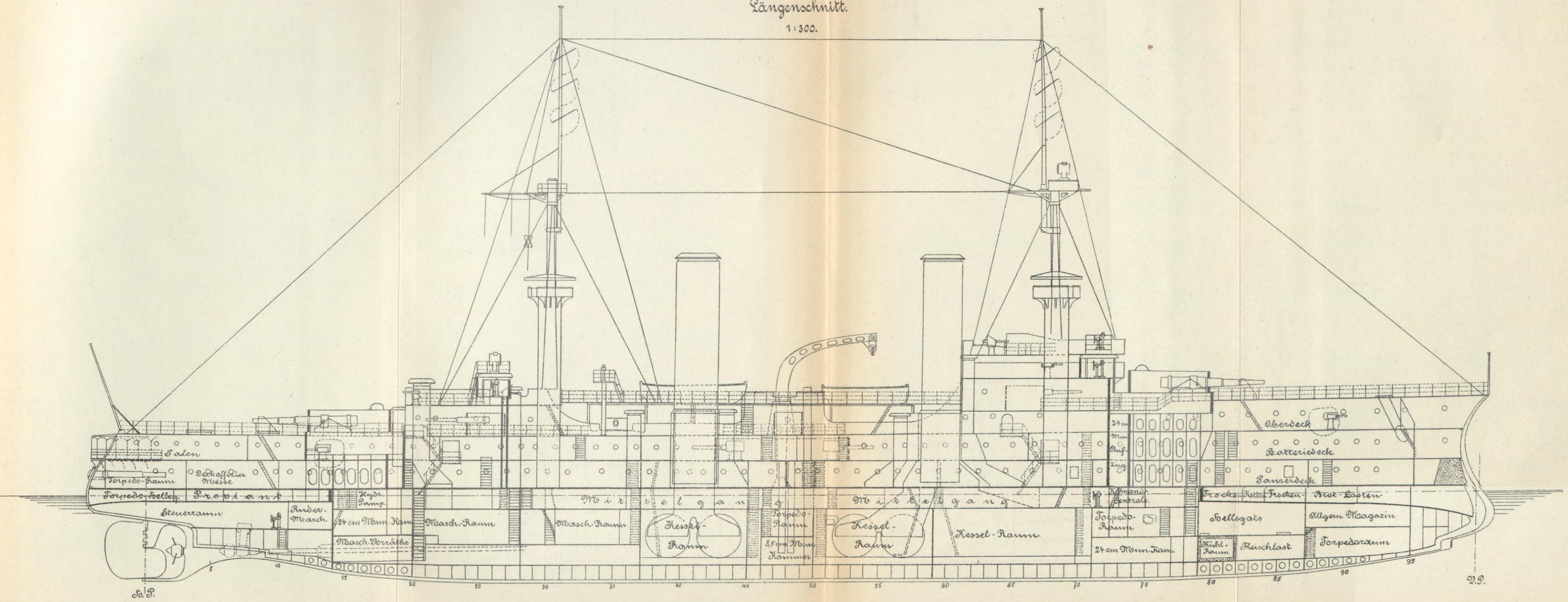
Querschnitte.



# S. M. S. „Furst Bismarck.“

Längenschnitt.

1:300.

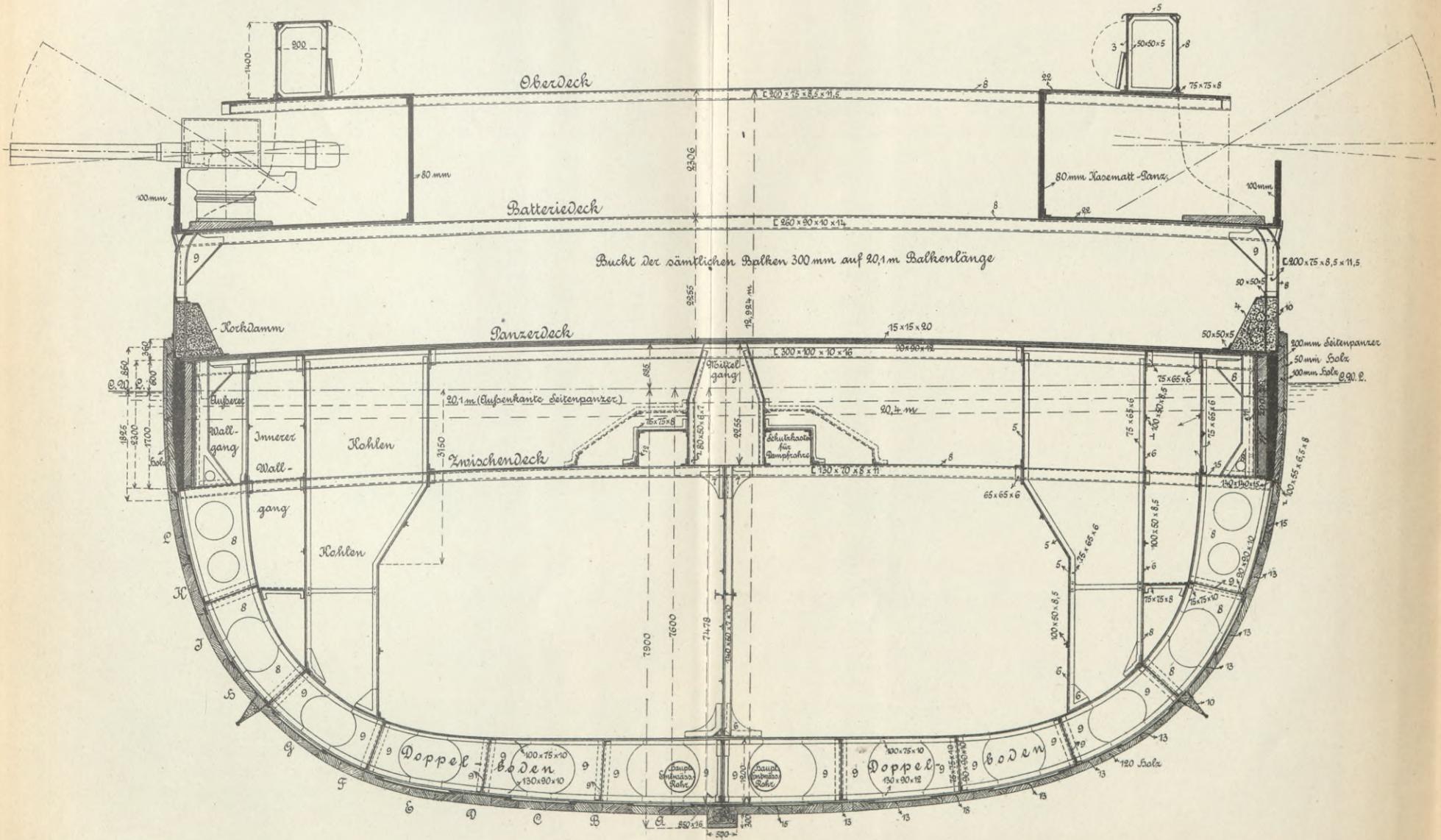


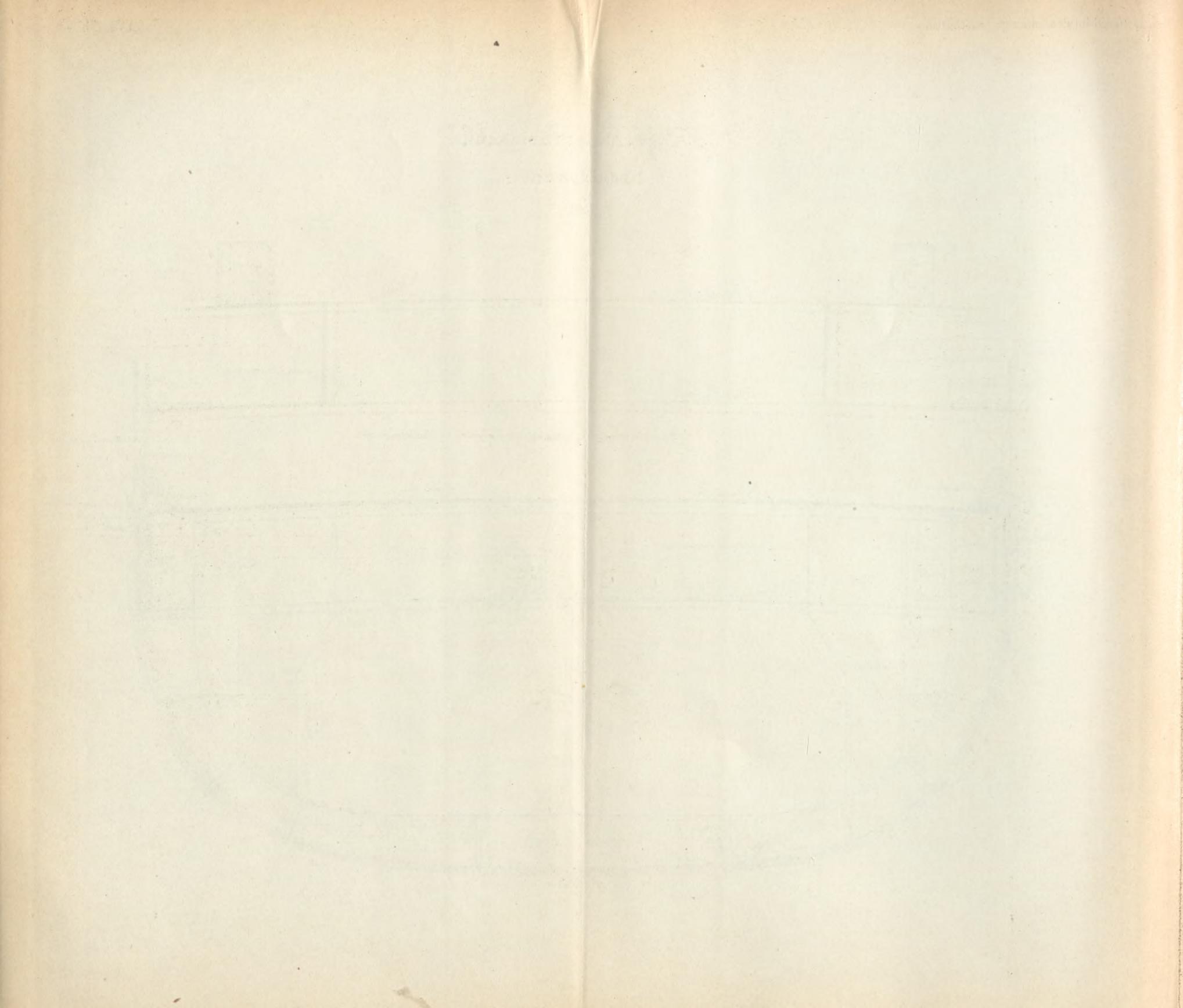


# S. M. S. „Fürst Bismarck“

## Hauptspant.

1:100.









# S. M. S. „Fürst Bismarck.“

## Vorderkeel.

Fig. 42.

1:100.

Fig. 44.

Hintere Ansicht

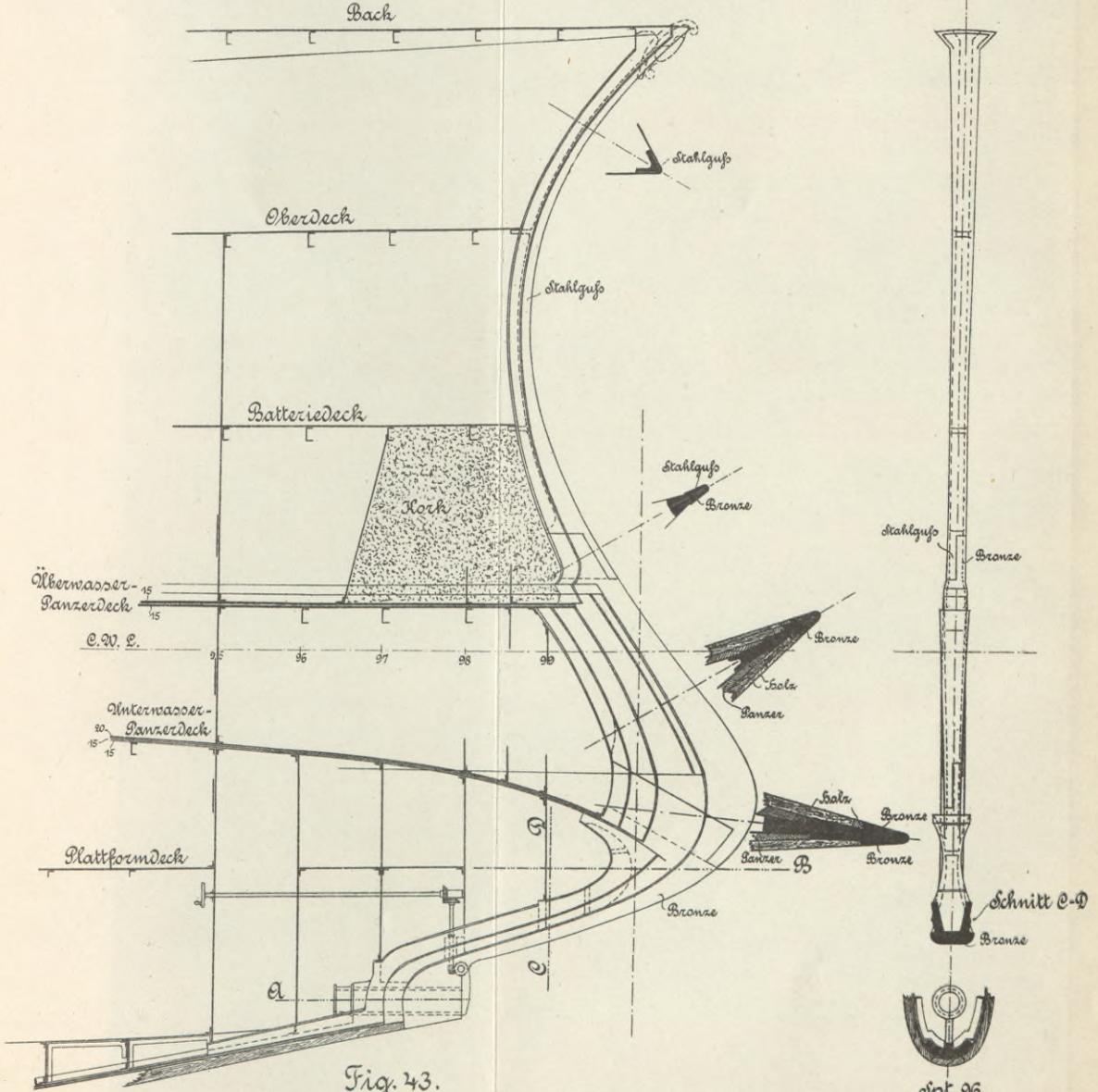
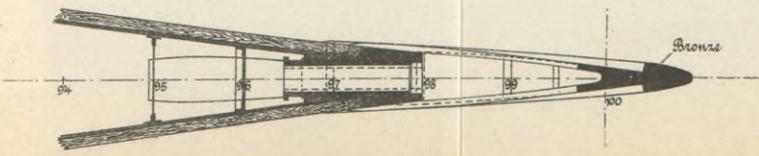


Fig. 43.  
Schnitt A-B.

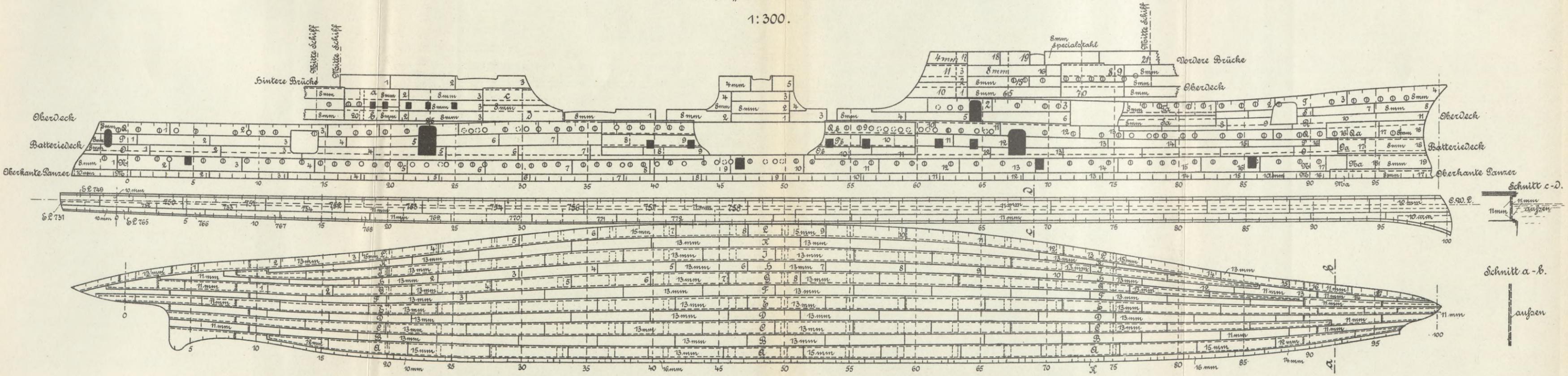
Spt. 96,  
von hint. gesehen.





### S. N. S. „Fürst Bismarck.“

1:300.



- Fenster an St. B.
- " " B. B.
- " " St. B. u. B. B.

Abwicklung der Außenhaut von außen gesehen.



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 Raumeintheilung 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.

Zum leichteren Zurechtfinden in den Schiffsplänen sind diese in den Materialfarben angelegt, z. B. Schiffbau Stahl blau, Stahl violett, Kupfer roth, Messing und Bronze gelb, Holz braun, Kohle grau und dunkel gerändert, Wasser und Glas hellgrün u. s. w.

**Hauptspantzeichnung.** (Fig. 40 Taf. VII.) Diese Zeichnung enthält einen Schnitt durch das Schiff im  $\Sigma$  und läßt die Art der gedachten Bauausführung und die Verbandtheile erkennen. An den Verbandtheilen sind die Materialstärken der Platten, Winkel, Profilstahle u. s. w., aus denen der Schiffskörper erbaut wird, angegeben. Oft sind noch besondere Auszeichnungen der Längspanten oder des Innenschiffes, in seinen Bautheilen von der Innenseite gesehen, sowie noch Schnitte weiter vorn und achtern beigelegt.

**Graphische Darstellung der Berechnungsergebnisse.** (Fig. 41 Taf. VIII.) Die Berechnungsergebnisse werden graphisch in Koordinatensystemen zusammengestellt, so daß am Verlaufe der Kurven eventuelle Rechenfehler an den nicht strafenden Punkten gefunden werden, außerdem können für Werthe, zwischen den errechneten Punkten nach den betreffenden Maßstäben, in denen die Kurven dargestellt sind, Maße abgelesen werden.

**Lenztafeln.** (Fig. hierzu s. III. Theil „Schiffskunde“.) 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 Ueberfluthungseinrichtungen, sowie Angaben über alle wasserführenden Räume des Schiffes.

**Ventilationspläne.** (Fig. hierzu s. III. Theil „Schiffskunde“.) Diese Zeichnungen sind Pläne, welche über die Ventilation Auskunft geben und die Mittel zur Abführung verdorbener Luft und Anschaffung frischer Luft, sowie über alle Luftleitungen und die zu ventilirenden Räume und die Art der Ventilation Angaben enthalten.

**Zeichnungen für wichtige Einzelheiten.** (Fig. 42—45 Taf. IX u. X.) Zu diesen Zeichnungen gehört eine große Zahl zeichnerischer Darstellungen, welche zur Bauausführung größtentheils von den Konstruktionsbüros der Werften selbst ausgeführt werden. Hierher gehören die Zeichnungen des Vorder- und Hinterstevens mit den eingezeichneten Ruder- und Steuermechanismen, Außenhautzeichnungen, Schott-

zeichnungen, Panzerungen, Armirungszeichnungen, Bemastungseinzelheiten, Aufstellung der Boote und Bootszeichnungen, Anker mit ihren Einrichtungen, Einrichtungen der Wohnräume mit allem Zubehör, Zeichnungen von schwierigen Verbandtheilen, von Gußstücken für die Verbände, von Lasteneinrichtungen, von Ventilen, Rohrleitungen, Niedergängen, Luken, Fenstern, Thüren, Treppen, Geländern, Beschlägen u. s. w.

**Bauvorschrift.** Die Bauvorschrift vervollständigt alle Angaben der Zeichnungen und giebt 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 Inventarienverzeichnisse, Bearbeitungsweise der Materialien, Schutz durch Anstriche u. s. w. angegeben.

Eine Bauvorschrift konnte wegen ihres zu großen Umfangs hier nicht zum Abdruck gebracht werden, doch ist ihr Studium sehr lehrreich.

## h. Festigkeitsberechnung.

Während der Zusammenstellung der Bauvorschrift für ein Schiff werden für Schiffstheile 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 für Einzelausführungen sind 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 Bitterträger, 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 Wellenthale frei.

Die Wellenlänge wird meist gleich der Schiffslänge angenommen. Bei den meisten Seeschiffen entstehen die größten Biegemomente, wenn mittschiffs ein Wellenberg und an jedem Schiffsende ein Wellenthal 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 konstruirt 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 Wellenthales und die Höhe des Wellenberges ungefähr  $\frac{1}{30}$  bis  $\frac{1}{20}$  der Länge.

Die Konstruktion der Trochoide (T) ist die einer verlängerten Cycloide. 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, konstruirt sein muß, trägt man eine neue Spantarealkurve (A) ab. Die Vertheilung der Gewichte des Schiffes stellt man sich graphisch aus folgenden Betrachtungen in einer Gewichtskurve dar:

Denkt man sich ein Schiff in eine Anzahl Theile zerlegt und besäße jeder dieser Theile (t) genau dasselbe Gewicht wie die Wassermenge, die er verdrängt, so würde in der Längsrichtung keine Beanspruchung der Verbände stattfinden. Eine solche Gewichtsvertheilung 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 De-

placement ist in der Mitte durch einen Deplacementsüberschuß ersetzt. Denkt man sich die Theile  $t_0$  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 Empортаuchen so weit verändern, bis überall Wasserverdrängung und Gewicht gleich werden. Die Enden kommen also tiefer, die in der Mitte gelegenen Theile höher zu schwimmen als bei dem Schiff als Ganzes, in den einzelnen Theilen verbundenes schwimmendes Gebäude. Dieses Bestreben der Theile, sich zu senken oder sich zu heben, je nachdem ein Ueberschuß an Gewicht oder Auftrieb vorhanden ist, ruft Beanspruchungen hervor, die beim Schiffskörper auf Verbiegen bezüglich Zerreißen der Verbände hinwirken, wenn nicht der ganze Bau so stark hergestellt ist, daß er diese Kräfte ohne Formveränderung oder Zerreißung auszuhalten vermag.

Man konstruirt sich also die Gewichtskurve (B), indem man das Schiff durch gleich weit abstehende Ebenen in eine Anzahl vertikale Schichten theilt und für jeden Theil 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  $\odot$ -Abstand vom HP haben. An jenen Stellen, wo die Gewichtfläche über die Deplacementsfläche hervorragt, ist ein Gewichtsüberschuß, wo aber die Deplacementsfläche 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 Vertheilung 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 Flächentheils oberhalb der Grundlinie L dem unterhalb derselben liegenden gleich sein muß, also das Gesamtareal aller Theile 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 Flächentheilchen, die in den Theilpunkten 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 vertheiltes Material vorhanden sein, damit dem Biegungs- oder Bruchmomente ein mindestens gleich großes mechanisches Widerstandsmoment (W) entgegensteht. Für die Bestimmung dieses Momentes giebt die Festigkeitslehre die Formel:

$$W = \frac{kJ}{e},$$
 wobei J das Trägheitsmoment des Querschnittes unter Bezugnahme auf die durch seinen  $\odot$  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 pCt. für Nietlöcher ab, auf der Seite der gedrückten Faser wird der Materialquerschnitt voll gerechnet. Vom Querschnitte der Holzdecks berücksichtigt man nur 4 pCt.

Dividirt 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 vier- bis fünffacher Sicherheit; bei sehr langen Schiffen genügt schon eine zwei- bis dreifache 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 Mittelwerthe  $\frac{1}{30}$  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 Thale einer Welle befindet, die 2 m hoch und 65,4 m lang ist:

$$790 \text{ mt} = \underline{79\,000\,000 \text{ cmkg.}}$$

#### 1. Querschnitt ohne jede Verstärkung:

Areal des Querschnittes: 961,2 cm<sup>2</sup>.

Neutrale Achse (NA) über Oberkante Kiel 182,8 cm.

Trägheitsmoment bezogen auf NA 19 335 200 cm<sup>4</sup>.

Abstand von NA bis zur äußersten Faser des Oberdecks 222,8 cm.

$$\text{Widerstandsmoment} \frac{19\,335\,200}{222,8} = 85\,000 \text{ cm}^3.$$

Inanspruchnahme auf Druck an der Oberkante

$$\frac{79\,000\,000}{85\,000} = \underline{930 \text{ kg pro cm}^2}.$$

Trägheitsmoment nach Abzug für Nietung 18 165 900 cm<sup>4</sup>.

Abstand von NA bis zur äußersten Faser des Flachkiels 183,4 cm.

$$\text{Widerstandsmoment} \frac{18\ 165\ 900}{183,4} = 99\ 000\ \text{cm}^3.$$

Inanspruchnahme auf Zug an der Unterkante:

$$\frac{79\ 000\ 000}{99\ 000} = \underline{798\ \text{kg pro cm}^2}.$$

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 cm<sup>2</sup>.

Neutrale Achse über Oberkante Kiel 202 cm.

Trägheitsmoment bezogen auf NA 24 685 000 cm<sup>4</sup>.

Abstand von NA bis zur äußersten Faser des Oberdecks 203,4 cm.

$$\text{Widerstandsmoment} \frac{24\ 685\ 000}{203,4} = 121\ 500\ \text{cm}^3.$$

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 cm<sup>4</sup>.

Abstand von NA bis zur äußersten Faser des Flachkiels 202,6 cm.

$$\text{Widerstandsmoment} \frac{23\ 203\ 900}{202,6} = 114\ 800\ \text{cm}^3.$$

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.

(Fig. 46 Tafel XI.)

## 2. Numerisches Beispiel für die Festigkeitsberechnung eines ganzen Schiffes, z. B. eines Torpedobootes.

(Fig. 47 Taf. XII.)

Der Festigkeitsberechnung ist das voll ausgerüstete Schiff mit 100 t Kohlen, einem Displacement von 381,7 t entsprechend, zu Grunde gelegt.

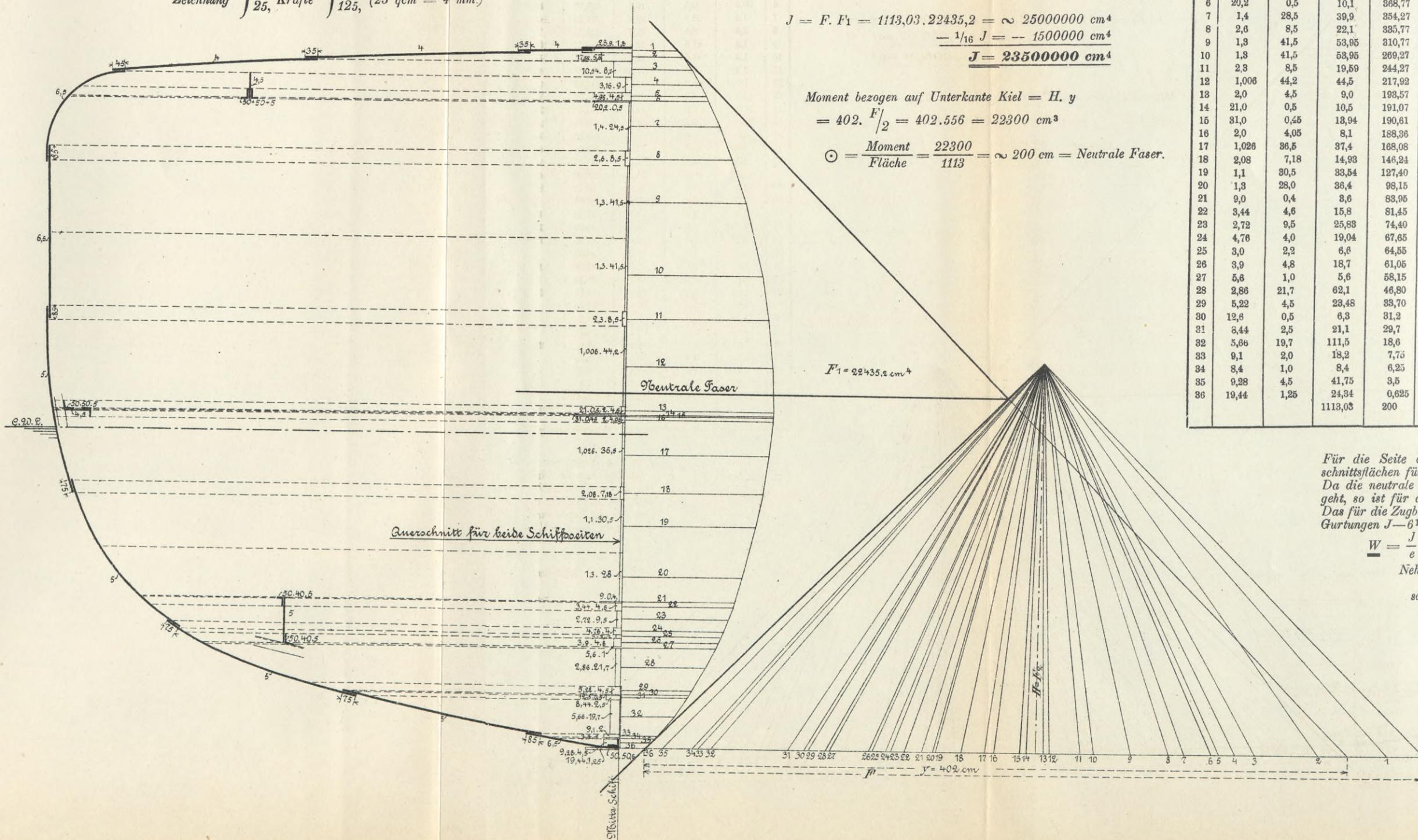
Es ist hierbei angenommen, das Schiff schwimme im Thal einer Welle, die 2 m hoch und 64,5 m lang ist.

Aus dem nach den Angaben im ersten Theile der Festigkeitsberechnung angefertigten Diagramm ist ersichtlich:

Trägheits- resp. Widerstandsmomente eines Hauptpantes.

Graphische Ermittlung.

Zeichnung  $1 \int_{25}$ , Kräfte  $2 \int_{125}$ , (25 qcm = 4 mm.)



No.	b in cm für beide Schiffseit.	h in cm	$\Delta f$ cm <sup>2</sup>	$\odot$ über Unterkant Kiel. cm	Momente $\Delta f \cdot \odot$ cm <sup>3</sup>	$a = \odot$ von $\Delta f$ über der Neutralen cm	$a \cdot \Delta f$ cm <sup>3</sup>	$a^2$ cm	$a^2 \Delta f$ cm <sup>4</sup>	$h^3$ cm <sup>3</sup>	$\frac{b \cdot h^3}{12}$ cm <sup>4</sup>
1	28,9	1,8	52,05	397,72	20680	197,72	10028	39100	2030000	5,892	14,05
2	17,52	5,6	98,2	394,02	28700	194,02	19000	37650	3700000	175,616	256,0
3	10,54	8,7	91,8	386,87	35500	186,87	17180	34900	3205000	658,508	580,0
4	3,16	9,0	28,44	378,02	10760	178,02	5080	31700	901500	729	192,0
5	4,96	4,5	22,3	371,27	8270	171,27	3820	29800	658500	91,125	37,7
6	20,2	0,5	10,1	368,77	3727	168,77	1710	28500	283000	0,125	0,21
7	1,4	28,5	39,9	354,27	14180	154,27	6150	23800	950000	23149,125	2700,0
8	2,6	8,5	22,1	385,77	7415	135,77	2990	18450	408000	614,125	133,0
9	1,3	41,5	53,95	310,77	16760	110,77	5990	12290	663000	71473,375	7730,0
10	1,3	41,5	53,95	269,27	14500	69,27	3730	4800	258800	71473,375	7730,0
11	2,3	8,5	19,59	244,27	4785	44,17	862	1950	38200	614,125	118,0
12	1,006	44,2	44,5	217,92	9700	17,92	798	322	14325	86350,88	7250,0
13	2,0	4,5	9,0	193,57	1743	6,43	58	41,5	373	91,125	15,2
14	21,0	0,5	10,5	191,07	2005	8,98	94	80	840	0,125	0,22
15	31,0	0,45	13,94	190,61	2805	9,89	131	88,3	1232	0,091	0,24
16	2,0	4,05	8,1	188,36	1526	11,64	94	136	1100	66,430	11,05
17	1,026	36,5	37,4	168,08	6285	31,92	1997	1018	38100	48627,0	4150,0
18	2,08	7,18	14,93	146,24	2185	53,76	802	2890	43200	370,15	64,4
19	1,1	30,5	33,54	127,40	4275	72,60	2430	176700	28372,6	2600,0	
20	1,3	28,0	36,4	98,15	3570	101,85	3700	10370	377300	21952,0	2375,0
21	9,0	0,4	3,6	83,95	302	116,05	418	13470	48500	0,064	0,05
22	3,44	4,6	15,8	81,45	1286	118,55	1873	14100	222500	97,386	28,0
23	2,72	9,5	25,88	74,40	1923	125,60	3250	15800	408000	857,375	194,0
24	4,76	4,0	19,04	67,65	1288	132,35	2520	17580	334000	64,0	25,4
25	3,0	2,2	6,6	64,55	426	135,45	893	18400	121300	10,648	2,66
26	3,9	4,8	18,7	61,05	1140	188,95	2600	19800	371000	110,592	36,0
27	5,6	1,0	5,6	58,15	325	141,85	792	20100	112600	1,0	5,6
28	2,86	21,7	62,1	46,80	2907	158,20	9530	23500	1460000	10218,31	2430,0
29	5,22	4,5	23,48	33,70	792	166,30	3910	27650	650000	91,125	39,7
30	12,6	0,5	6,3	31,2	196	168,80	1065	28500	179500	0,125	0,13
31	8,44	2,5	21,1	29,7	627	170,30	3580	29000	612000	15,625	11,0
32	5,66	19,7	111,5	18,6	2073	181,40	20200	32900	3870000	7645,37	3600,0
33	9,1	2,0	18,2	7,75	141	192,25	3500	37000	673000	8,0	6,06
34	8,4	1,0	8,4	6,25	53	193,75	1625	37500	315000	1,0	8,4
35	9,28	4,5	41,75	3,5	146	196,50	3,5	39650	1614000	91,125	70,3
36	19,44	1,25	24,34	0,625	15	199,375	4860	39750	967500	1,953	3,16
			1113,03	200	222961		155430	$\Sigma a^2 =$	25509070		41418

$J = 25549488 \text{ cm}^4$

Für die Seite der jeweiligen gezogenen Faser ist  $12\frac{1}{2}\% = \frac{1}{8}$  der Querschnittsflächen für die Verschwächung durch Niete unberücksichtigt zu lassen. Da die neutrale Achse in diesem Beispiel durch die Mitte des Querschnittes geht, so ist für die obere und untere Gurtung die Zugspannung gleich gross. Das für die Zugbeanspruchung maassgebende Trägheitsmoment ist aber für beide Gurtungen  $J - 6\frac{1}{4}\% = J - \frac{1}{16}J = 25549488 - 1596843 = 23952645 \text{ cm}^4 = J$ .

$W = \frac{J}{e} = \frac{23952645}{200} = 119763 \text{ cm}^3$

Nehmen wir allgemein das grösste Biegemoment zu  $M = \frac{D \cdot L}{30}$

so erhält man bei  $L = 63,25 \text{ m}$  u.  $D = 350 \text{ t}$

$M = \frac{350 \cdot 63,25}{30} = 740 \text{ mt} = 74000000 \text{ cm kg}$ . Nun ist

$M = W \cdot K$ , also  $K = \frac{M}{W} = \frac{74000000}{119763} = \sim 620$

$\text{kg} \int \text{qcm} = 6,4$  facher Sicherh.

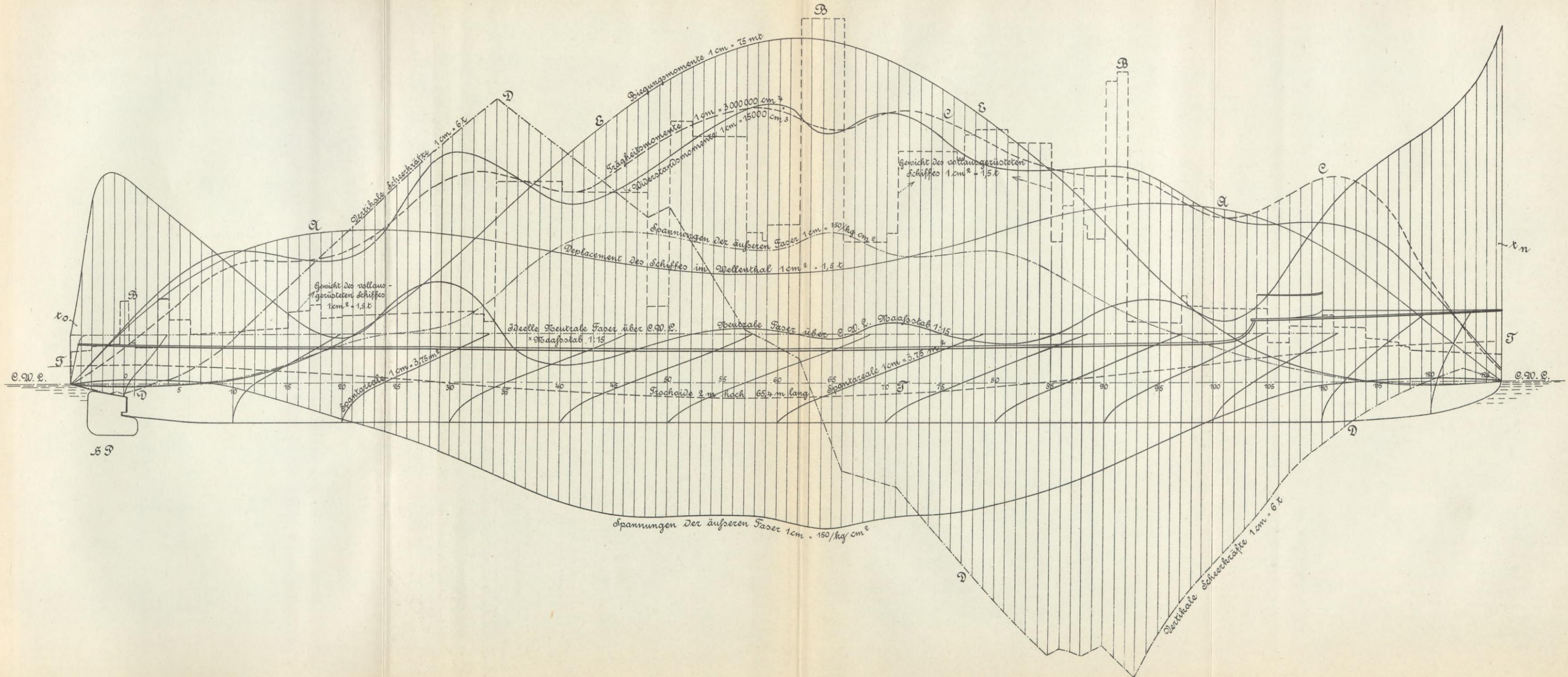
Bei einem grössten Biegemoment von  $D \cdot L$  erhält man  $K = 89000000 =$

$\frac{25}{740 \text{ kg} \int \text{qcm}} = \frac{119763}{\sim 5,4 \text{ fache Sicherheit}}$

Bei  $M = \frac{D \cdot L}{20}$ ;  $K = \frac{111000000}{119763}$

$\sim 930 \text{ kg} \int \text{qcm} = \sim 4,3$  fache Sicherheit.







Die aus der Differenz von Gewicht und Auftrieb konstruirte Kurve der Scheerkräfte ergiebt die drei neutralen Querschnitte

- a) 250 mm vor Spant 2,
- b) 400 mm = = 62,
- c) 350 mm = = 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 bezw. 6 mt aufweisen.

Die Punkte, in denen die Biegemomente gleich Null werden, befinden sich bei Spant 7 und 115. Zwischen diesen beiden Spanten finden Beanspruchungen statt:

- a) an der Oberkante des Schiffes auf Druck und
- b) an der Unterkante des Schiffes auf Zug.

Hinter Spant 7 und vor Spant 115 treten entgegengesetzte Beanspruchungen auf, hervorgerufen durch den Ueberschuß an Gewicht an beiden Enden des Schiffes. Die Beanspruchungen sind jedoch so gering, daß sie bei der Beurtheilung der Festigkeit des Schiffskörpers nicht weiter in Frage kommen, und sind dieselben nur zur Vervollständigung des Diagramms ermittelt worden. Bei Bestimmung der Trägheitsmomente des Schiffskörpers ist von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

Als Längsverband sind angesehen:

1. Außenhaut.
2. Die vier Winkel von Profil  $50 \times 50 \times 5$  des Mittelkiels, und vom Mittelkiel selbst ein 100 mm breiter Streifen.

Die ganze Höhe des Mittelkiels (350 mm) ist wegen der Erleichterungslöcher nicht in Rechnung gesetzt.

3. Der Winkel  $50 \times 50 \times 5$  des Kesselträgers an beiden Seiten. Die Kesselträger sind wegen der in demselben befindlichen Erleichterungslöcher nicht in Rechnung gebracht.

Bei den Kimmstringern, in welche die Kessel- bezw. Maschinenträger an beiden Enden des Schiffes auslaufen, kommen ebenfalls nur die beiden Winkel vom Profile  $50 \times 50 \times 5$  in Betracht, und sind die zwischen denselben befindlichen Platten bei der Rechnung nicht berücksichtigt worden, weil dieselben durch die Spanten zum größten Theil durchschnitten werden.

4. Die Raumstringer  $150 \times 4,5$  mm nebst zwei Winkeln  $50 \times 50 \times 5$ .
5. Die beiden Unterzüge  $150 \times 4,5$  mm unter dem Oberdeck, an welchen die Kohlenbunkerwände angelegt sind. Die Kohlenbunkerwände selbst sind nicht berücksichtigt.
6. Die beiden Doppelungen  $540 \times 5$  mm zu beiden Seiten des Ventilations-schachtes bei Spant 64.
7. Die beiden Doppelungen  $500 \times 3$  mm zu beiden Seiten des Schornsteins bei Spant 50.

Beim Oberdeck sind folgende Löcher in Abzug gebracht:

- a) Loch für den Thurm bei Spant 30,
- b) Maschinenoberlichte,
- c) Löcher für die beiden Schornsteine,
- d) Loch für den Ventilationschacht bei Spant 64.

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 Lancirrohren, 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 Schiffsmitte — besonders mit gefüllten Kohlenbunkern — die größten Biegemomente im Wellenthal auftreten werden.

**Spann 0.**

$$\begin{aligned}
 M_b &= 400\,000 \text{ cmkg} \\
 J &= 3\,595\,500 \text{ cm}^4 \\
 A &= 413,4 \text{ cm}^2 \\
 NA &= 274 \text{ cm über Oberfante Kiel}
 \end{aligned}$$

Obere äußerste Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{3\,595\,500}{144} = 31\,400 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{400\,000}{31\,400} = 12,7 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untere äußerste Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{3\,595\,500}{131,3} = 27\,400 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{400\,000}{27\,400} = 14,6 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

**Spann 10.**

$$\begin{aligned}
 M &= 350\,000 \text{ cmkg} \\
 J &= 10\,438\,650 \text{ cm}^4 \\
 A &= 654 \text{ cm}^2 \\
 NA &= 233 \text{ cm über Oberfante Kiel}
 \end{aligned}$$

Obere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{10\,438\,650}{173,4} = 60\,600 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{850\,000}{60\,600} = 14 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{10\,438\,650}{233,5} = 44\,800 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{850\,000}{44\,300} = 19 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

**Spann 30.**

$$\begin{aligned}
 M_b &= 28\,200\,000 \text{ cmkg} \\
 J &= 18\,994\,900 \text{ cm}^4 \\
 A &= 1005,6 \text{ cm}^2 \\
 NA &= 225,7 \text{ cm über Oberfante Kiel}
 \end{aligned}$$

Obere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{18\,994\,900}{178,7} = 106\,200 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{28\,200\,000}{106,200} = 265 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{18\,994\,900}{226,3} = 83\,700 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{28\,200\,000}{83\,700} = 337 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

**Spann 50.**

$$\begin{aligned}
 M_b &= 70\,000\,000 \text{ cmkg} \\
 J &= 21\,980\,140 \text{ cm}^4 \\
 A &= 998 \text{ cm}^2 \\
 NA &= 194,7 \text{ cm über Oberfante Kiel}
 \end{aligned}$$

Obere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{21\,980\,140}{210,7} = 104\,200 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{70\,000\,000}{104\,200} = 672 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{21\,980\,140}{195,3} = 112\,400 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{70\,000\,000}{112\,400} = 623 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

**Spant 64.**

$$\begin{aligned}
 M_b &= 78\,700\,000 \text{ cmkg} \\
 J &= 23\,470\,000 \text{ cm}^4 \\
 A &= 1043 \text{ cm}^2 \\
 NA &= 200 \text{ cm über Oberfante Kiel}
 \end{aligned}$$

Obere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{23\,470\,000}{205,4} = 114\,300 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{78\,700\,000}{114\,300} = 690 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{23\,470\,000}{200,6} = 117\,000 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{78\,700\,000}{117\,000} = 675 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

**Spant 80.**

$$\begin{aligned}
 M_b &= 59\,200\,000 \text{ cmkg} \\
 J &= 20\,501\,040 \text{ cm}^4 \\
 A &= 956 \text{ cm}^2 \\
 NA &= 197,6 \text{ cm über Oberfante Kiel}
 \end{aligned}$$

Obere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{20\,501\,040}{207,8} = 99\,000 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{59\,200\,000}{99\,000} = 602 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{20\,501\,040}{193,2} = 103\,500 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{59\,300\,000}{103\,500} = 572 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

**Spant 100.**

$$\begin{aligned}
 M_b &= 13\,000\,000 \text{ cmkg} \\
 J &= 15\,242\,660 \text{ cm}^4 \\
 A &= 765,4 \text{ cm}^2 \\
 NA &= 208,2 \text{ cm über Oberfante Kiel}
 \end{aligned}$$

Obere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{15\,242\,660}{197,2} = 77\,400 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{13\,000\,000}{77\,400} = 168 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{15\,242\,660}{208,7} = 73\,100 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{13\,000\,000}{73\,100} = 178 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

**Spant 120.**

$$\begin{aligned}
 M_b &= 600\,000 \text{ cmkg} \\
 J &= 9\,563\,200 \text{ cm}^4 \\
 A &= 428,5 \text{ cm}^2 \\
 NA &= 296,9 \text{ cm über Oberfante Kiel}
 \end{aligned}$$

Obere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{9\,563\,200}{213,4} = 45\,000 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{600\,000}{45\,000} = 13,3 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untere Faser:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{9\,563\,200}{260} = 36\,800 \text{ cm}^3 \\
 k &= \frac{600\,000}{36\,800} = 16,3 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

## i. Schiffsvermessung.

**Tonnengehalt.** Für die Größe eines Schiffes ist nicht nur seine Wasser- verdrängung das alleinige Maß, sondern auch sein Rauminhalt. Diese besondere Größenfeststellung geschieht durch die Schiffsvermessung. Durch das Meßver- fahren 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 u. s. w. 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 verstaut werden konnten.

Zur Feststellung des Tonnengehalts haben die Staaten besondere Schiffs- vermessungsordnungen erlassen. Für den Suezkanal ist eine internationale Regelung für die Schiffsvermessung erfolgt. Für die Berechnung des Raum- inhaltes wird ein Vermessungsprotokoll nach einem durch die Vermessungs- ordnung vorgeschriebenen Schema aufgestellt, welches der obersten Vermessungs- behörde, dem Reichsvermessungsamt, einzureichen ist.

Die Vermessungsprotokolle bleiben bei diesem Amt, welches auf Grund der Protokolle einen Meßbrief ausstellt, dessen Schema vorgeschrieben und umstehend beigelegt 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 cbm und Register-t angegeben, bei Staaten mit englischem Maßsystem in Kubikfuß und Reg.-t.

$$1 \text{ cbm} = 0,353 \text{ Reg.-t} = 35,5 \text{ Kubikfuß,}$$

$$1 \text{ Reg.-t} = 2,832 \text{ cbm} = 100 \text{ Kubikfuß.}$$

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 u. s. w. 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 Navigirung;
2. bei Schiffen, die mit Dampf oder anderer künstlich erzeugter Kraft ihren Antrieb erhalten, für Maschinen-, Kessel-, Bunker-, Mannschafts- und Navigirungsräume.

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 nach den in der Verordnung angegebenen Vorschriften.

Hat das Schiff über dem Vermessungsdeck noch ein drittes Deck, so wird der Kubikinhalte 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 Theile getheilt, in welche die auf dem Vermessungsdeck gemessene Länge getheilt worden ist, es werden die Breiten an diesen Stellen gemessen, und der Kubikinhalte 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 Vorräthen oder zur Unterbringung oder Bequemlichkeit der Passagiere oder Schiffsbesatzung dienen, so wird der Rauminhalte derselben jeder für sich festgestellt.

**Das abgekürzte Meßverfahren.** Dies Verfahren kann nur eingeschlagen werden, wenn das Schiff beladen ist, oder andere Umstände die vollständige Vermessung hindern, die dann, sobald angängig, 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 mittelst einer in senkrechter Richtung zum Kiel straff um das Schiff herumgezogenen 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 addirt.

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 cbm. 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 Werth giebt alsdann den Brutto-Raumgehalt in cbm.

**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 waagrecht 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 Wägerung zu Wägerung,

T<sub>1</sub> die mittschiffs gemessene Tiefe von Unterkante Decksplanken bis Oberkante Wägerung neben dem Kielschwein.

Sind die Abmessungen in Metermaß gegeben, so ist der damit erhaltene Werth, um Reg.-t zu erhalten, noch mit 35,3161 zu multiplizieren.

Allgemein ist  $\delta_1$  etwa  $\delta + 0,04$ , d. i. gleich dem Bölligkeitsgrad des Displacement zum umschriebenen Parallelepipedon + 0,04; im Besonderen hat dieser Koeffizient folgende Werthe:

0,07 bis 0,74 für Segelschiffe,	} Dampfer und Klipper,
0,65 für Schiffe mit 2 Decks	
0,68 = = = 3 =	
0,5 für Yachten über 60 t,	
0,45 = = unter 60 t.	

Die beiden Regeln geben dann den Gesamt-Brutto-Raumgehalt des Schiffes, wenn zu dem erhaltenen Register-Tonnengehalt der Kubikinhalte 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 Kubikinhalte 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 Verschließvorrichtungen 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 beschriebenen, 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  $\frac{1}{2}$  pCt. 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 zu 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 pCt. betragen.

- II. Der Raumgehalt der Maschinen-, Kessel- und Kohlenräume, und zwar auf Grund wirklicher Vermessung oder nach der Donau-Regel, 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 Schlepddampfers 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 Linien Schiff „Kaiser Wilhelm II.“

#### Tonnengehalt:

ein De- placement von	nach der deutschen Schiffsvermessung in Reg.-t		nach der Suez- kanal-Vermessung in Reg.-t		nach der deutschen Schiffs- vermessung in ebm und t		nach der Suezkanal- Vermessung in ebm und t	
	Brutto	Netto	Brutto	Netto	Brutto	Netto	Brutto	Netto
11 152 t	6663,89	3355,89	6747,38	3685,35	18872,14 ebm	9503,88 ebm	19 108,58 ebm	10 436,91 ebm
10 933 ebm					19 249,58 t	9 693,95 t	19 490,75 t	10 645,65 t

**Vermessung von Yachten.** Das Yachtmeßverfahren dient dazu, den Kennwerth der Yachten zu ermitteln. Dieser Kennwerth soll über die Größe der Fahrzeuge Aufschluß geben, damit man dieselben in Klassen theilen kann, in welchen Yachten von annähernd derselben Größe auf den Regatten segeln. Die Vermessung der Yachten geschah in der ersten Zeit des Segelsports in Deutschland, also in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts, nach dem Raummeßverfahren, dem nur die mehr oder weniger komplizierte Aufmessung des Raumgehalts der Yachten 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 cubisches Maß „Segeleinheiten“ ausdrückte. Indessen auch diese Vermessung war nicht allgemein zufriedenstellend, sondern begünstigte in mancher Hinsicht sportlich ungesunde Typen, so daß eine Abhülfe 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 Kennwerth R für Rennyachten 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 Yacht 5 cm über der Konstruktionswasserlinie gemessen;

B die größte Breite.

G ist der größte Umfang der Yacht, vom Schandecfel der einen Bordseite bis zum Schandecfel der anderen Seite gemessen und zwar so, daß das Meßband überall den Schiffskörper berührt.

Die Größe S stellt das Segelareal der Yacht dar und ergibt sich aus der Größe des Großsegels, des größten Toppsgels und dem Inhalt des Dreiecks, welches zwischen dem Stenge- bzw. Masttopp, der Noth des Klüverbaums und dem Fußpunkt der Vorkante des Mastes im Deck liegt.

Die Zusammensetzung des Kennwerthes aus den vorgenannten Größen nach der mitgetheilten Formel schafft seetüchtige Fahrzeuge und hindert den erfolgreichen Wettbewerb von ungesunden Auswüchsen dieses Sports. Wir haben in Deutschland aber nicht nur Regatten für Rennyachten, also für Fahrzeuge, welche nur zum Preisegewinnen gebaut werden, sondern auch Regatten für Kreuzeryachten. 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 Kennwerth der Kreuzeryachten 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 Rennyachten hinzugekommenen Summanden sind d und F.

d bedeutet die Differenz zwischen dem Umfang, wie er nach obestehender 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 Yacht. Da dieser Werth negatives Vorzeichen hat, so begünstigt also die Formel den Bau von Yachten mit hohem Freibord, d. h. von seetüchtigen Fahrzeugen.

Der Kennwerth in Segellängen giebt für Renn- und Kreuzerklassen einen Werth, welcher ungefähr der Länge der Yacht in der Konstruktionswasserlinie in Metern gemessen gleicht.

Nach dem Ergebnis der Vermessung werden die Yachten in verschiedene Klassen eingetheilt, 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 Betheiligung noch in Unterklassen eingetheilt werden.

Innerhalb der Klassen müssen nun die größeren Yachten den kleineren nach Erfahrungstabellen Zeitvergütungen geben; jedoch hören diese Vergütungen im Jahre 1902 für neuerbaute Yachten auf.

**Schiffsklassifikation.** Wie ein Handelsschiff durch die Vermessung einen seiner Größe für Handelszwecke entsprechenden Platz erhält, so geben ihm die Schiffsklassifikationsgesellschaften seinen Platz für Seefähigkeit und Güte des Baues. Diese Gesellschaften geben die Grundlage zur Versicherung der Schiffe gegen Seegefahr und sind so die Vermittler zwischen Rheder und Versicherer, wenn sie nicht selbst Versicherungsgesellschaften sind, die natürlich dann das größte Interesse haben, die Schiffe so haltbar, seefähig und brauchbar herzustellen wie überhaupt angängig. 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 Werth 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 Marinetchnik 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 Werthes, 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, 85 A, 70 A, u. s. f.

Nach der Fahrtausdehnung, durch die Größe und Bauart und Klasse bestimmt wird, giebt der Lloyd noch die Zeichen k (kleine Küstenschiffahrt), K (große Küstenschiffahrt), Atl. (atlantische Fahrt), L (große Fahrt für alle Meere) und E (Eisbrecher, die besonders bugfest gebaut sein müssen).

**Schiffsregister und Certifikate.** Die Besichtigungslisten geben Schiffsregister heraus; in diesen Listen sind Name, Abmessungen, Klasse der Schiffe enthalten, so daß sich die Schiffahrtsinteressenten über irgend ein Fahrzeug, welches ihren Zwecken dienen soll, unterrichten können.

Für die Schiffspapiere wird ein entsprechendes Certifikat, bei Dampfern auch über die Maschinenanlage, ausgestellt, welches dem Führer des Schiffes oder dem Rheder ausgehändigt wird.



## II. Theil.

# Der praktische Schiffbau.

### Einleitung.

Wie im ersten Theile des Leitfadens für Schiffbau der theoretische Theil des Schiffbaues abgehandelt wird, der sich hauptsächlich mit dem Entwurfe, den Rechnungen und Zeichnungen auf dem Papiere beschäftigt, soll in diesem zweiten Theile der praktische Schiffbau besprochen werden, der die vorbereitenden Arbeiten zum Bau eines Schiffes, die Baustelle, die Bauthteile, den Bau selbst, das Baumaterial, seine Herstellung, seine Qualität und seine Konservirung beschreibt. Ehe dazu übergegangen wird, soll in einem kurzen geschichtlichen Abriss eine Entwicklung des Schiffbaues im hier nur zur Verfügung stehenden engen Rahmen gegeben werden.

### a. Geschichtliche Entwicklung.

Vorausgeschickt kann werden, daß bis 1840 der Schiffbau lediglich Holzschiffbau war, der hier, als gegenwärtig und für die Zukunft nur von historischem Werthe, nicht eingehend behandelt worden ist; von 1850 bis 1880 war die Zeit des eisernen Schiffbaues, und von 1880 ab kann man die neuere Entwicklung im Schiffbau rechnen.

Es hat einer Entwicklung von ungefähr 50 Jahren bedurft, ehe die Herstellung der Schiffskörper aus Eisen größere Bedeutung gewann. Die Heimath des Eisenschiffbaues ist England, das noch heute an Zahl der Werften, Herstellung der Zahl der Schiffe und Größe der Marine alle anderen Länder weit übertrifft. Im Jahre 1787 wurden in England die ersten eisernen größeren Boote gebaut. Eine Anwendung des Eisens im Schiffbau war erst zu dieser Zeit möglich, da die Herstellung von Platten, Stangeneisen und Winkeln durch Walzen im Jahre 1784 eingeführt wurde und vorher nur gehämmerte Bleche, die sehr theuer und im Material unzuverlässig waren, hergestellt werden konnten.

Von 1787 ab sind dann vereinzelt verschiedene eiserne Boote zur Verwendung gekommen, bis im Jahre 1822 das erste eiserne Dampfschiff, „Aron Manby“, gebaut wurde, welches den Armeikanal kreuzte und auf der Seine Dienste that. Das erste größere eiserne Segelschiff, die „Iron sides“, wurde 1838 in Liverpool gebaut. Von 1840 an wurde der Eisenschiffbau dann allgemein und für größere Dampfschiffe nur noch Eisen verwendet. 1843 wurde die „Great Britain“ als erstes Schraubenschiff vollendet, ein Schiff von damals sehr bewunderter Größe. Es war 98 m lang, 15,6 m breit und 9,85 m tief, bei einer Wasserverdrängung von 3900 t.

Die Konstrukteure der eisernen Schiffe jener Zeit hatten sich den so großartig entwickelten Holzschiffbau zum Vorbilde genommen und übertrugen dessen Verbände auf die Konstruktion eiserner Bauthteile, so daß bis auf den heutigen Tag noch Konstruktionstheile, die aus dem Holzschiffbau übernommen sind, in Eisen, bezüglich Schiffbaustahl zur Ausführung gelangen.

Bahnbrechend für eine dem Eisen als Baumaterial angepaßtere Bauweise war die Konstruktion des berühmten, im Jahre 1857 gebauten „Great Eastern“, der erst in neuester Zeit in seinen Größenverhältnissen von Schnelldampfern eingeholt worden ist. Seine Erbauer waren der Schiffbauingenieur Scott Russell und der berühmte Erbauer eiserner Brücken, Brunel. Seine Länge betrug 207,4 m, seine Breite 25,3 m, seine Tiefe 17,69 m und sein Brutto-Raumgehalt 18 915 Register-Tons.

Um die Zeit, als in England schon eine hohe Stufe in der Entwicklung des Eisenschiffbaues erreicht war, wurden in Deutschland erst die Anfänge zum Eisenschiffbau gemacht. Von 1851 bis 1855 wurden in Stettin, Rostock und bei Hamburg Werften für den Eisenschiffbau gegründet, die heute noch in Thätigkeit sind und von denen der Stettiner Vulcan jetzt noch an der Spitze steht. Von dieser Zeit rechnet der große Aufschwung, den der deutsche Schiffbau genommen und der, durch innere Unruhen und äußere Kriege in seiner Entwicklung gehemmt und zurückgebracht, von der gewaltigen Höhe zur Zeit der Hanse, wo der deutsche Schiffbau an Leistungsfähigkeit und Güte der Schiffe als der angesehenste der damals bekannten Welt galt, zu kleinen unbedeutenden Anlagen herabgesunken war. Heute ist die alte Höhe noch nicht wieder erreicht worden, auch den gewaltigen Aufschwung Englands, dessen 200 Werften die leistungsfähigsten und bedeutendsten der Welt sind, hat Deutschland mit 70 Werften noch nicht erreicht. Zwanzig der deutschen Werften sind größere Werke. Was Güte der Konstruktionen, Güte des Materials und der Arbeit aber anbetrifft, hat sich der deutsche Schiffbau eine erste Stelle in der Welt erobert, und viele Fortschritte, besonders in der Herstellung des Baumaterials, sind von Deutschland und deutschen Technikern ausgegangen. Vor 25 Jahren noch mußte Deutschland im Kriegs- und Handelschiffbau vieles an Material vom Auslande beziehen; jetzt wird alles zum Schiffbau Nöthige in Deutschland angefertigt, ja das Auslande bezieht sowohl Kriegs- wie Handelschiffe aus Deutschland, und schwere

Gußstücke und Panzermaterial, auch Maschinenteile, beziehen sogar englische Werften theilweise aus Deutschland.

Besonders in der Fabrikation des Schiffbaustahles, der das Schmiedeeisen verdrängt hat, ist Deutschland bahnbrechend gewesen. In England wurden Schiffe aus sogenanntem weichen Stahl (Siemens-Martin-Flußstahl) schon im Jahre 1857 erbaut; seine allgemeine Einführung beginnt zu Anfang der 80er Jahre. Wie groß dieser Fortschritt gewesen ist, ist besonders ersichtlich bei einem Vergleiche zwischen einem gleich großen eisernen und stählernen Schiffe, welches ein Mindergewicht von 15 bis 20 pCt. haben kann, während der Gewichtsgewinn eines gleich großen eisernen Schiffskörpers gegen einen gleich großen hölzernen 25 bis 30 pCt. beträgt. Besonders kommt dabei noch die Dauerhaftigkeit und längere Gebrauchsfähigkeit stählerner und eiserner Schiffe gegen solche aus Holz in Betracht, die im Laufe der Zeit der Fäulniß und parasitären Angriffen unterliegen. Die Verbandtheile eiserner Schiffe sind im Verhältniß an Anzahl geringer, und ihre Verbindung unter sich läßt sich besser und dauerhafter herstellen, so daß eiserne Schiffe viel größeren Widerstand gegen Abnutzung und gegen Seegewalt bieten und ihre Sicherheit gegen hölzerne Fahrzeuge eine sehr erhöhte ist. Die gewaltigen Riesenschiffe unserer Zeit, Linienschiffe und die großen Schnelldampfer, würden aus Holz überhaupt nicht herstellbar sein, da Hölzer für ihre Form und für ihre Längsverbände nicht gefunden werden könnten, während in Stahl jede Form der Einzeltheile geschmiedet, gegossen und gepreßt werden kann.

In den Kriegsmarinen dauerte es sehr lange, ehe man vom Holzschiffbau zum Bau eiserner Schiffe überging. Nach Versuchen der Marinen in Frankreich und England mit kleinen Fahrzeugen, Kanonenbooten u. s. w. ging man um 1860 zum Eisen als Baumaterial auch im Kriegsschiffbau über.

Auch die Anwendung des Dampfes und der Schraube im Kriegsschiffbau ist lange Zeit versucht worden, ehe man zu brauchbaren Resultaten gelangte. In der englischen Marine erbaute man 1815 das Kanonenboot „Congo“ als Raddampfer. 1828 erbaute die französische Marine den Kadawiso „Sphinx“ als erstes Dampfschiff, und 1833 folgte die englische Marine mit dem Bau des größeren Kadawisos „Medea“. Deutschland hatte die Kadforvette „Danzig“.

Ein Dampfschiff mit Schraube machte 1837 seine ersten Probefahrten. Erst 1842 wurde das erste größere Schraubenschiff, der „Great Northern“, erbaut; fast zu gleicher Zeit erbaute die englische Marine den Schraubenzweier „Kattler“. Die Franzosen machten die ersten Versuche mit Dampfschraubenschiffen 1845 bis 1849 und bauten dann in größerer Zahl ihre alten Segellinienschiffe zu Schraubendampfschiffen um, wobei sie die Schraube zum Ausstuppeln und Heißen in einem Heckrahmen einrichteten, damit beim Segeln die Schraube die Geschwindigkeit nicht zu sehr verringere, eine Einrichtung, die auf Kreuzern noch bis 1885 zur Ausführung gelangt ist.

Die Entwicklung zum Zwei- und Dreischraubenschiff gehört der Neuzeit an.

### b. Vorbereitende Arbeiten zum Bau eines Schiffes.

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 Rhederei, welche ein Schiff bauen lassen will, bei der Preisermittlung unter Annahme der vom Besteller gemachten Bedingungen die billigste war. Aenderungen des Entwurfs werden auch hier nicht ausbleiben.

In der Marine werden die Pläne für die Kriegsschiffe im Reichs-Marine-Amt ausgearbeitet und diese 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 Baueinzelttheile 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 Absezung 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 Lothen versehen. In der Ruhelage der Lothe werden sämtliche Lothpunkte auf dem Boden markirt 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 Fäden von Lothen ausgelegt. Ist hierauf die Vertikalität 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 u. s. w. Nun werden die der Konstruktionszeichnung entnommenen Maße der einzelnen WL von der Mitte des Schiffes sämtlich abgetragen und diese Punkte sodann durch Straflatten (von der Länge des Bodens) zu reinen Schiffskurven unter möglichster Berücksichtigung der abgesetzten Maße ausgerichtet und mit Tinte und Reißfeder aufgezeichnet. 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 Längsriß) genau festgelegt, so werden jetzt die noch fehlenden Bauspanten bzw. Zwischenspanten in gleicher Weise wie die Berechnungsspanten auf Maßlatten dem Wasserlinienriß entnommen, im Spantenriß neu abgesetzt und jetzt, da weitere Ungenauigkeiten ausgeschlossen sind, durchgestrakt.

Um die Richtigkeit des Spantenriffes noch weiter zu vervollkommen, sind jetzt die noch etwa fehlenden Längsschnitte (im Bereich der Rimm) anzulegen. Die sich jetzt noch ergebenden Abweichungen werden korrigirt, 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 Längsspanten, 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 u. s. w. mit Hilfe des bereits in seinen Linien festgelegten Schiffes ausgschnürt. Die Abschnürung dieser Theile wird, um einer rechtzeitigen Anlieferung dieser großen und schweren Schiffbautheile vom Hüttenwerke sicher zu sein, sofort mit Beginn des Schnürens, soweit möglich, in Angriff genommen. Nach geeigneten Schnitten für den Modelltischler lothrecht 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, Wellenanschwellungen u. s. w. in natürlicher Größe konstruktiv genau festgelegt.

Nach den so ausgeschmürten Steven u. s. w. werden jetzt körperliche Modelle unter Berücksichtigung des Schwindmaßes (1 bis 2 pCt. für Stahlguß) angefertigt, um von den Hüttenwerken zu den Gußformen Verwendung zu finden. Auch von der gesammten ausgeschmürten Panzerung werden sogenannte Kasten- oder Gegenmodelle in natürlicher Größe angefertigt und zwecks Anlieferung dieses Panzermaterials den Eisenwerken übersandt.

Um das so in seinen Hauptverbandtheilen auf dem Boden ausgeschmürte Schiff herzustellen, werden Brettermodelle (Malle) für jeden einzelnen Verbandtheil (Spanten, Decksbalken, Längspanten, Kiel, Stückplatten u. s. w.) angefertigt.

**Das Baumodell oder Blockmodell.** Zwecks Bestellung des gesammten 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 Eiern) sauber und genau bearbeitet sein. Auf denselben werden sodann die Mittellinie des Schiffes und die Malllinie sämtlicher Bauspanten zeichnerisch übertragen. Sind alle Bretter so vorbereitet, so können die einzelnen Wasserlinien abgesetzt und ausgefrakt werden. Alsdann werden diese Bretter unter der Bandsäge nach den aufgetragenen Wasserlinien so ausgeschweift, daß der Riß der Wasserlinie sichtbar bleibt. Die Kanten der Brettchen werden genau nach den Wasserlinien abgefräst. Sodann werden die Brettchen schichtweise nach den aufgerissenen Spantrichtungen verleimt, Verlauf von Vor- und Hinterstegen, sowie die Begrenzungslinie des obersten Decks werden auf das Modell übertragen.

Ist das Modell hiernach von außen mit Hülse einiger Gegenpanten genau und sauber bearbeitet, so kann jetzt, nachdem die Länge zwischen den Perpendikeln und die Fußpunkte der Spanten genau abgesetzt sind, das Einreißen der Bauspanten auf dem Modell erfolgen. Dieses geschieht vermittelt eines parallel zu den Ebenen der Wasserlinien fahrenden Schlittens und eines Reißmessers. Ist dieses Blockmodell so vollendet, so werden die Außenhautstränge ausgefrakt und die Vertheilung der Stöße am Modell vorgenommen.

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.

**Arbeiten zur Materialbeschaffung.** Nach den Schmürbodenabmessungen, den Abmessungen des Blockmodells und den Angaben der Bauvorschrift und der Zeichnungen wird das Material beschafft. Es werden seitens der Werft Bedingungen ausgeschrieben über die Menge des zum Bau benötigten Materials,

und es erhält das Eisenwerk, welches die Bedingungen, die Lieferfrist u. s. w. der Bauwerft annimmt und dabei im Verhältniß 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 vertheuern und die terminmäßige Fertigstellung desselben hindern.

Die Bestellung der Rohmaterialien für die einzelnen Bautheile 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. 114, beigelegt.

**Beispiel für Materialbestellungen.** 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 Kontrollirung der Abmessungen. Die Abnahme selbst geschieht durch Vornahme der Festigkeitserprobung, Biegungs-, Härteproben u. s. w.

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 Masse und hölzernen Formen werden entweder direkt in einer Werkstatt auf dem Schnürboden, oder in der Tischlerwerkstatt der Bauwerft angefertigt.

In der Schiffbauwerkstatt werden dann zuerst nach Eintreffen des Materials nach den Spantenmodellen die Spanten auf den Richtplatten geformt, geschmiegt, gebohrt oder gestanzt, um dann, nachdem der Kiel gestreckt ist, auf der Helling aufgestellt zu werden, ebenso werden die Schotttheile, Decksbalken u. s. w. in den Werkstätten angefertigt und auf der Helling, die gleichsam als Montageplatz für das zu erbauende Schiff dient, aufgestellt.

Für die neueste Bauweise (Keerspantensystem) des Unterwasserschiffes sind die sogenannten Keerspantenmodelle die ersten anzufertigenden Modelle für einen Neubau. Sie werden aus etwa 5 cm dicken Planken nach dem Bauspantenriß auf Außenseite 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 u. s. w.) begonnen. Gleichzeitig hiermit werden auch jetzt in den Werkstätten die größeren Hauptverbandtheile des Schiffes (Spanten, Decksbalken u. s. w.) geformt, gebogen und mit Schmiegen nach den Schnürbodenmassen versehen, um dem Bau, zum Einbau fertig, zugeführt zu werden.

## Beispiel für Materialbestellungen.

**Dimensionsliste Nr. 10 zum Vertrage Nr. 27/01**  
mit den Xer Werken.

Lfd. Nr.	Marke	Länge mm	Breite mm	Dicke mm	Stückzahl	Gewicht kg	Bemerkungen
----------	-------	-------------	--------------	-------------	-----------	---------------	-------------

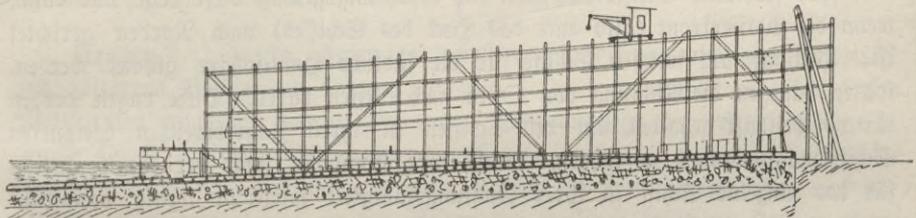
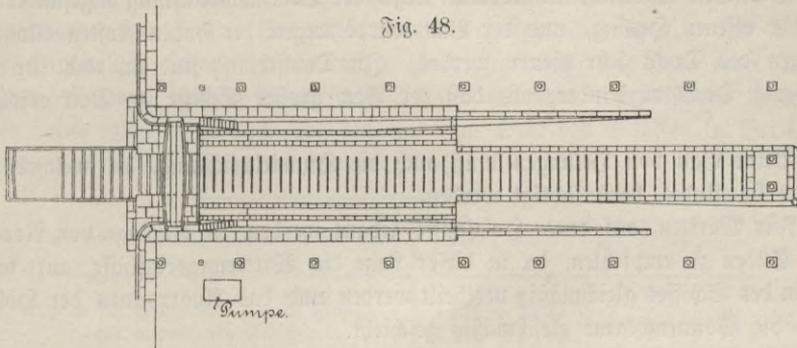
## A. Stahlplatten.

H. 1		8 500	850	11	1	605	Vertikale Kielplatte
= 2		8 500	1 020	13	1	861	Horizontale Kielplatte
= 3		8 600	1 350	12	2	2 127	A-Gang der Außenhaut
= 111		7 850	$\frac{1\ 200}{800}$	6	2	739	Oberdeckplatte
= 170		$\frac{9\ 000}{8\ 500}$	1 300	6	2	1 073	Aufbaudeckplatte
= 339				6	2	282	vordere Brücke
= 347				6	2	408	hintere Brücke

## B. Profilstahle und Winkel.

H. 1	9 800	L 120 × 75	× 8	12	1 388	Äußerer Spantwinkel
= 2	12 600	L 90 × 75	× 8	4	499	Innerer "
= 28	11 500	L 80 × 65	× 6	6	435	Versteifung für äußeren Wallgang
= 36	10 000	T 100 × 50	× 8,5	3	285	Rahstr. für Schott c
= 60	11 300	C 160 × 65	× 7,5 × 10,5	8	1 718	Balken für Aufbaudeck
= 71	13 800	C 180 × 70	× 8 × 11	7	2 715	" " Oberdeck
= 159	5 000	Z 30 × 38	× 4 × 4,5	22	367	" " Kammerlängsschott

**Vorbereitende Arbeiten auf der Helling.** Die Helling oder der Helgen ist die Baustelle, auf welcher die einzelnen Bautheile zum Schiffskörper montirt werden. Diese schiefe Ebene ist durch Pfahlroste und Mauerwerk gut fundirt



Helling.

und liegt mit einer Neigung der Sohle nach dem Wasser unmittelbar an genügender Wassertiefe für den Ablauf. Der Fall des Helgens ist 1:10 bis 1:20. Die Sohle ist etwas kreisförmig gekrümmt. Der Kopf der Helling ist nach dem Wasser zu mit einem Schwimmponton abgeschlossen. Das letztere wird durch Aufschwimmen entfernt, sobald der Stapellauf vor sich gehen soll, indem der unterste schräge Theil der Helling mittelst Pumpetriebs so hoch unter Wasser gesetzt wird, daß er sich mit dem vor der Helling befindlichen äußeren Wasserspiegel ausgleicht.

Neuerdings sind überdachte Hellinge auch in Deutschland ausgeführt worden. Sie haben den Vortheil, daß Kräne am Ueberbau angeordnet werden können, die die Bautheile an ihren Bestimmungsort schnell hintransportiren können, daß das Material besser, unbeeinflusst von der Witterung, konservirt wird, daß die Arbeiter gegen Wetter geschützt arbeiten und daß Arbeitsmaschinen auf der Helling an den Säulen des Ueberdachungsgerüsts angeordnet werden können. Ihr Nachtheil ist, daß sie hohe Kosten verursachen, das Licht verschlechtern, dem Rauche schweren Abzug gewähren und Zugluft erzeugen.

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 Vothe 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 theuer 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 Hellingungen muß auch die Himmelsrichtung, in welcher die Anlage stattfindet, berücksichtigt werden.

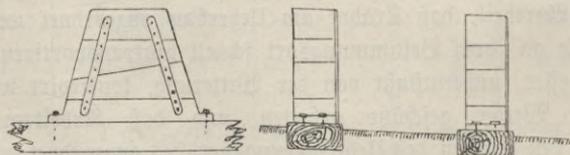
Für Werften, auf denen Holzschiffe gebaut werden, ist die Lage von Norden nach Süden zu empfehlen, da in dieser Lage die Bitterungseinflüsse auf beide Seiten des Schiffes gleichmäßig vertheilt werden und das Austrocknen der Hölzer durch die Sonnenwärme gleichmäßig geschieht.

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 vortheilhaft 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 wünschenswerth, die Schiffe, soweit angängig, 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 kompensiren.

**Stapelklöße.** Auf der Sohle der Baustelle werden vor dem Beginne des Baues die Stapelung, aus einzelnen Stapelklößen bestehend, so daß der Boden des Schiffes so hoch zu stehen kommt, daß man darunter arbeiten kann, und das Arbeitsgerüst errichtet.

Fig. 49.



Stapelklöße.

Der Kielstapel ist etwa 1 m hoch. Dieser Stapel gewährt eine Unterstützung in Abständen von etwa 1 m, um auch zwischen den Auflagestellen arbeiten zu können.

Jeder Stapel besteht aus mehreren aufeinander liegenden Holzflößen, wie die beigelegte Skizze zeigt. Die mittelsten sind keilförmig gearbeitet, weil einzelne Stapel während des Baues oft weggenommen werden müssen, um am Kiel arbeiten zu können. Die einzelnen Klöße werden durch eiserne Bänder zusammengehalten. Die Stapelklöße werden genau abgerichtet. Die Vorder- und Hinterfläche jedes Stapels wird glatt gearbeitet und mit einer in die Längsschiffsebene des zu erbauenden Schiffes fallenden, eingerissenen Linie versehen; eine solche wird auch auf der mit dem Kiele des Schiffes in Berührung kommenden oberen Fläche des obersten Kloses eingerissen.

Im Allgemeinen beträgt der Fall	der Helling	der Ablaufsbahn
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

**Baugerüst.** In der Form der größten Wasserlinie wird ein Baugerüst aus hölzernen Balken und Planken errichtet. In mehreren Stagen sind breite Plattformen rings um das zu erbauende Schiff angelegt, die breite Zugänge in Form schiefer Ebenen haben, um die Bauthteile bequem an die Einbaustelle bringen zu können. Neuerdings sind vielfach in den Stagen oder auf der obersten Plattform, sowie an den Seiten der Hellinge fahrbare Krähne angebracht, um schwere Bauthteile schnell und sicher transportiren zu können.

**Verbandtheile.** Arten der Verbandtheile. Die Verbandtheile eines Schiffes werden eingetheilt in:

1. Längsverbandtheile, wozu gehören: Kiel, Kielschweine, Längsspanten, Stringer, Beplattung oder Beplankung der Decks, Schienen, Außenhaut und Innenboden, Längsschotte, Maschinen- und Kessellager, sowie das Schanzkleid, wenn es die Fortsetzung der Außenhautbeplattung bildet;

2. Querverbandtheile, welche bestehen aus: Querspanten, Querschotten, Balken; ferner tragen ebenfalls zur Querfestigkeit bei, wie sie zur Längsfestigkeit dienen, Außenhaut und Innenboden, Decksstringer und Schienen, die von Bord zu Bord gehen, Fundamente, sowie die beplatteten Decks.

3. Bauthteile zur Höhenversteifung, wozu die Deckstützen und die Schotten dienen, außerdem versteifen noch der Höhe nach Außenhaut, Innenboden und Seitenpanzer, sowie die gepanzerten und ungepanzerten Unterbauten unter den Geschüßen, bezüglich des Geschützpanzers.

4. Indifferente Verbandtheile, zu denen die Steven, aufgesetztes Schanzkleid, Wägerungen und Loskiel gehören.

**Verbindung der Einzeltheile.** Alle diese Verbandtheile werden im Eisen-schiffbau unter sich zum Gebäude verbunden durch Schweißung, Verschraubung oder Vernietung.

**Schweißen.** Unter Schweißen versteht man die Eigenschaft des Eisenermaterials, daß getrennte Theile in weißglühendem Zustande durch Hammerschläge vereinigt werden können. Die Stelle der Schweißung hat etwa  $\frac{1}{5}$  der Festigkeit des vollen Materials.

Um eine Schweißung auszuführen, muß das Material, Schmiedeeisen, Siemens-Martin-Stahl, Gußstahl oder Stahlformguß (Stahlfagonguß), in einem Feuer von Schmiedefohlen oder Roaks bis zur Weißgluth (d. h. bis nahezu zum Flüssigwerden) erhitzt werden. Die Schweißstellen werden vorher aufeinander gepaßt und gereinigt. Schweißpulver oder Borax wird zwischen die Schweißstellen gestreut und die Stücke möglichst schnell aus dem Feuer genommen, auf dem Amboss zusammengeschlagen. Nachdem Schweißstelle auf Schweißstelle gelegt ist, werden die Stücke durch Hämmern, sei es durch von Menschenhand geführte Schläge, sei es durch Maschinenhammerschläge, oder durch von einer Schmiedepresse ausgeübten starken Druck miteinander verbunden.

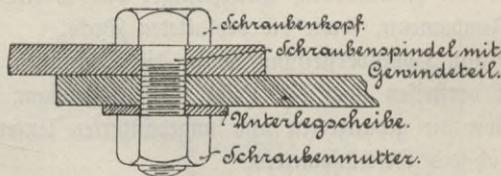
Die hauptsächlichsten Theile, die beim Schiffbau geschweißt werden, sind runde und kantige Eisen- und Stahlstangen, Platten, Winkel und Rohre.

Theile von Bronze, Kupfer, Eisenbronze oder Messing lassen sich durch Angießen desselben Materials in flüssigem Zustande verbinden.

Verschweißung würde die sicherste und einfachste Verbindung zweier Bautheile sein, doch sind die Stücke oft so groß, daß eine Bearbeitung in dieser Weise nicht möglich ist. Das elektrische Schweißverfahren ist für die Praxis noch nicht brauchbar, auch noch zu kostspielig.

**Verschraubung.** Eine Verschraubung wird angewendet, um das Material vor dem Vernieten zusammenzuhalten und überall da, wo der Nagel nicht vorhanden ist, um Niete schlagen zu können. Außerdem wird Verschraubung beim Panzer angewendet und da, wo Platten und Winkel zeitweise losgenommen werden müssen, um an den im Schiffskörper befindlichen Theilen Reparaturen auszuführen, ganze Theile herausnehmen oder andere Arbeiten vornehmen zu können, z. B. im Deck, über den Maschinen und Kesseln, bei den Deckeln der Kofferdämme u. s. w.

Fig. 50.



Verschraubung.

Die Verschraubung besteht aus dem Schraubenkopfe, der Schraubenspindel mit dem Gewindetheil, event. der Unterlegscheibe und der Schraubenmutter, so daß durch Kopf und Mutter getrennte Bautheile, durch welche die Spindel durch

ein vorher gebohrtcs oder gestanztes Loch hindurchgeht, zusammengepreßt werden.

Nietschrauben werden ohne Mutter verwendet. Die Schraubenspindel wird nach Einschneiden von Gewinden in die zu verbindenden Theile eingeschraubt und der Schraubenkopf dann abgekreuzt.

**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 Hammerschläge 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 Theile, 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:

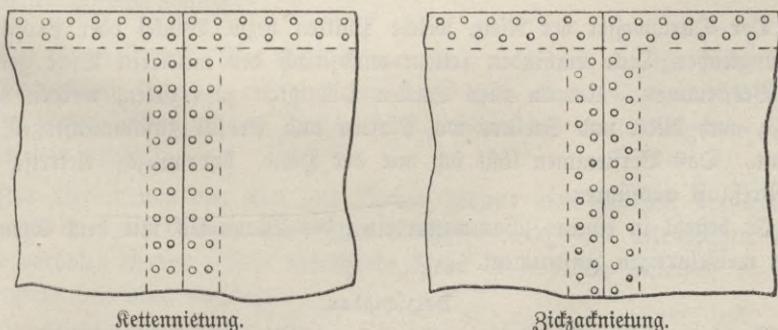
gewöhnliche Festigkeitsnietung Entfernung der Niete voneinander 7 bis 8 Nietdurchmesser,

wasserdichte Nietung desgl. 4 Nietdurchmesser,

öldichte Nietung desgl. 3 Nietdurchmesser.

Allgemein wählt man im Schiffbau in den Stößen und einfach genieteten Ueberlappungen  $3\frac{1}{2}$ , bei doppelter Vernietung in der Außenhaut, sowie in den Stößen des Doppelbodens, der Decksbeklattung und der wasserdichten Schotte 4 Nietdurchmesser Abstand; bei Vernietung der Platten und Winkel des Riels, der Steven u. s. w. nimmt man 5, bei Vernietung der Decksbeklattung mit den Decksbalken 7 bis 8, und bei Vernietung der Spantwinkel mit der Außenhaut 8 Nietdurchmesser.

Fig. 51.



Kettennietung.

Zickzacknietung.

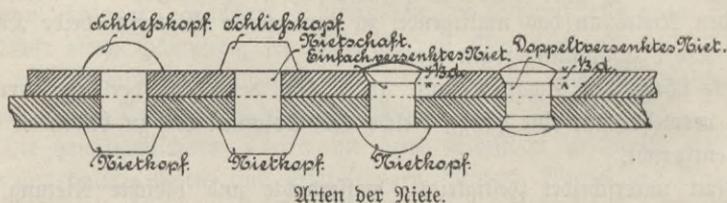
Die Entfernung der Nietreihen bei doppelter oder dreifacher Kettennietung beträgt 3, bei Zickzacknietung  $2\frac{1}{2}$  Nietdurchmesser. Bei drei- und vierfach ge-

nieteten Stoßblechen kann der Abstand der Niete  $5\frac{1}{4}$  Nietdurchmesser betragen.

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 der beigelegten Skizze ersichtlich. Die Löcher in den Materialien, durch welche die Niete gezogen werden, müssen in ihren Theilen genau aufeinander passen und kreisrund sein, damit die Niete die Löcher gut ausfüllen. Für wichtige Verbandtheile vermeidet man deshalb das schnellere und billigere Stanzen (Durchdrücken) und zieht Bohrungen der Nietlöcher vor.

Fig. 52.



Man hat Handnietung, elektrische, hydraulische und Nietung mit Preßluft. 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 =	10 =	16 = 18 =	24 =
4 =	12 =	19 = 21 =	26 =
6 =	14 =	22 = 25 =	28 =
7 =	16 =	30 =	30 =
9 = 10 =	18 =		

Der Durchmesser der Niete, welche Platten bezw. Winkel oder Profilstahle 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.

#### Holzschiffbau.

**Verbindung der Bauthteile.** Beim Holzschiffbau wurden als Verbindungsmittel der Bauthteile Holznägel, hölzerne Verbübelung, Durchholzen, Stumpf=

holzen, Spieker und Schrauben verwandt. Auch eiserne und bronzene Beschläge wurden verwendet. 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 Legirungen hergestellt.

Die Verbandtheile sind aus der beigelegten Hauptspantstizze eines hölzernen Schiffes (S. 122) ersichtlich. Der Bau eines hölzernen Schiffes soll so beschrieben werden, wie er auf der Helling der Reihe nach vorgenommen wird. Diese Beschreibung kann zugleich als Einleitung in die Maßnahmen beim Bau eiserner Schiffe dienen. Außerdem sind die Bezeichnungen für die einzelnen Bauthteile dem Holzschiffbau entlehnt und ihre Bezeichnung oft nur so zu verstehen, so daß im praktischen Schiffbau, abgesehen von den nur noch unwichtigen Holzbauten in Booten und Yachten, der Holzschiffbau historischen Werth hat und eine, wenn auch nur flüchtige Betrachtung verlohnt.

**Der Kiel.** Unter dem Kiel eines Schiffes versteht man das unterste, mittschiffs durchgehende Längsverbandsstück eines Schiffes. Von vorzugsweise rechteckigem Querschnitte scheidet der Kiel die Außenhautplanken der beiden Schiffseiten 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.

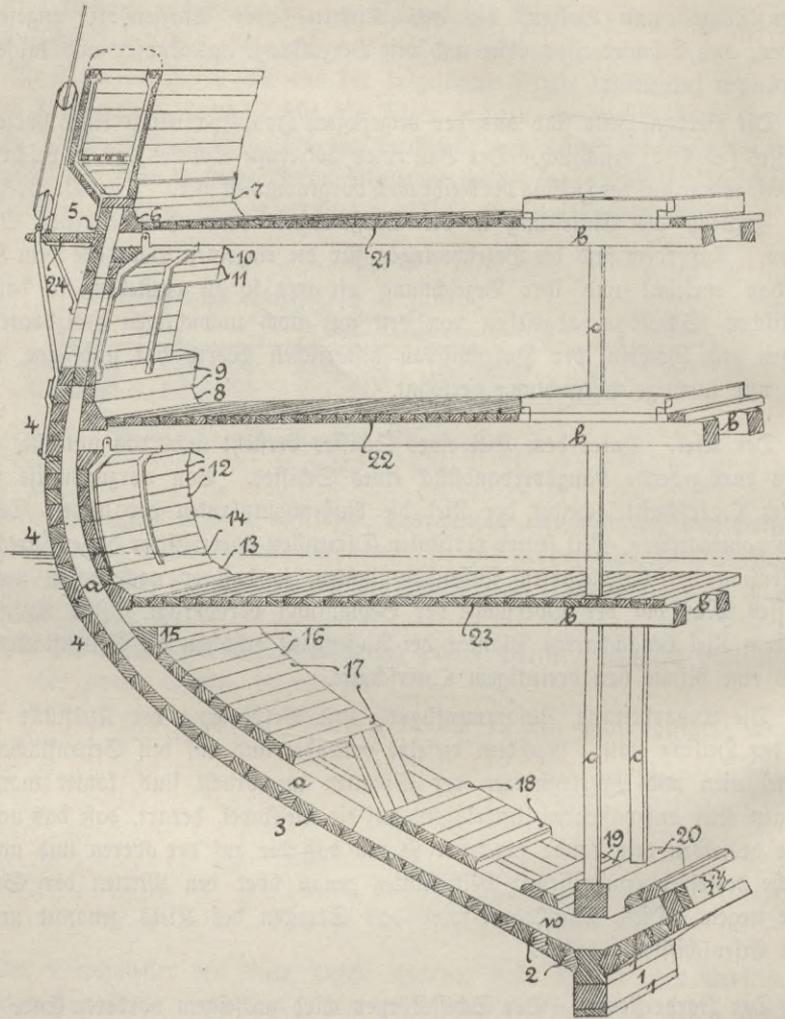
Die Ausarbeitung, Zusammenfügung und Verbindung der Kielstücke findet auf der Helling statt. Nachdem dieselbe vollendet und auf den Seitenflächen die Mittellinien und Bezeichnungen der Spanten angebracht sind, kantet man den fertigen Kiel auf passenden Unterlagen, auf die Kielstapel, derart, daß das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

**Der Vordersteven.** Der Schiffskörper wird an seinem vorderen Ende durch den Vordersteven begrenzt, der dort zum Theil einen ähnlichen Zweck erfüllt wie der Kiel unten, indem er das Zwischenstück zwischen der Beplankung der beiden Schiffseiten bildet.

Zur Verbindung von Kiel und Steven bedient man sich auf der inneren Seite von Kiel und Steven eines vollen durchgehenden Holzes, mit welchem beide Stücke verbolzt werden. Das betreffende Stück ist knieartig gestaltet; es heißt Binnenstevenknie oder Reitknie.

In seinem oberen Theile hat der Vorsteven einen konsolenartigen Ausbau unter dem Bugspriet, das Gallion.

Fig. 53.



Hauptpant eines hölzernen Schiffes.

- w Bodenwangen.  
 a Auflanger.  
 b Decksbalken.  
 c Deckstützen.  
 1 Der Kiel und die Lostiele.  
 2 Die Kielplanken.  
 3 Die Boden- und Kimmplanken.  
 4 Die Bergholzplanken.  
 5 Die Scheergänge.  
 6, 8 u. 13 Oberbatterie und Zwischenbatteriewassergänge.

- 7 Der Schandekel.  
 9 u. 14 Batterie u. Zwischenbatterieschweger.  
 10, 12 u. 15 Oberbatterie- und Zwischenbatterieweger.  
 11 u. 16 Unterbatterieweger.  
 17 Kimmweger.  
 18 Bodenweger.  
 Zwischen 17 u. 18 Die Diagonalwegerung.  
 19 Die Limbergänge.  
 20 Das Kielschwein.  
 21, 22 und 23 Die Decksbepflankungen.

**Der Hinterstevan.** Der Hinterstevan bildet den Schluß des Schiffskörpers an dessen hinterem Ende, indem er die dort endigenden Planken der Außenhaut in seinen Sponungen aufnimmt. Der Hinterstevan dient gleichzeitig zum Anbringen des Ruders.

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

**Zusammensetzung eines Spants.** Wegen der dem Querschnitt des Schiffes entsprechenden gekrümmten Form muß jedes Spant in der Richtung seiner Peripherie aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden, welche dadurch untereinander verbunden werden, daß man neben die Stoßstellen ein ebenfalls gekrümmtes volles Holz legt, mit dem die zu verbindenden Stücke verbolzt werden.

**Die Bodenwrangen, Kimmstücke und Auflanger.** Die unmittelbar auf dem Kiel liegenden Hölzer heißen Bodenwrangen, an diese schließen sich die Boden- bezw. Kimmstücke, je nachdem dieselben mehr dem Boden oder der Kimm, d. h. der Uebergangsstelle vom Boden in die Seitenfläche des Schiffes angehören; auf die Kimmstücke folgen die Auflanger, die als erster, zweiter u. s. w. Auflanger unterschieden werden. Was die Dimensionen der Spanten betrifft, so sind die Bodenwrangen am stärksten.

**Aufstellung der Spanten.** Die Aufstellung der Spanten geschieht mittelst zweckentsprechender Hebezeuge in der Weise, daß ein Verzerren der Form des Spants vermieden wird. Der Umstand, daß die Mittelebene des Spants senkrecht zum Kiel stehen muß, beansprucht eine besondere Vorsicht bezüglich des Ausrichtens und Abstützens. Beim Ausrichten bedient man sich eines Lothes, welches von der auf der obersten Spreizlatte markirten Spantmitte herunterhängt und bei der richtigen Position des Spants unter einem bestimmten Winkel mit der Oberfläche des Kiels auf dessen Mittellinie einspielen muß.

Das erste Spant, welches zur Ausarbeitung und Aufrichtung kommt, ist das Hauptspant. An dasselbe schließen sich die Spanten der vorderen und hinteren Schiffshälfte an, deren Aufstellung und Ausrichtung wegen des bereits stehenden Hauptspants sich einfacher gestaltet. Sobald mehrere Spanten stehen, erhalten dieselben vermittelt in der Richtung der Senten aufgenagelter Sentlatten eine provisorische Verbindung untereinander.

Je weiter man mit den Spanten nach den Enden des Schiffes vorrückt,

um so größer waren die Schwierigkeiten, passende Hölzer für die Bodenwrangen zu finden.

**Das Kielschwein.** Nachdem das Schiff in Spanten steht, schreitet man zum Einbau der inneren Längsverbandstücke, von denen das Kielschwein das wichtigste ist. Es nimmt auf der inneren Fläche der Bodenwrangen dieselbe Stelle ein wie der Kiel auf der Außenfläche.

**Die Wegerung.** Der übrige Theil der innerhalb des Spantsystems gelegenen Längsverbandstücke trägt die allgemeine Bezeichnung „Wegerung“.

**Die Decksbalken.** Der Zweck der Decksbalken besteht darin, die Beplankung der Decke aufzunehmen und dadurch die Decks selbst zu bilden. Als zu den Decks gehörig und als selbständige Verbandstücke sind die Decksbalken nächst den Spanten die wichtigsten Querverbandstücke.

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

Um ferner dem auf das Oberdeck gelangten Wasser einen schnellen Abfluß nach den Seiten des Schiffes zu sichern, giebt man demselben querschiffs eine gewölbte Form oder „Bucht“, deren höchster Punkt in der Symmetrieebene liegt. Da die Beplankung des Decks im Allgemeinen gleich dick ist, so haben die Balken derselben dieselbe Wölbung oder Bucht, deren Maß die Pfeilhöhe des Bogens ist, den die Oberkante des dem Hauptspant zunächst liegenden Balkens bildet. Die Buchtöhe beträgt ungefähr  $\frac{1}{50}$  der Balkenlänge. Im Gegensatz zur Bucht steht der Sprung der Decks, welcher die Form bedeutet, in welcher mehr oder weniger die Decksbalken in einem Deck vorn und achtern höher gelegt werden, als mittschiffs.

Der Sprung beträgt 0,02 bis 0,04 L. Der tiefste Punkt liegt in der Regel auf  $\frac{5}{8}$  L. von vorn; vorn giebt man meistens  $\frac{2}{3}$ , hinten  $\frac{1}{3}$  des Gesamtsprunges. Diese Angaben sind auch für den Eisenschiffbau gültig.

**Das Abstützen der Decksbalken.** Mit Ausnahme der ganz kurzen Balken an den äußersten Enden des Schiffes muß jeder Balken eine Abstützung nach unten erhalten, um das Durchbiegen desselben zu verhindern. Die Abstützung erfolgt entweder, indem man unter jeden Balken eine Stütze stellt, oder indem man mehrere Balken zu einer Gruppe zusammenfaßt und unter denselben einen Längsbalken, einen sogenannten „Unterzug“ oder „Unterschlag“ anbringt, der dann einer geringeren Zahl von Stützen bedarf.

**Die Beplankung.** Nachdem die innere Wegerung und die Balkenlagen eingebaut, ferner die Spanten geschlichtet sind, schreitet man zur Ausarbeitung der Außenbeplankung. Mit Rücksicht auf die im Holzlager vorhandenen Plankenlängen und die vielfachen Anforderungen, welche man an eine zweckmäßige Beplankung zu stellen hatte, war es nothwendig, vor dem Beginn der Arbeit eine möglichst genaue Zeichnung der Beplankung anzufertigen. Dies geschah am

besten auf einem Klotzmodell des Schiffes, weil man dann sofort die Stellen des Schiffes herausfindet, wo das Anbringen von Planken wegen der gekrümmten Form desselben mit Schwierigkeiten verknüpft ist. Ist ein guter zweckentsprechender Entwurf der Beplankung auf dem Modell zu Stande gekommen, so wird derselbe entweder ganz oder in dem Maße, wie die Beplankung nach und nach fortschreitet, auf die Außenfläche der Spanten übertragen.

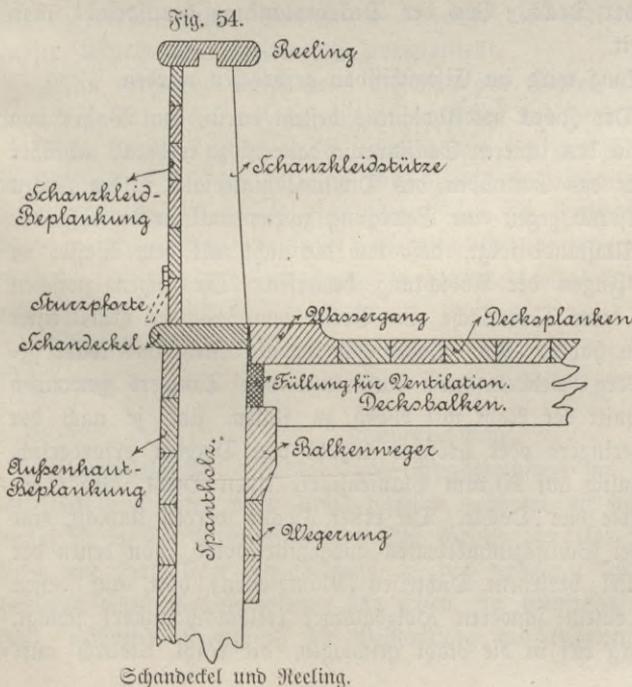
Bei der Anordnung der Planken der Außenhaut geht man selbstverständlich von demjenigen Spant aus, dessen Peripherie die längste ist, d. h. vom Hauptspant. Unter Zugrundelegung zweckmäßig erscheinender Breitendimensionen erhält man durch Absetzen dieser letzteren die Peripherie entlang die Anzahl der Plankengänge im Hauptspant. Da die einzelnen Gänge im Allgemeinen in den Stevensponungen endigen, so ergibt sich die Nothwendigkeit, daß die Planken nach den Enden des Schiffes hin an Breite abnehmen; da ferner der oberste und insolgedessen auch die übrigen Gänge an dem Sprung des Schiffes theilnehmen, so folgt daraus für die Seitenansicht der Beplankung vom obersten Gang abwärts eine mit der konvexen Seite nach unten gerichtete, stark gebogene Form, deren Krümmung von oben nach unten zunimmt.

Das Spitzzulaufen der Planken durfte jedoch ein gewisses Maß nicht überschreiten, da die Möglichkeit einer guten Befestigung an den Steven gewahrt bleiben mußte, und man von einem gewissen Parallelismus der Plankennähte mit der Oberkante des obersten Ganges nicht zu weit abweichen konnte, ohne das gute Aussehen des Schiffes zu beeinträchtigen. Will man diesen beiden

Anforderungen nachkommen, so können nicht alle im mittleren und über dem Wasser befindlichen Theile des Schiffes vorhandenen Plankengänge ununterbrochen durchgehen. Die aus den angeführten Gründen nicht an die Steven heranschließenden Gänge heißen verlorene Gänge.

#### Der Schandekel.

Die oberen Enden der Auflanger der Spantehölzer ragen, soweit sie nicht zum Bau einer Back oder Kampagne oder als Schanzkleid-



stützen noch weiter hinaufgeführt werden müssen, um gleiche Stücke über den obersten Plankengang oder den oberen Wegerungsgang des Oberdeckes hervor. Auf diese Hölzer wird der sogenannte Schandekel geschoben, der den Raum zwischen der äußeren und inneren Beplankung zu schließen hat und das Spantensystem vor dem Eindringen des Wassers von oben her schützt. Auf dem obersten Ende des Spantholzes als Schanzkleidstütze liegt dann eine Leiste auf, die die Keeling heißt.

**Die Luksfülle.** Unter Luksfüll versteht man einen erhöhten Rand um die Luken bezw. Oeffnungen in den Decken, die nothwendig sind, um die unter Deck gelegenen Räume zugänglich zu machen und sie mit Luft und Licht zu versehen. Der Zweck der Sülle besteht darin, das Eindringen von auf den Decken befindlichem Wasser in die Luken zu verhindern. Dementsprechend sind die Sülle des Oberdeckes gewöhnlich höher als die der übrigen Decken.

Ein Luksfüll besteht aus zwei Längs- und zwei Querhölzern, die einen rechteckigen Rahmen bilden, an dessen Ecken sie mittelst einer schwalbenschwanzartigen Verbindung zusammengefügt sind. Sie ruhen direkt auf den Decksbalken bezw. auf den Längsschlingen, an denen sie mittelst Klin- oder Schraubenbolzen befestigt sind, deren obere Köpfe im Holz der Sülle versenkt und mit Deckspnopfen versehen sind. Die Dicke des Sülls muß so groß sein, daß aus seinem oberem Theile ein äußerer bezw. innerer Falz oder Beides zur Aufnahme der Lukendeckel und Grätings bezw. Niedergangskappen oder Decksfensterrahmen herausgenommen werden kann. Hölzerne Luksfülle werden noch häufig auch auf eisernen Schiffen ausgeführt.

**Die Beplankung der Decken.** Von der Deckenbeplankung beansprucht man dauernde Wasserdichtigkeit.

Ueber Deckenbeplankung wird im Eisenschiffbau gesprochen werden.

**Das Abdichten.** Der Zweck des Abdichtens besteht darin, dem Wasser von außen her den Eintritt in den inneren Schiffsraum dauernd zu wehren; nebenher schafft man jedoch durch das Eintreiben des Dichtungsmaterials in die Fugen einen bedeutenden Widerstand gegen eine Bewegung zweier aneinander stoßender Stücke. Aus letzterem Umstande folgt, daß auch die nicht mit dem Wasser in Berührung kommenden Fugen der Abdichtung bedürfen. Die Fugen zwischen zwei Planken sollen an deren Oberfläche eine Breite von  $\frac{1}{20}$  der Dicke einer der benachbarten Planken haben. Das Dichtungsmaterial besteht aus locker gedrehten Dochten von Berg, welches durch Aufdrehen von Tauwerk gewonnen wird. Um den Querschnitt der Naht mit Berg zu füllen, sind je nach der Größe derselben eine geringere oder größere Anzahl von Dochten erforderlich. Man rechnet für gewöhnlich auf 25 mm Plankenstärke einen Docht, also z. B. auf 100 mm Plankenstärke vier Dochte. Die ersten Dochte werden klamait, eine Thätigkeit, die von zwei Schiffszimmerleuten ausgeführt wird, von denen der eine das mit einem Stiel versehene Dichteisen (Klamaitisen) hält, auf dessen Kopf der andere mit einem schweren Holzhammer (Klamaithammer) schlägt. Hierdurch wird das Berg tief in die Naht geschlagen, die Naht dadurch auf-

getrieben und so Platz für das zweite, dritte und letzte Werg geschaffen. Das letzte Werg wird nicht klamait; dasselbe wird mit einem besonderen Dichteisen (Nabat oder Doppeltrabat) von einem Arbeiter etwa 6 bis 8 mm in die Naht tief hineingetrieben und an der Außenseite vollkommen geglättet. Hierdurch wird das Werg zu einer homogenen Masse. — Die Hauptaufmerksamkeit beim Dichten ist darauf zu richten, daß das Werg der Naht folgt, das heißt, nicht nach oben oder unten in das Holz hinein gedichtet wird, und besonders bei den Plankensößen keine lockere Stellen in der Naht oder dem Stoße entstehen, auch darf das Werg nicht durch die Naht durchgetrieben werden; dasselbe muß so gestopft werden, daß es sich in der Naht staucht, und kann das Dichten daher auch nur von geschulten Arbeitern ausgeführt werden. Die Oberfläche der fertigen Wergnähte wird endlich mit heißem Pech bestrichen, welches in diesem Zustande dünnflüssig genug ist, um in die oberen Schichten des Wergs einzudringen, dort erkaltet und die Naht vor dem Eindringen des Wassers schützt. Diese Dichtung wird auch bei den hölzernen Decks eiserner Schiffe vorgenommen, jedoch wird hier im Verhältniß zur Plankenstärke ein Docht weniger geschlagen als außenbords, und das Werg wird nicht klamait.

**Der Bodenbeschlag der Holzschiffe.** Als Schutz gegen den die Holzsubstanz der Beplankung zerstörenden Bohrwurm bedarf ein Holzschiff eines, das Eindringen dieses Parasiten verhindernden Ueberzuges in derjenigen Ausdehnung seiner äußeren Begrenzungsfläche, wo der Bohrwurm Gelegenheit findet, in das Holz des Schiffes zu gelangen. In dieser Beziehung hat man im Laufe der Zeit die verschiedensten Substanzen versucht, als wirksamstes Mittel hat sich Kupfer, Munk- oder Gelbmetall herausgestellt.

Man verhindert durch einen Beschlag aus Kupfer u. s. w. gleichzeitig das Bewachsen des Schiffsbodens mit animalischen und vegetabilischen Organismen.

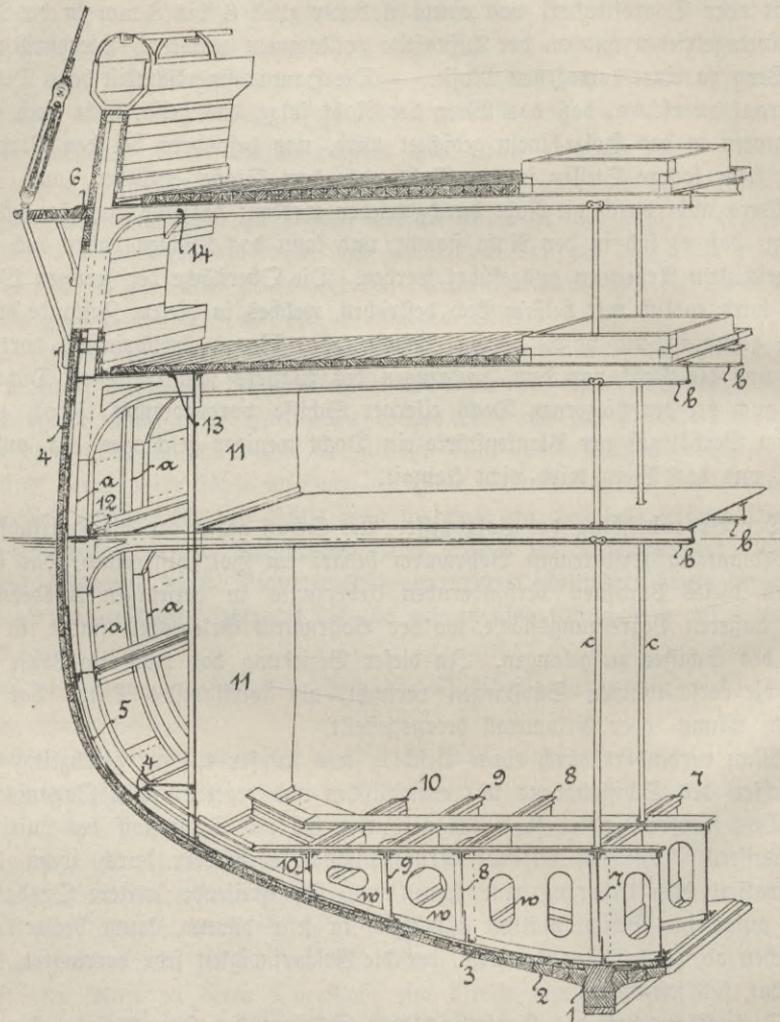
Das Kupfer oxydirt (d. h. es verbindet sich mit Sauerstoff der Luft und des Wassers). Die sich bildende Grünspannschicht verhindert durch ihren luft- und wasserdichten Ueberzug eine schnell um sich greifende weitere Oxydation. Diese aufgefetzte Schicht blättert allmählich in sehr dünnen, kaum bemerkbaren Blättchen ab, so daß der Anwuchs, der die Geschwindigkeit sehr verringert, keine Zeit hat, sich festzusetzen.

Diese Eigenschaft des Kupferbeschlages ist einer der Hauptgründe für die Einführung der nach dem sogenannten Kompositssystem erbauten Schiffe gewesen.

#### Komposittschiffbau.

**Komposittschiffe.** Schiffe, deren Spantensystem und deren Hauptlängsverbandstücke aus Eisen oder Stahl bestehen, während die Außenhaut aus Holz gefertigt ist, heißen Komposittschiffe. Der Grund für eine solche Verbindung von Eisen und Holz liegt vorzugsweise in der größeren und länger vorhaltenden Festigkeit eines Spantensystems aus Eisen, im Gegensatz zu einem solchen aus Holz, während gleichzeitig die Beplankung des eisernen Spantensystems mit

Fig. 55.



Hauptspant eines Kompositsschiffes.

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

Holz die Anwendung eines kupfernen oder bronzenen Bodenbeschlages zur Verhütung des Bewachsens des Schiffsbodens gestattet.

Das Spantensystem eines Komposittschiffes zeigt von demjenigen eines eisernen Schiffes derselben Form keine Abweichungen, so daß es einer eingehenden Beschreibung desselben an dieser Stelle nicht bedarf. Auch die binnenbords liegenden, aus Eisen gefertigten Längsverbandstücke sind denen eines eisernen Schiffes ähnlich.

**Die Steven.** Die an den beiden Steven endigenden Planken müssen von einer Sponung aufgenommen werden. Als Querschnitt der Stevenkonstruktion ergibt sich eine ähnliche Figur wie für den Querschnitt des Holzkiels, d. h. soweit die Steven aus Eisen gefertigt sind, bestehen dieselben aus Platten mit umgebogenen Rändern. Zwischen den umgebogenen Rändern werden die mit Sponungen versehenen hölzernen Steven eingepaßt und mit den Platten und Binnensteven verbolzt.

**Die Beplankung.** Die Beplankung von Komposittschiffen besteht entweder aus einer oder aus zwei Plankenlagen, die längsschiffs in Form von Gängen angeordnet werden. Die Stöße der Planken eines Ganges der einfachen Beplankung liegen nicht auf den Spantwinkeln, sondern zwischen je zwei aufeinander folgenden. Um ihnen dort Auflagefläche zu verschaffen, werden die beiden benachbarten Spanten durch eine kurze eiserne Platte von der Breite des betreffenden Plattenganges miteinander verbunden; auf ihnen erhalten die beiden zusammenstoßenden Planken ihre Befestigung mit je zwei Schraubbolzen. Sind zwei Plankenlagen vorhanden, so gilt das bezüglich der Stöße Gesagte für den inneren Plankengang. Die Stöße müssen in zweckmäßiger Weise wie bei Holzschiffen verschießen. Die Breite der Planken darf 300 mm nicht übersteigen. Die Befestigung derselben an den Spanten bzw. an den auf den Spanten befindlichen Plattengängen und Diagonalschienen erfolgt mittelst von außen nach innen wasserdicht eingesetzter Schraubbolzen mit runden, mit Schlitz versehenen Köpfen und binnenbords aufgeschraubten Muttern. Sind die Planken breiter als 250 mm, so erhalten dieselben doppelte Befestigung, d. h. zwei Bolzen pro Spant; sind sie schmaler als 210 mm, so tritt einfache Befestigung ein, und bei den zwischen diesen Grenzen liegenden Breiten abwechselnd einfache und doppelte Befestigung. Der Holzkiel erhält einen Schraubbolzen zwischen je zwei aufeinander folgenden Spanten. Die Bolzenköpfe liegen vertieft im Holze, und werden die Böcher über denselben mit einem zweckentsprechenden Kitt oder mit einem Holzpfropfen wasserdicht geschlossen. Das Material der Befestigungsbolzen ist für zu kupfernde Schiffe auf  $\frac{4}{5}$  der Höhe des Schiffes von unten gerechnet, stets Kupfer oder Bronze. Soll das Schiff nicht gekupfert werden und auch keinen Beschlag aus Yellowmetall erhalten, sondern mit Zink beschlagen werden, so können die Bolzen aus verzinktem oder aus bloßem Eisen bestehen. Will man bei einem zu kupfernden Schiffe eiserne Bolzen verwenden, so muß

dasselbe eine zweite Plankenlage erhalten. Diese muß mit Spiekern, Durchbolzen oder Holzschrauben aus Kupfer oder Bronze an der inneren Plankenlage unter sorgfältiger Vermeidung des innen liegenden Eisens befestigt werden. Sind zwei Lagen Außenhautplanken vorhanden, so braucht die Dicke einer jeden Lage nicht viel größer als die Hälfte der Plankendicke eines Schiffes von derselben Größe mit nur einer Plankenlage zu sein. Ferner läßt sich bei zwei Plankenlagen mit Vortheil für die Festigkeit des Schiffes entweder eine derselben oder beide in diagonaler Richtung anbringen, in welchem Falle für die Enden der Diagonalsplanken in entsprechenden, längsschiffs verlaufenden Plankengängen Sponnungen anzubringen sind.

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

**Stielchwein.** Bei der Stachtelekonstruktion wird eine vertikale Mittelplatte angewendet, welche mittelfst zweier Zinteleiten mit der Stielplatte verbunden ist. Diese Platte läuft entweder über die ganze Länge des Schiffes durch oder sie besteht aus einzelnen von Spant zu Spant reichenden Plattenfüßen. Im ersten Falle heißt die Konstruktion Mittelplattenstielchwein und kommt meist bei Booten mit Doppelboden zur Anwendung, und im zweiten Falle Unterstiel-Stielchwein ober eingetragenes Stielchwein.

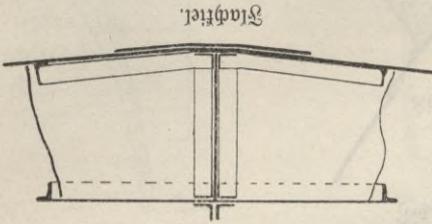


Fig. 57.

Der Stielchwein besteht aus Formholzplatten, die nach der Form des Schiffes gebogen sind. Die Dicke dieser Platten ist etwa 2 bis 3 mm stärker als die der übrigen Bodenplatten. Die einzelnen Platten (6 bis 15 m lang) werden der Länge nach mit Nägeln und dreifacher Richtung verbunden.

Die Konstruktion hat den Vorteil, daß sie beim Fahrgange gutes Sturshalten giebt, aber hat den Nachteil, daß sie den Ziegang des Schiffes um seine Höhe vergrößert.

Der Stattenstiel wird mit den untersten Außenhautplatten (Stielgänge) verbunden, indem diese umgeflankt werden und mit durchgehenden Nieten mit ihm vernietet werden. Die einzelnen Stiele der Länge nach werden durch Nägelungen verbunden.

Die Konstruktion hat den Vorteil, daß sie beim Fahrgange gutes Sturshalten giebt, aber hat den Nachteil, daß sie den Ziegang des Schiffes um seine Höhe vergrößert.

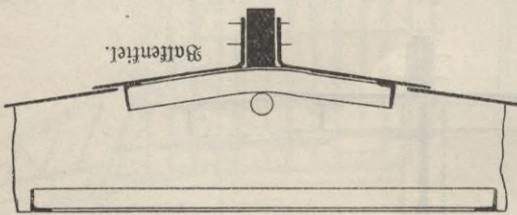


Fig. 56.

Der nebenstehende Stiel besteht aus einem Stück Stangenstiel über die ganze Länge des Schiffes. Diese unter dem Schiffsboden vorstehende Rippe wird 3 bis 10 cm dick bei einer Höhe von 15 bis 30 cm ausgeführt. Diese Konstruktion wird nicht mehr so oft wie früher ausgeführt.

Man untercheidet den Stattenstiel, der aus dem Holzschiffbau übernommen ist, und den Stielchwein.

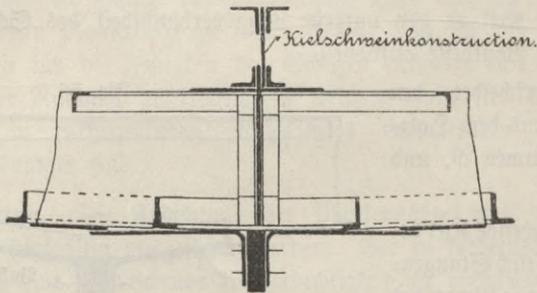
Der Stiel ist der unterste Längsverbandtheil des Schiffes, auf dem sich die weiteren Bautheile aufbauen.

Eisenstiffbau.

### c. Die Bautheile.

Das eigentliche Kielschwein besteht, ähnlich wie bei hölzernen Schiffen, aus einem parallel zum Kiel angeordneten Innenlängsträger, der die verschiedensten Konstruktionen hat. Die einfachste Form ist das Trägerkielschwein auf den

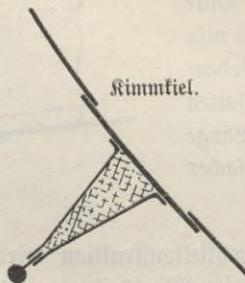
Fig. 58.



Bodenwrangen. Früher wurde bei sehr großen Schiffen ein kastenförmiger Träger konstruiert und als Kastenkielschwein bezeichnet. Beim eingeschobenen Kielschwein wird noch eine Kielschweinkonstruktion angewendet, die darin besteht, daß an den Seiten der über die Bodenwrangen hervorragenden eingeschobenen Kielschweinplatten zwei Winkel mit diesen vorstehenden Plattentheilen 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 Skizze erkenntlich. Sie werden an beiden Seiten des Schiffes in der Nähe der Kimm auf etwa  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  der Schiffslänge mittschiffs  $\frac{1}{4}$  bis 1 m hoch angeordnet. Sie tragen ebenfalls mit zum Längsverband bei.

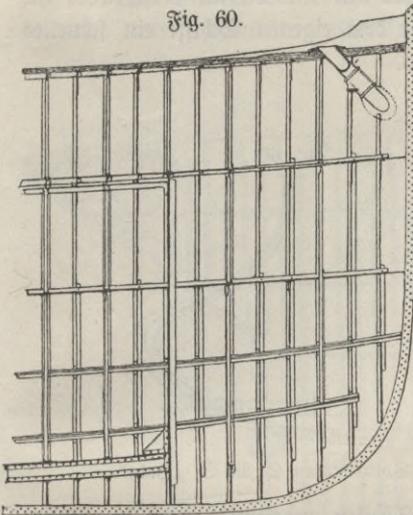
Fig. 59.



**Steven.** Die Steven haben sowohl im Kriegsschiffbau als auch im Handelschiffbau die mannigfaltigsten Formen, wie aus den beigegebenen Skizzen ersichtlich ist. Die Steven werden aus Stahlguß oder bei gekupferten Schiffen aus Bronze oder aus Platten und Winkeln hergestellt.

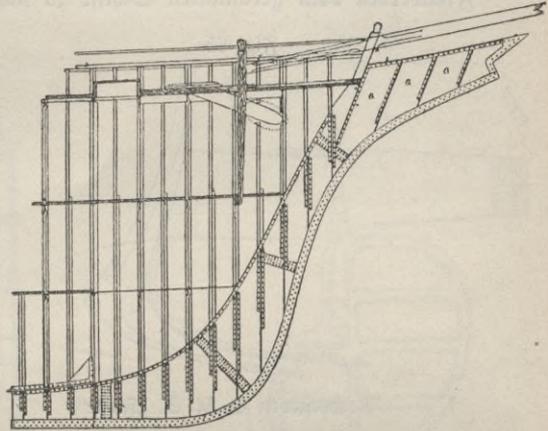
**Bordersteven.** Der Bordersteven bildet die Verlängerung des Kiels bis zum obersten Theil des Schiffes und schließt den Schiffskörper nach vorn ab; ähnlich schließt der Hintersteven nach achtern ab. Die Borderstevenkonstruktionen sind sehr mannigfaltig.

Fig. 60.



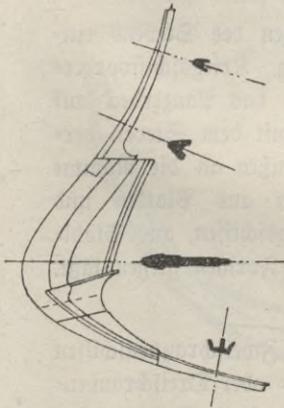
Gerader Bordersteven eines Handelsschiffes.

Fig. 61.



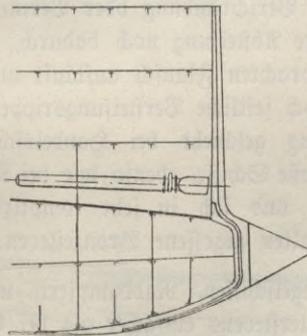
Ausfallender Bordersteven eines Handelsschiffes.

Fig. 62.



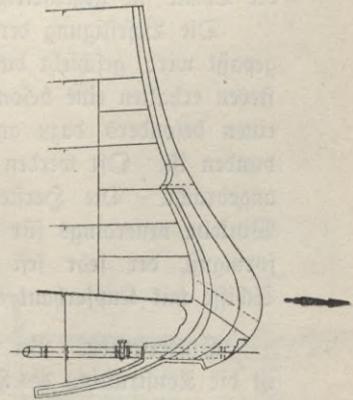
Bordersteven S. M. S. „Kurfürst Friedrich Wilhelm“.

Fig. 63.



Bordersteven S. M. S. „Sachsen“.

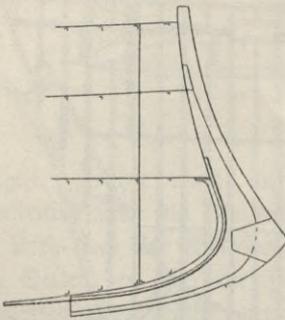
Fig. 64.



Bordersteven S. M. S. „Kaiserin Augusta“.

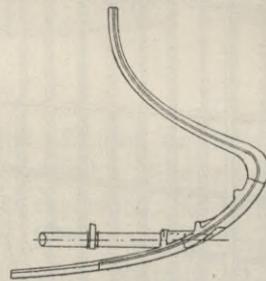
Die Vordersteven von Kriegsschiffen variiren vom geraden, oder wenig nach vorn geneigten, oder ausfallenden Handelsschiffsteven mit Gallion bis zur nur wenig vorstehenden Kamme, oder einem geraden Steven mit unter Wasser angelegtem Sporn, oder bis zum ausfallenden, etwa 5 bis 6 m weit hervorragenden französischen Kammbug. Auch Kriegsschiffsteven mit aufgesetztem Kammschuh 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.

Fig. 65.



Vordersteven S. M. S. „Falke“.

Fig. 66.



Vordersteven S. M. S. „Hela“.

Große Steven werden in zwei bis drei Theilen angefertigt, weil der Bahntransport vom Eisenwerke bis zur Werft große Schwierigkeiten haben würde, auch lassen sich die kleineren Stücke besser auf der Helling auf- und zusammenstellen. Die einzelnen Theile des Kiels sind durch angegossene Flanschen miteinander verschraubt oder vernietet. Die Befestigung der Steven mit dem Kiel, Kielplatten und Mittelkielplatten geschieht mit Schrauben und Nieten, so daß die Theile sich gegenseitig überlappen.

Die Befestigung der Außenhaut, die in die Spnungen des Stevens eingepaßt wird, geschieht durch Verschraubung oder Vernietung. Kriegsschiffvordersteven 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 die Kamme angebracht. Die Herstellung geschieht bei Handelsschiffen aus Platten und Winkeln, neuerdings für große Schiffe, ebenso wie bei Kriegsschiffen, aus Stahlformguß, der sehr fest ist und sich in sehr komplizirte Formen gießen läßt. Schiffe mit Kupferhaut erhalten gegossene Bronzesteven.

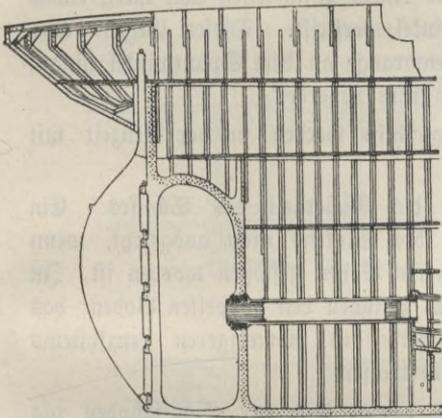
**Hintersteven.** Bei Segelschiffen, Raddampfern und Zweischraubenschiffen ist die Konstruktion des Hinterstevens einfacher als bei Ein- oder Dreischraubenschiffen. Die Hintersteven der letzteren Schiffe bestehen aus einem Rahmen, der der Schraubenrahmen genannt wird. Der vordere, vertikale Theil heißt der Schraubensteven, der hintere der Rudersteven. In halber Höhe des Schrauben-

stevens ist ein Auge angebracht, das zur Aufnahme des Wellenrohres, in welchem die Schraubenwelle läuft, bestimmt ist.

Der untere Schenkel des Schraubenrahmens hebt sich am hintersten Ende, damit das Schiff beim Auslaufen auf Grund nicht mit dem Ruderstegen selbst aufstößt, wodurch leicht Beschädigungen oder Bruch des Ruders erfolgen können.

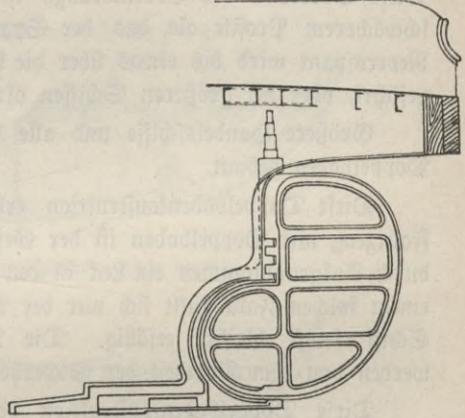
Der Hinterstegen trägt das Ruder, welches mit seiner Spindel durch ein Auge mit passender wasserdichter Buchse durch den oberen Theil hindurchgeführt ist.

Fig. 67.



Hinterstegen eines Handelsschiffes.

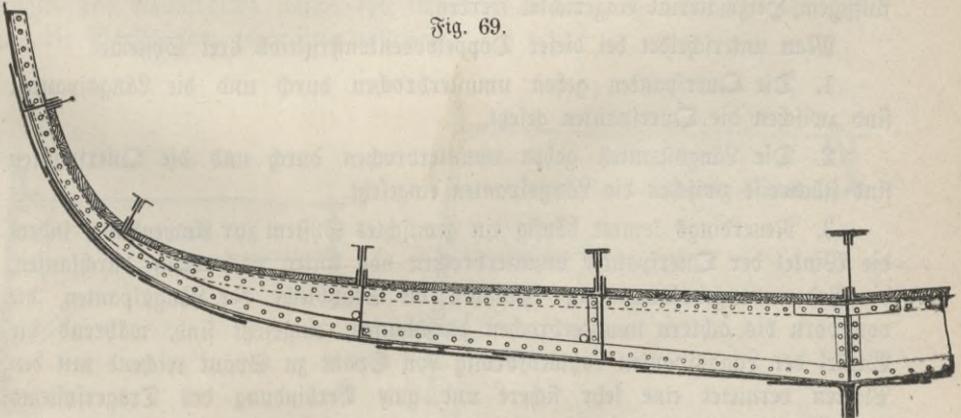
Fig. 68.



Hinterstegen eines Kriegsschiffes.

**Spanten.** Die Spanten sind Bautheile, 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.

Fig. 69.



Spant ohne Doppelboden.

Ein Spant besteht in der Regel aus zwei symmetrisch gebogenen Winkel-eisen, von denen jedes ohne Unterbrechung 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 Spantwinkleisen eine aufrecht stehende Platte angenietet, die die Bodenwrange des Spantes genannt wird. 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 Bodenwrange ist mit einem Winkleisen von meist etwas schwächerem Profile als das der Spantwinkel versteift. Dieses Gegen- oder Reversspant wird bis etwas über die Bodenwrange an dem Spantwinkel hinaufgeführt, oder bei größeren Schiffen oft bis zum Oberdeck.

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 Vortheil 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. Die Längsfestigkeit dieses Trägers wird durch Längsspannten herbeigeführt, die in 4 bis 6,5 m Entfernung von der Mitte aus, längsschiffs, angeordnet werden, so daß der Schiffsboden durch die Bodenwrangen der Querspannten und die Stützbleche der Längsspannten in zahlreiche Zellen getheilt wird, die zur Aufnahme von Frischwasser, Kesselspeisewasser oder flüssigem Heizmaterial eingerichtet werden.

Man unterscheidet bei dieser Doppelbodenkonstruktion drei Systeme:

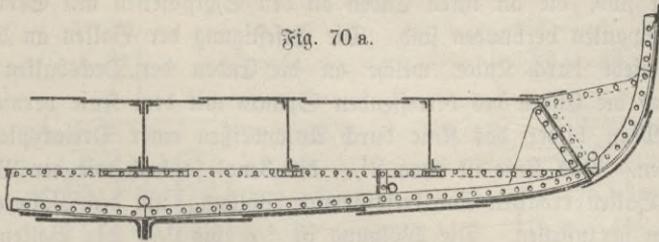
1. Die Querspannten gehen ununterbrochen durch und die Längsspannten sind zwischen die Querspannten gesetzt.

2. Die Längsspannten gehen ununterbrochen durch und die Querspannten sind stückweise zwischen die Längsspannten eingesetzt.

3. Neuerdings kommt häufig ein gemischtes System zur Anwendung, indem die Winkel der Querspannten ununterbrochen von unten nach oben durchlaufen, die Bodenwrangenplatten aber zwischen die Stützbleche der Längsspannten, die von vorn bis achtern ununterbrochen durchlaufen, eingesetzt sind, während die Winkel der Längsspannten rahmenförmig von Spant zu Spant reichend mit den Platten vernietet eine sehr sichere und gute Verbindung des Trägerystems herstellen.

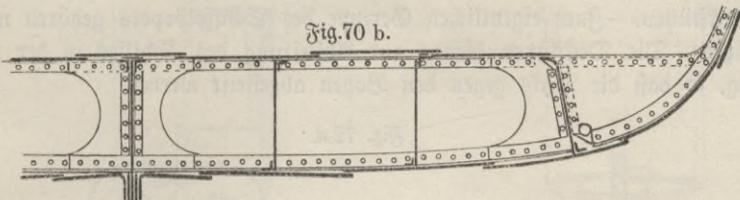
In den beigelegten Skizzen sind die Methoden ohne weitere Erläuterungen erkennbar.

Fig. 70 a.



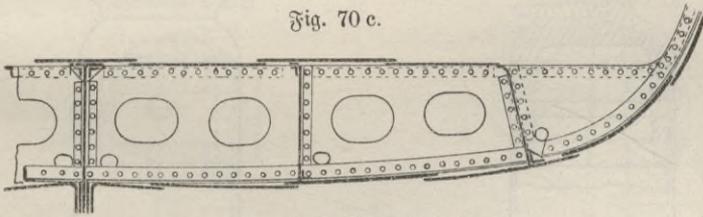
Spant mit Doppelboden. Aufgebauter Doppelboden.

Fig. 70 b.



Spant mit Doppelboden. Längsspanten gehen durch.

Fig. 70 c.

Spant mit Doppelboden.  
Längsspanten gehen durch. Stützplatten von Längs- zu Längspant.

**Decksbalken.** Man unterscheidet eigentliche Decksbalken, die die Decks tragen, und Raumbalken, welche, frei im Schiffsraume angebracht, die Spanten und die Schiffseiten gegenseitig absteifen.

Fig. 71 a.

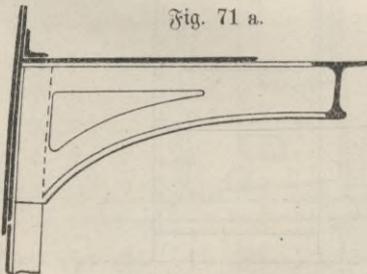
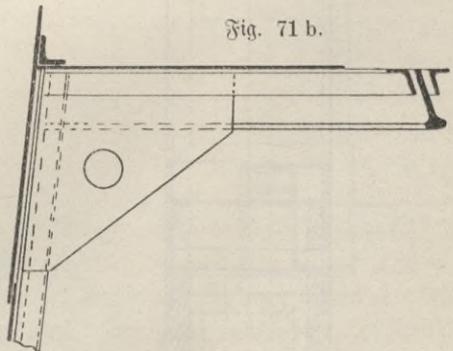


Fig. 71 b.

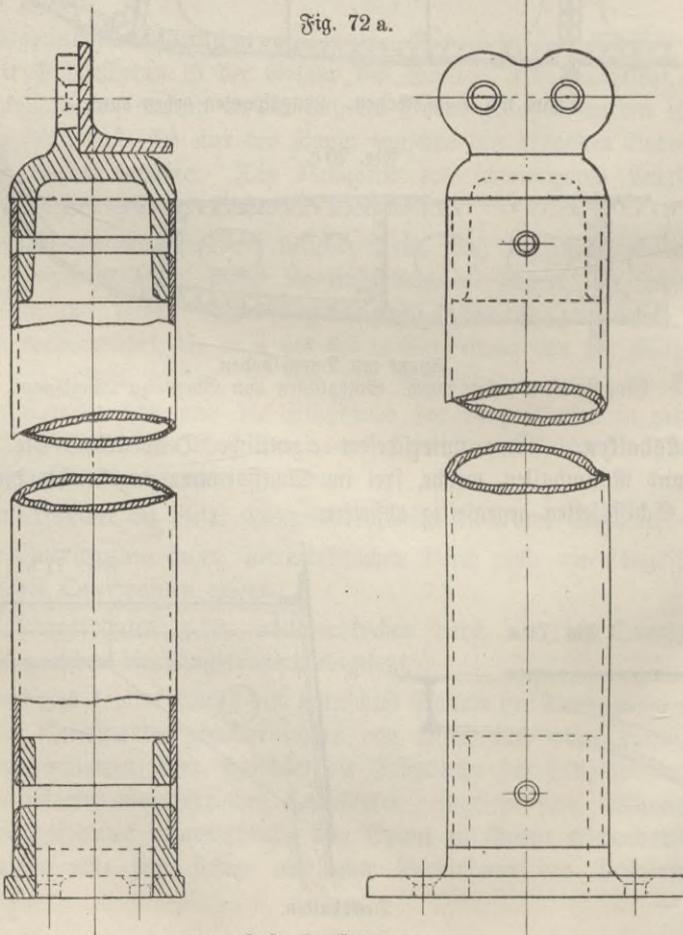


Decksbalken.

Die Decksbalken bestehen aus verschieden geformten eisernen Trägern, die meistens in einer Spantdistanz, d. h. in Abständen von 1 bis 1,2 m voneinander angeordnet sind, die an ihren Enden an den Schiffsseiten mit Stringerplatten und den Spanten verbunden sind. Die Befestigung der Balken an den Schiffsseiten geschieht durch Kniee, welche an die Enden der Decksbalken angebracht werden, wo die Enden des betreffenden Spants mit dem Knie vernietet werden können. Man bildet das Knie durch Anschweißen einer Dreiecksplatte an die Balkenenden. Das Knie ist etwa  $2\frac{1}{2}$ - bis 3mal so hoch wie der Balken.

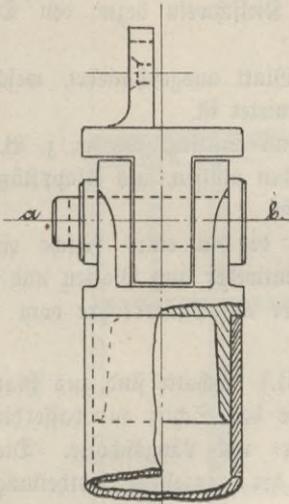
Die Balken erhalten eine kreisförmige Wölbung, um den Wasserablauf nach den Seiten herzustellen. Die Wölbung ist  $\frac{1}{48}$  bis  $\frac{1}{32}$  der Balkenlänge; für größere Schiffe wird das kleinere Verhältniß gewählt.

**Deckstützen.** Zum eigentlichen Gerippe des Schiffskörpers gehören noch die Deckstützen. Die Deckstützen dienen zur Absteifung des Schiffes in der Höhenrichtung, so daß die Decks gegen den Boden abgesteift werden.

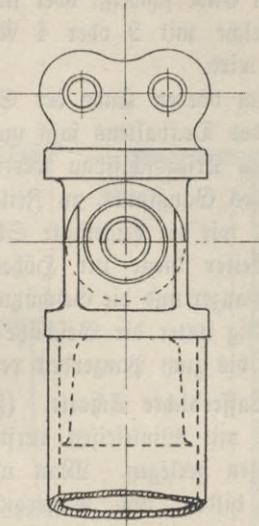


Feste Deckstützen.

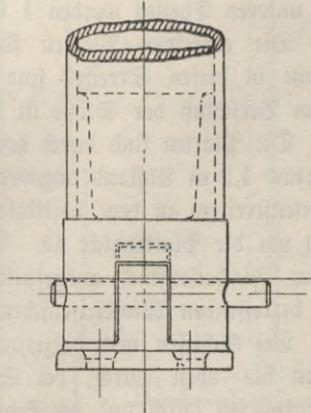
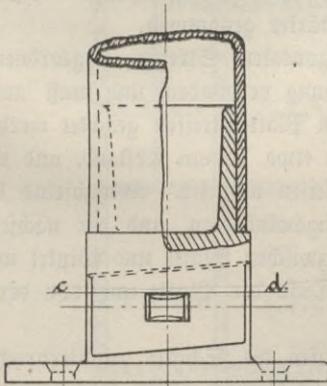
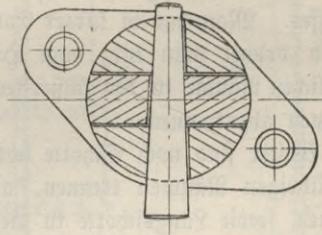
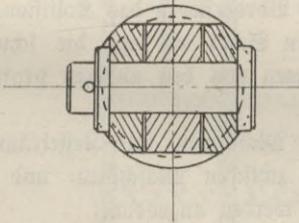
Fig. 72 b.



Schnitt a b.



Schnitt c d.



Klappbare Deckstüben.

Die Deckstützen werden aus hohlen oder vollen Rundeisen hergestellt. Am unteren Ende schweißt oder staucht man eine rechteckige oder quadratische Platte an, welche mit 2 oder 4 Nieten auf dem Kielschwein bezw. den Decks befestigt wird.

Am oberen Ende der Stütze wird ein Blatt ausgeschmiedet, welches eine Seite des Deckbalkens faßt und mit dieser vernietet ist.

Im Kriegsschiffbau werden die Stützen an Stellen, wo sie, z. B. in der Nähe des Gangspills, zu Zeiten entfernt werden müssen, als Klappstützen ausgeführt, wie die beigegefügte Skizze erkennen läßt.

Weiter dient zur Höhenabsteifung noch der in einer Nische eingebaute Gürtelpanzer und die Geschützunterbauten, die entweder aus Platten und Winkeln schottartig unter die Geschütze gebaut sind, oder als Panzerrohre vom Thurmpanzer bis zum Panzerdeck reichen.

**Wasserdichte Schotte.** (Fig. 73 Taf. XIII.) Schotte sind aus Platten hergestellte mit Winkleisen versteifte Wände, die das Schiff in wasserdichte Abtheilungen zerlegen. Man unterscheidet Quer- und Längsschotte. Die Querschotte bilden den wasserdichten Abschluß der einzelnen Abtheilungen des Schiffes.

Die Anordnung der wasserdichten Schotte richtet sich nach der Größe des Schiffes. Man hat in kurzer Entfernung vom Vordersteven das Kollisionschott; 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 nothwendig, die Maschinen- und Kesselräume von den übrigen Räumen trennen, auch Schotte zwischen Maschinen- und Kesselräumen, sowie Längsschotte in diesen Räumen werden angeordnet.

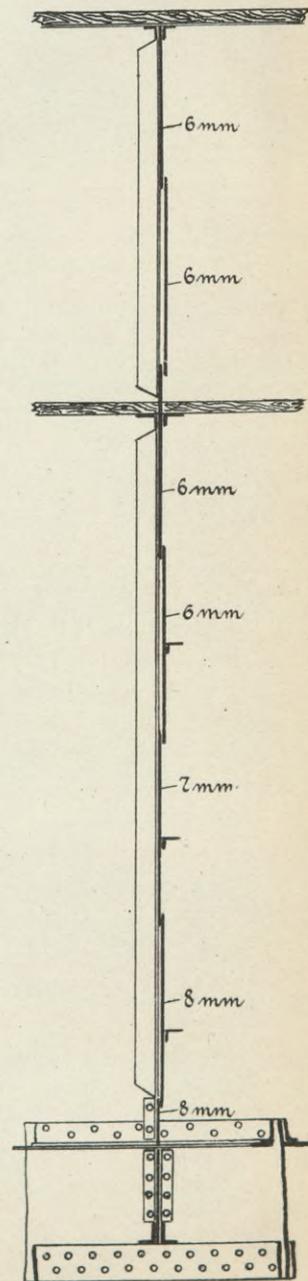
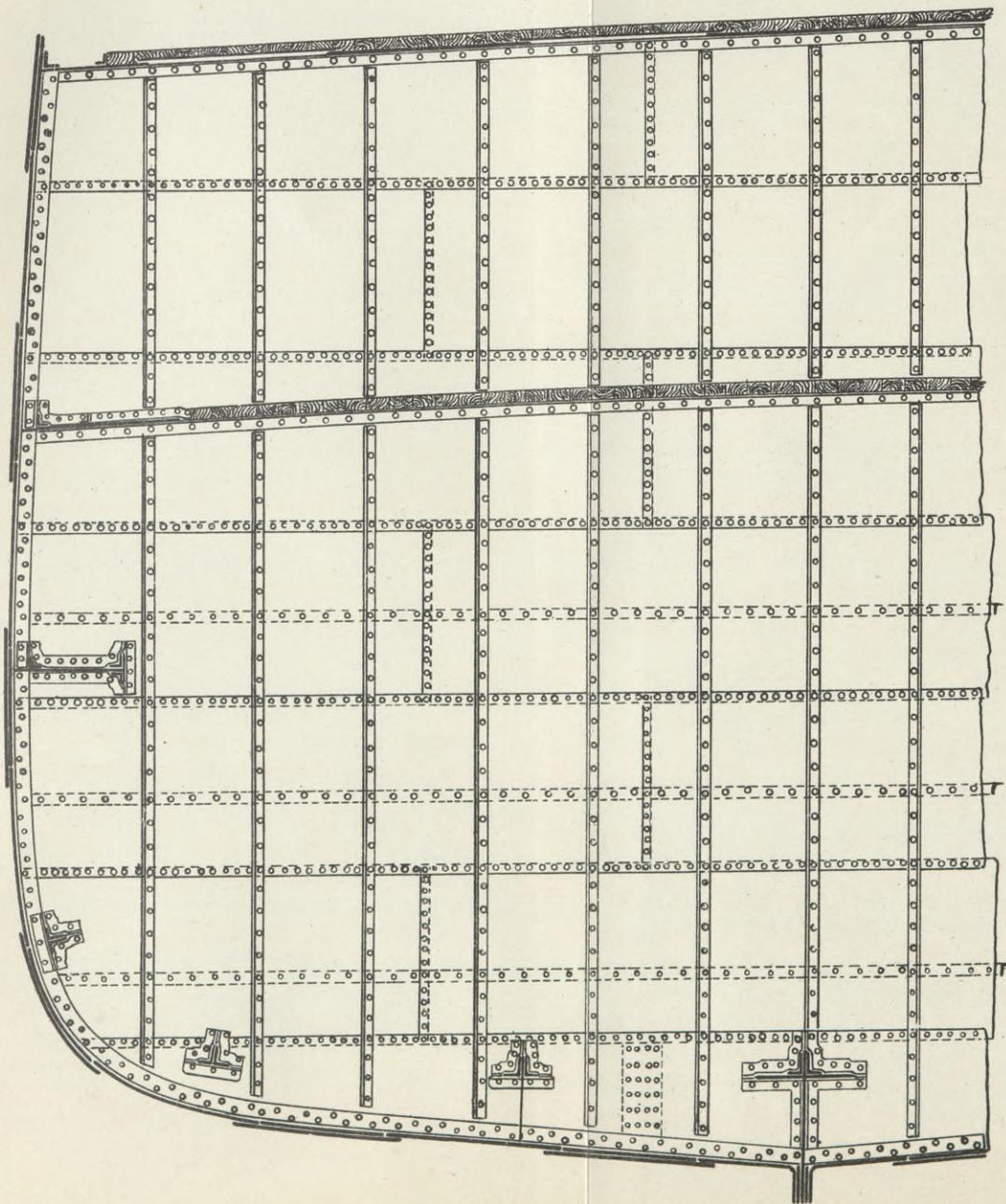
Die Schottplatten werden am Spantwinkel befestigt. Die Dicke der Platten schwankt von 4 bis 10 mm. Die gebräuchlichste Dicke ist 6 mm. Die Platten des unteren Theiles werden 1 bis 3 mm stärker genommen.

Die einzelnen Platten sind in horizontalen Streifen angeordnet. Die Stöße in diesen Streifen sind durch Lashung verbunden, und muß auf einen guten Verschuß der Stöße in den einzelnen Plattenstreifen geachtet werden.

Die Platten sind durch horizontale, in etwa 75 cm Abstand, und vertikale, in etwa 1,2 m Abstand angeordnete Winkleisen versteift. Abwechselnd liegt ein Plattenstreifen an dem vertikalen Versteifungswinkel an, und der nächstfolgende liegt um die Plattendicke ab. Der Raum zwischen Platte und Winkel wird mit einem Flacheisenstück ausgefüllt von der Dicke der Platte und von der Breite des betreffenden Winkleisenschenkels.

Bei Schiffen mit hölzernen Decks laufen die Schotte ununterbrochen von unten bis oben durch, bei Schiffen mit stählernen Decks laufen die Deckbeplattungen durch und die Schotte gehen von Deck zu Deck. Sie sind mit den Decks durch zwei Winkleisen in den Formen der Decksbalken verbunden.

Wasserdichtes Schott.

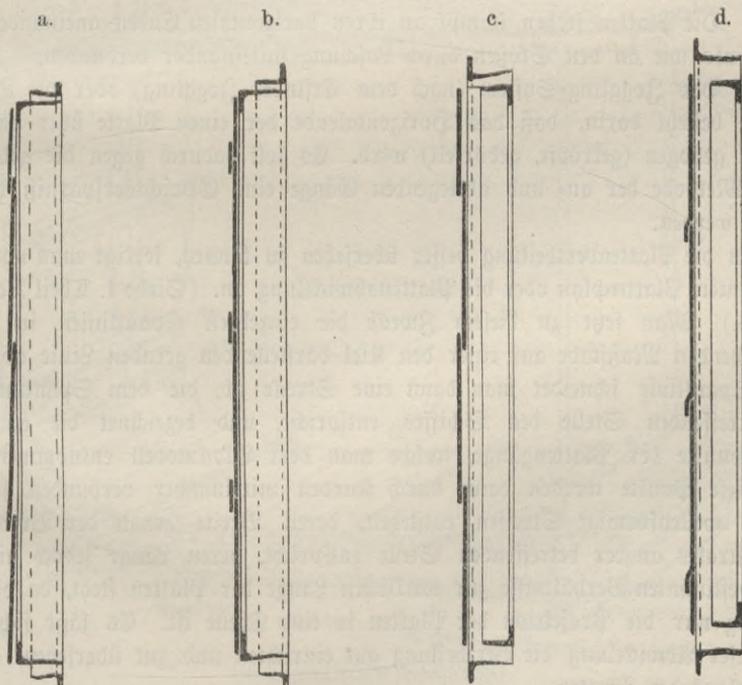




Bei der Anordnung der Schotte ist das Prinzip aufrecht zu erhalten, daß zwei der größten Abtheilungen des Schiffes volllaufen können, ohne daß die Seefähigkeit des Schiffes aufgehoben wird. Dies setzt aber eine vollkommen wasserdichte Konstruktion voraus. Sie wird geprüft durch Volllaufenlassen der einzelnen Abtheilungen während des Baues. Es wird darüber ein Protokoll, das sogenannte Ueberfluthungsprotokoll, aufgenommen, in welchem der Baumeister verantwortlich beglaubigt, daß die Erprobung und wie diese stattgefunden hat, sowie welche Undichtheiten sich herausgestellt haben, wie diese beseitigt worden sind und welche Versteifungen gegen Durchbiegungen der Schotte event. angeordnet worden sind.

**Außenhautbeplattung.** Die Außenhaut des Schiffes besteht aus Platten, welche die Bekleidung der Spanten bilden und unter sich wasserdicht verbunden sind. Zwei benachbarte Platten stoßen mit ihren schmalen Seiten aneinander; sie werden am Stoß, dem vertikalen Plattenrande, durch einen Plattenstreifen von der Höhe der Platten durch Nietung verbunden.

Fig. 74.



Außenhautbeplattung.

Von unten nach oben sind Plattenstreifen angeordnet, die Plattengänge oder Plattenstraße genannt werden. Ueber ihre Anordnung ist schon beim Blockmodell gesprochen worden, welches das Hilfsmittel ist zur Anfertigung einer guten Beplattung.

Die einzelnen Plattengänge überfassen sich gegenseitig in den Nähten, den Enden, an denen sie horizontal aneinander stoßen, und sind miteinander vernietet. Die meisten Plattengänge, die mit den großen Buchstaben, von A beginnend, von unten nach oben bezeichnet werden, laufen vom Vordersteven bis zum Hintersteven durch.

Die einzelnen Platten in den Gängen werden von 1 beginnend numerirt, so daß jede Platte jeder Seite genau bezeichnet werden kann.

Man unterscheidet 4 Arten von Befestigungen der Außenhautplatten:

1. Die alte Klinkermethode, die aus dem Holzschiffbau übernommen ist, bei welcher die Platten dachziegelartig übereinandergelappt und mit den überlappten Enden befestigt sind.

2. Die gebräuchlichste Methode ist die der an- und abliegenden Gänge, 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 und sind ebenso wie an den Stößen durch Lashung miteinander verbunden.

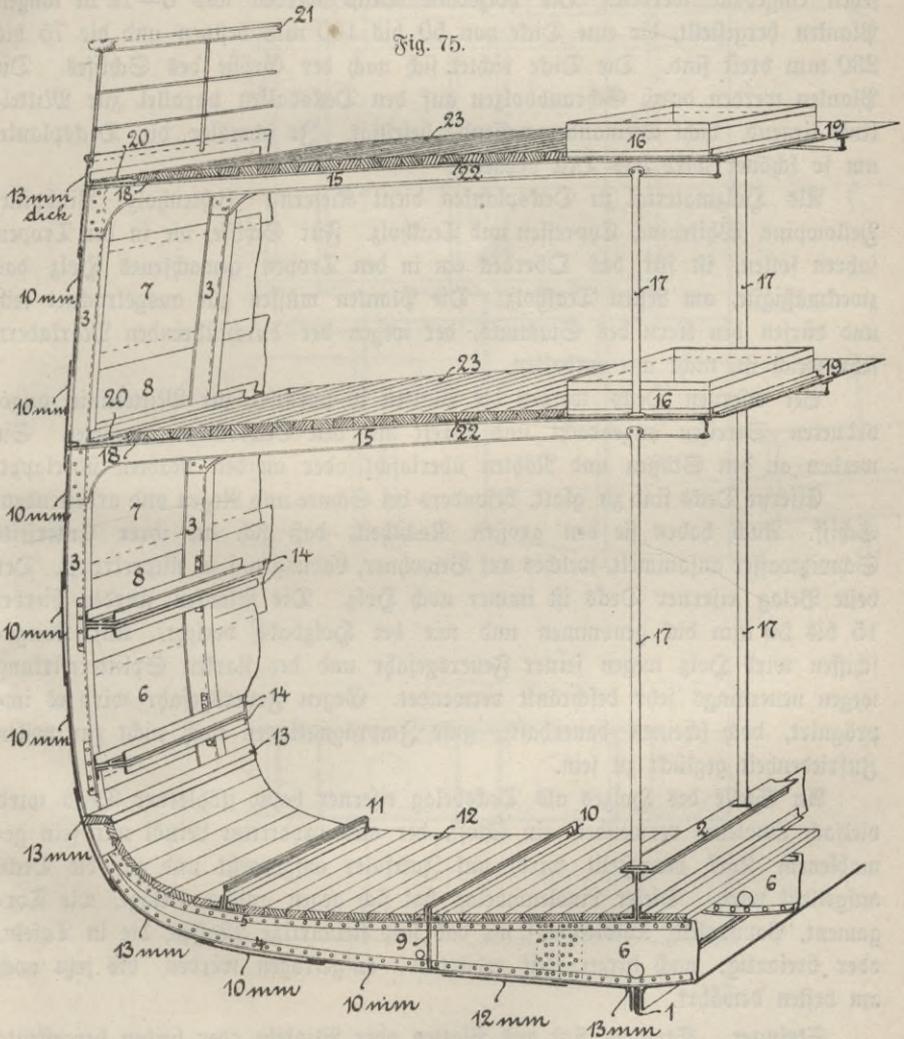
4. Das Joggling-System (nach dem Erfinder Joggling) oder die Börtelmethode besteht darin, daß das Horizontale der einen Platte über das der nächsten gebogen (gekröpft, gebörtelt) wird. Es soll dadurch gegen die gebräuchlichste Methode der an- und abliegenden Gänge eine Gewichtersparniß herbeigeführt werden.

Um die Plattenvertheilung besser übersehen zu können, fertigt man noch den sogenannten Plattenplan oder die Plattenabwicklung an. (Siehe I. Theil Tafel X Fig. 45.) Man setzt zu diesem Zwecke die einzelnen Spantlinien in einem entsprechenden Maßstabe auf einer den Kiel darstellenden geraden Linie ab. Auf jeder Spantlinie schneidet 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 Vertheilung gut einrichten und gut übersehen, ebenso der Verlauf der Platten.

Die Stoßfuge ist zwischen 2 Spanten anzuordnen. Die Stöße bilden stets schwache Stellen, weshalb ihre Vertheilung 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 2 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 Oeffnungen erhalten, stärker genommen, wie die beigeigte Skizze erkennen läßt, aus der auch alle Verbandtheile, ihre Benennung und ihr Platz erkenntlich sind.



Hauptspant eines Eisenschiffes.

- |                       |                        |                    |
|-----------------------|------------------------|--------------------|
| 1 Balkenkiel.         | 9 Längsspant.          | 17 Deckstützen.    |
| 2 Mittelkielsschwein. | 10 Seitenkielsschwein. | 18 Deckstringer.   |
| 3 Spant.              | 11 Rinnstringer.       | 19 Luftringer.     |
| 4 Hauptspantwinkel.   | 12 Wegerung.           | 20 Wasserlauf.     |
| 5 Gegenspantwinkel.   | 13 Rinnweger.          | 21 Keeling.        |
| 6 Bodenwrange.        | 14 Seitenstringer.     | 22 Diagonalbänder. |
| 7 Anliegender Gang.   | 15 Decksbalken.        | 23 Deckbeplantung. |
| 8 Abliegender Gang.   | 16 Luftfülle.          |                    |

**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 Theile trennen. Sie bestehen aus auf den Decksbalken angebrachten hölzernen Beplantungen oder eisernen Beplattungen, die glatt, gerauht oder mit Belag versehen eingebaut werden. Die hölzernen Decks werden aus 6—12 m langen Planken hergestellt, die eine Dicke von 50 bis 100 mm besitzen und die 75 bis 230 mm breit sind. Die Dicke richtet sich nach der Größe des Schiffes. Die Planken werden durch Schraubholzen 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 Nachtheil, daß sich an ihrer Unterseite Schwitzwasser ansammelt, welches auf Bewohner, Ladung u. s. w. niedertropft. Der beste Belag eiserner Decks ist immer noch Holz. Die Planken werden hierbei 15 bis 50 mm dick genommen und wie bei Holzdecks verlegt. Auf Kriegsschiffen wird Holz wegen seiner Feuergefährlichkeit und der starken Splitterwirkung wegen neuerdings sehr beschränkt verwendet. Wegen Feuergefährlichkeit wird es imprägnirt, doch scheinen dauerhafte, gute Imprägnationen noch nicht zur vollen Zufriedenheit geglückt zu sein.

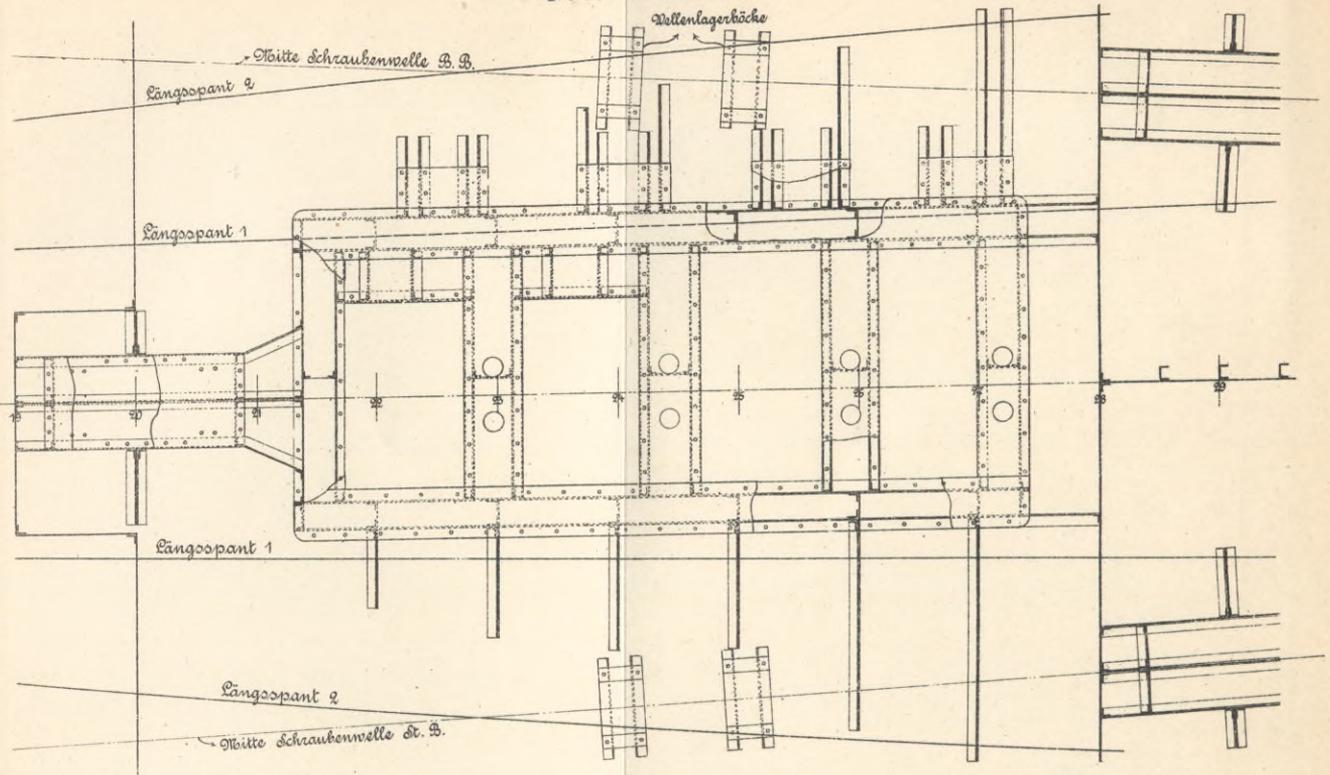
An Stelle des Holzes als Deckselag eiserner bzw. stählerner Decks wird vielfach Kienöl verwendet, ein Stoff, der aus oxydirtem Leinöl mit fein gemahlenem Kork hergestellt wird, auf Jutesfaser aufgepreßt und auf die Decks aufgeklebt wird. Dieser Kienölbelaag hat sich gegen andere Beläge, wie Torgamment, Papyrolith, Kylvolith u. s. w., 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.

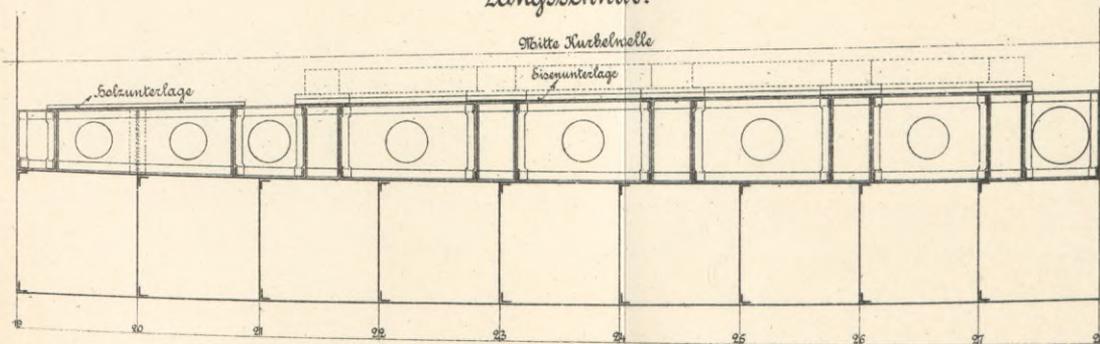
Deckstringer sind Platten, die seitlich über den Decksbalken mit diesen und mit einem längsschiffs laufenden Winkel mit der Außenhaut vernietet werden.

# Maschinen-Fundament.

Oberer Ansicht.

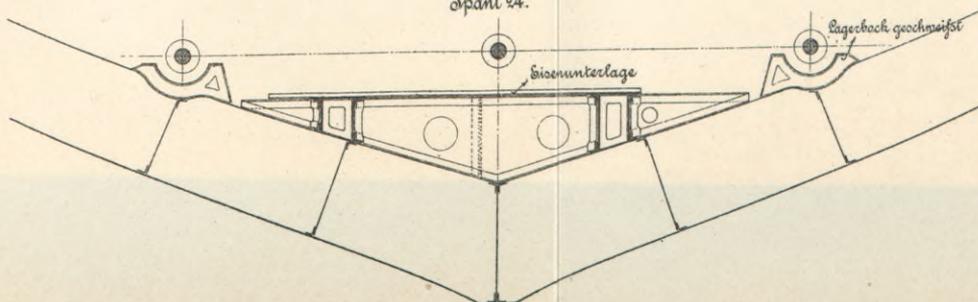


## Längsschnitt.



## Querschnitt.

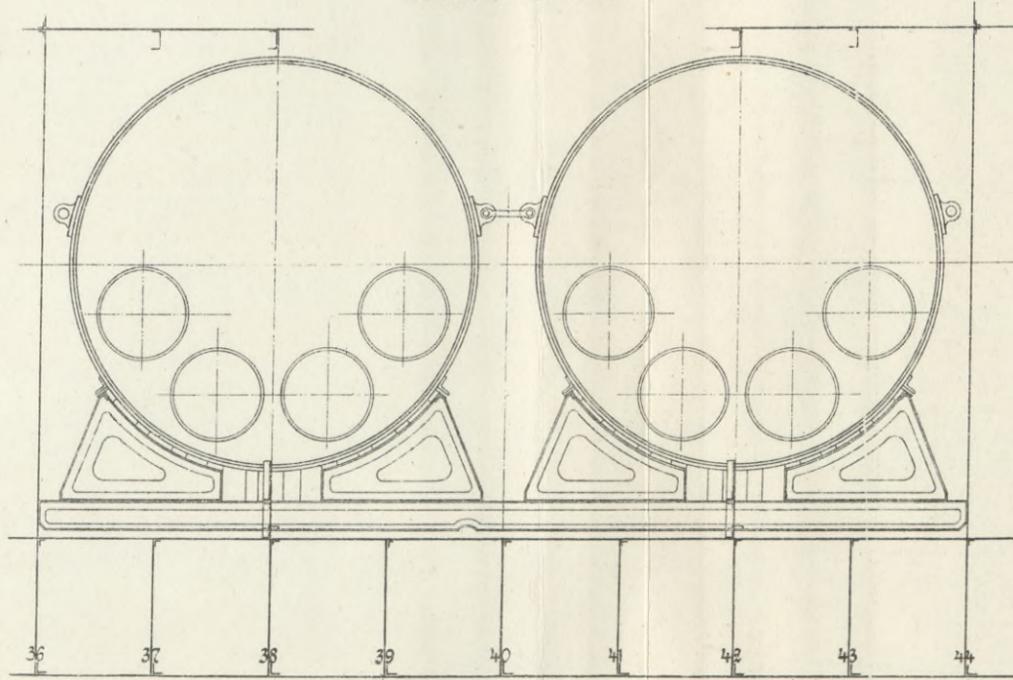
Spant 24.



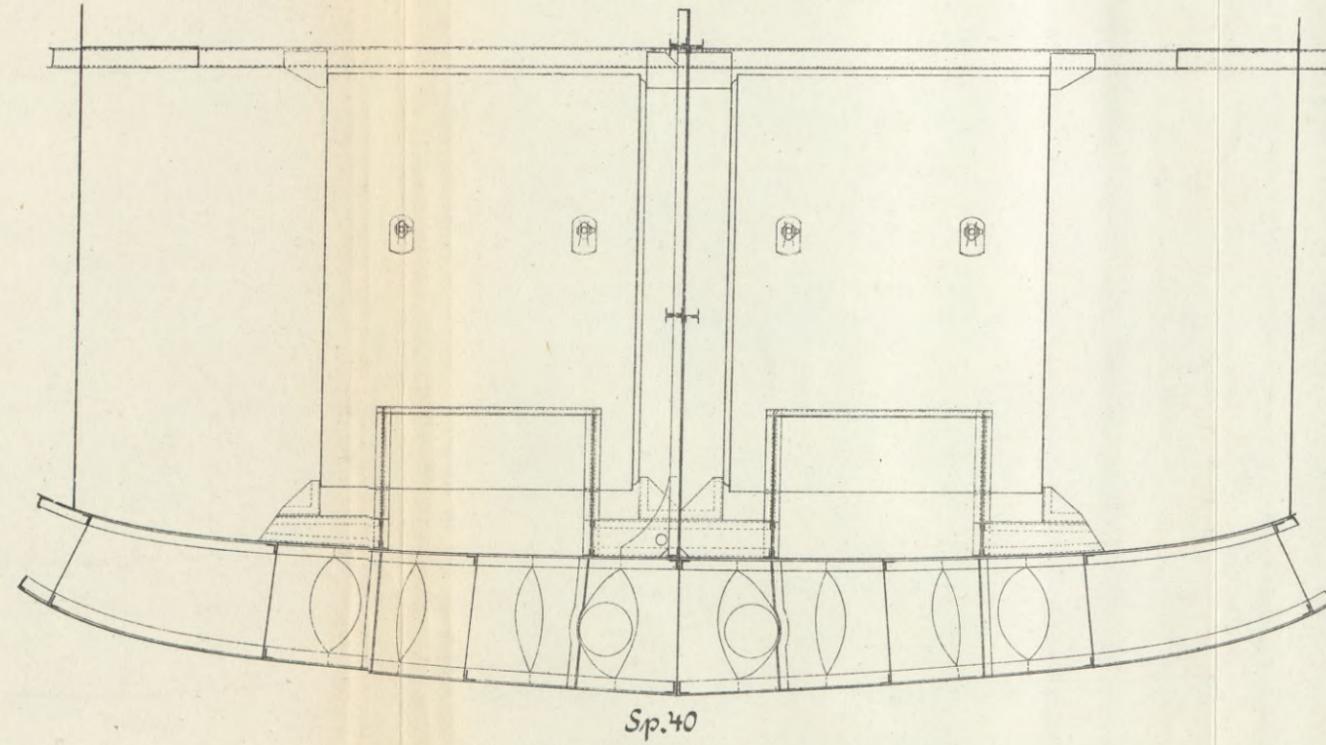


Kesselfundament und Befestigung der Cylinder - Kessel.

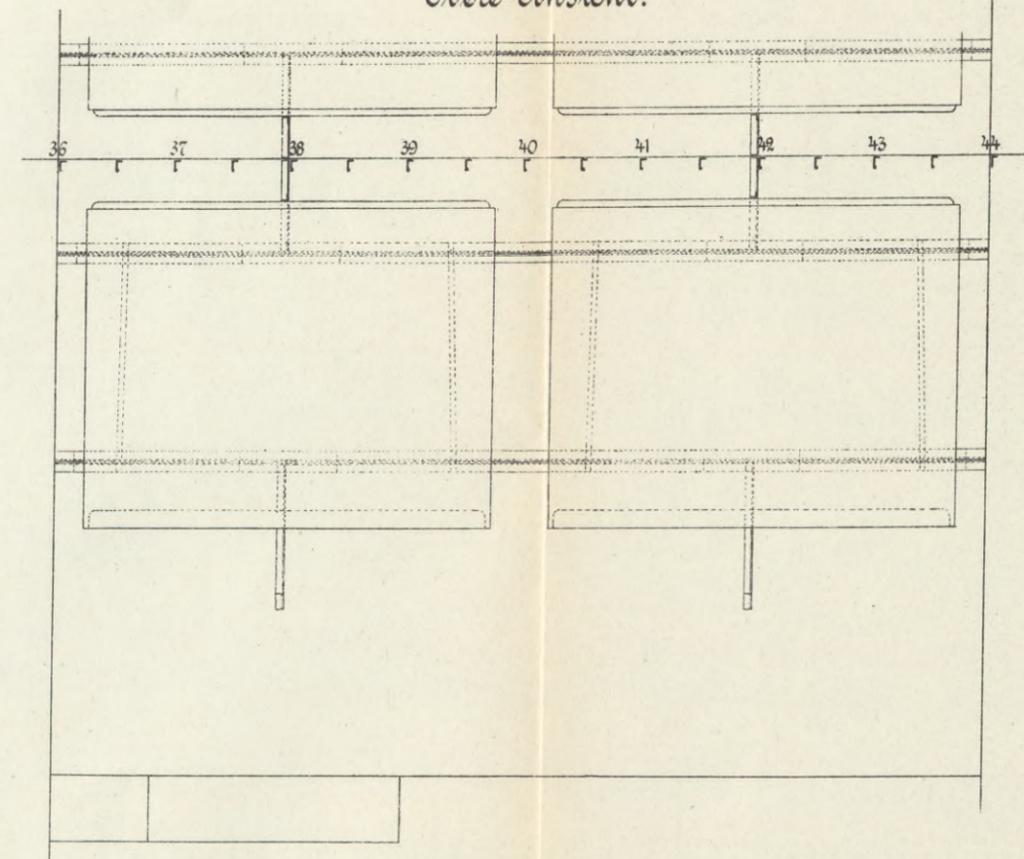
Vordere Ansicht.



Anoicht im Querschnitt.



Obere Ansicht.





Diagonalstringer oder -bänder sind Plattenstreifen, die diagonal über das Schiff von Deckstringer zu Deckstringer reichen.

Alle Oeffnungen im Deck werden mit einer horizontalen und vertikalen Einfassung von Plattenstreifen versehen. Die vertikalen werden Sülle, Scheerstoch oder Lufenkarbe genannt, die horizontalen Lufenstringer. Die Höhe der Sülle beträgt unter Deck etwa 30 cm, an Oberdeck bis 80 cm. Ihr Zweck ist, das Eindringen des Wassers unter Deck zu verhindern.

Ist ein Luf länger als eine Spantdistanz, so müssen die Decksbalken durchschnitten werden, und Längs- und Querverband werden durch eingesezte Schlingen von den Abmessungen der Balken hergestellt.

**Fundamente.** Zum Schiffskörper rechnen noch die Fundamente unter Maschinen und Kessel. Sie bilden den Uebergang 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 Kammlagers die Vorwärtspression 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: Fig. 76 Taf. XIV und Fig. 77 Taf. XV.

**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 bezw. Reparatur der in diesen befindlichen Drucklager zu ermöglichen. Die wasserdichte Umschottung der Tunnel besteht aus Platten, die je nach der Größe des Schiffes 5 bis 10 mm dick sind. Im Innern wird eine Versteifung durch Winkleisen hergestellt, die etwa 75 cm voneinander entfernt sind.

Nach achtern wird der Abschluß des Wellentunnels durch das Stopfbuchsen-schott gebildet. Dies ist eine wasserdichte Wand, durch welche die Welle in einer Stopfbuchse geführt ist, um beim Einschraubenschiff durch das Auge des Schraubensrahmens, bei Zweischraubenschiffen 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.

Nach dem Maschinenraum wird der Wellentunnel meist durch große Schieber abgeschlossen, die durch vertikale Spindeln vom Zwischendeck oder der Batterie aus auf- und niederbewegt werden.

Skizze des Wellentunnels s. umstehend.

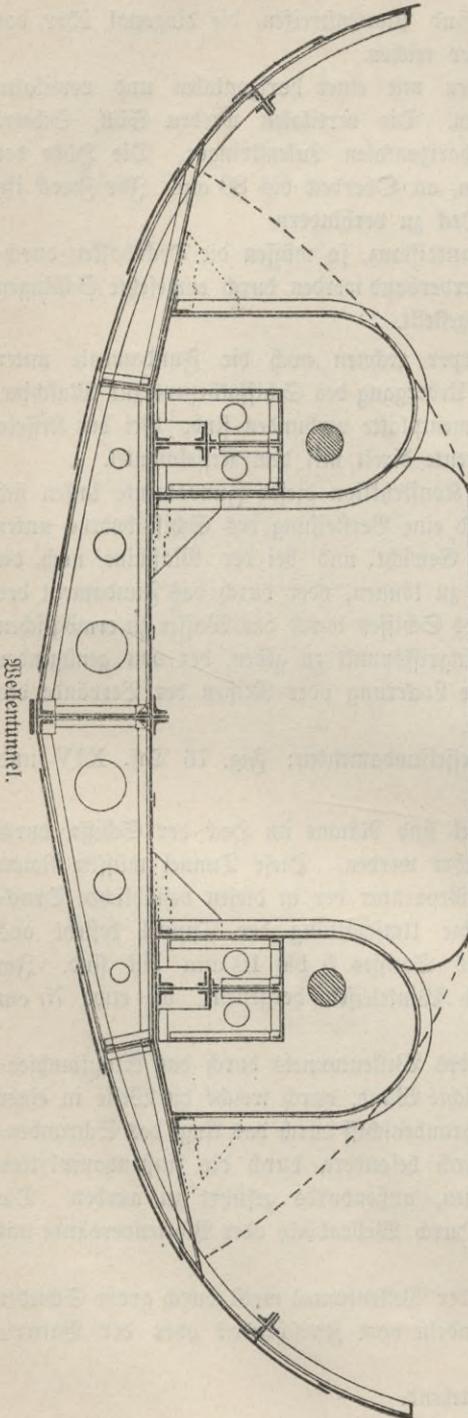


Fig. 78.

**Wasserdichte Verschlüsse.** Lufen, Oeffnungen in Schotten, zu den Doppelbodenzellen u. s. w. werden durch besondere Verschlüsse geschlossen. Die zu den wasserdichten Abtheilungen führenden werden wasserdicht hergestellt. Man kann vertikale Verschlüsse durch die Schotten und horizontale durch die Decks unterscheiden.

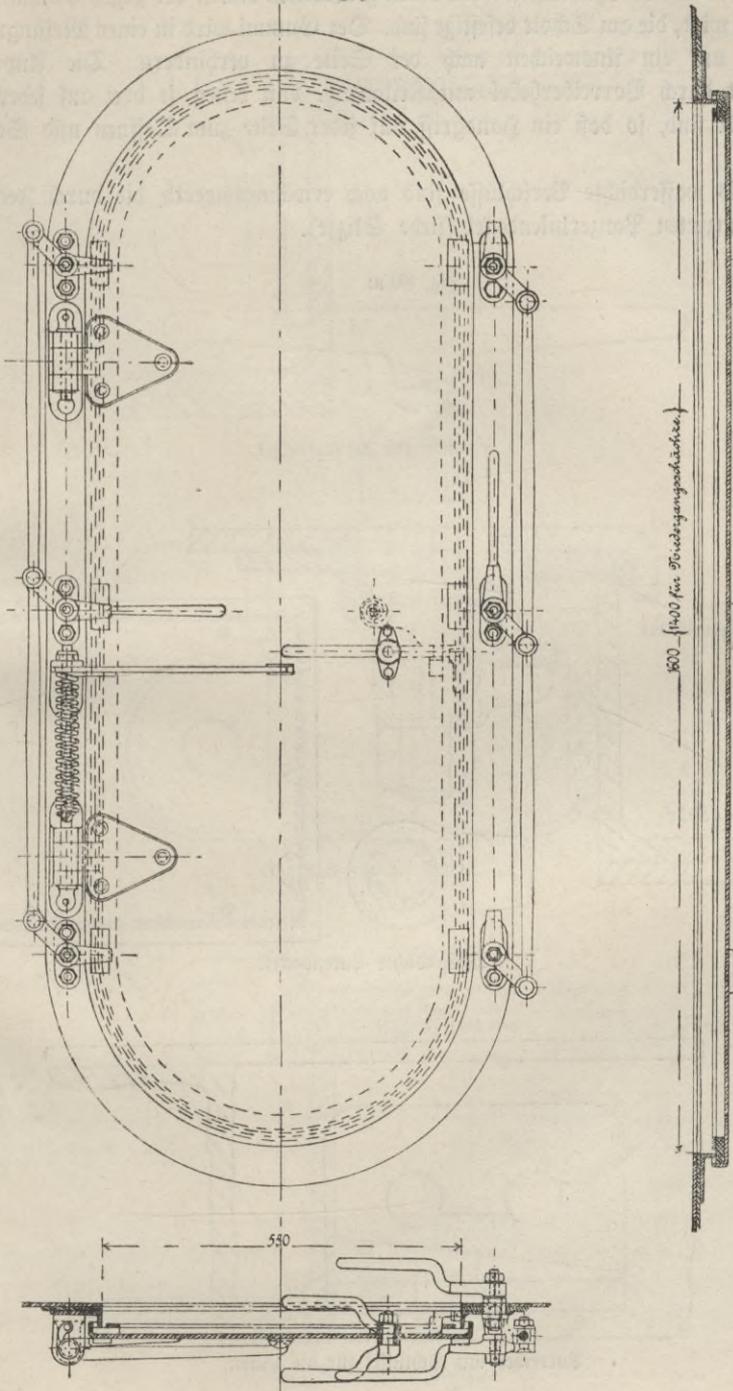
Bei der Anordnung wasserdichter Verschlüsse kann man auf Kriegsschiffen zwei Systeme unterscheiden:

1. Die Decks werden möglichst wenig durchbrochen, und die Zugänglichkeit der wasserdichten Abtheilungen geschieht durch die Schotte. Hier werden neuerdings zwischen zwei Abtheilungen in die Schotte Schleusen eingebaut, deren Enden durch wasserdichte Klappthüren geschlossen werden, die so gekuppelt sind, daß die eine Thür erst geöffnet werden kann, wenn die andere geschlossen ist. (S. Fig. 79.)

2. Die Abtheilungen sind hauptsächlich durch die Decks zugänglich, und Oeffnungen in den Schotten werden möglichst vermieden. Hierbei ist besonders zu beachten, daß die schrägen Theile des Panzerdecks nicht durchbrochen werden.

Die Wasserdichtigkeit wird bei Klappthüren und Lufen durch Gummistreifen erzielt. Der Gummistreifen wird entweder am Rand der Thür befestigt und ein am Schott befestigter Rahmen vom Umfange der Thür dagegen

Fig. 79.

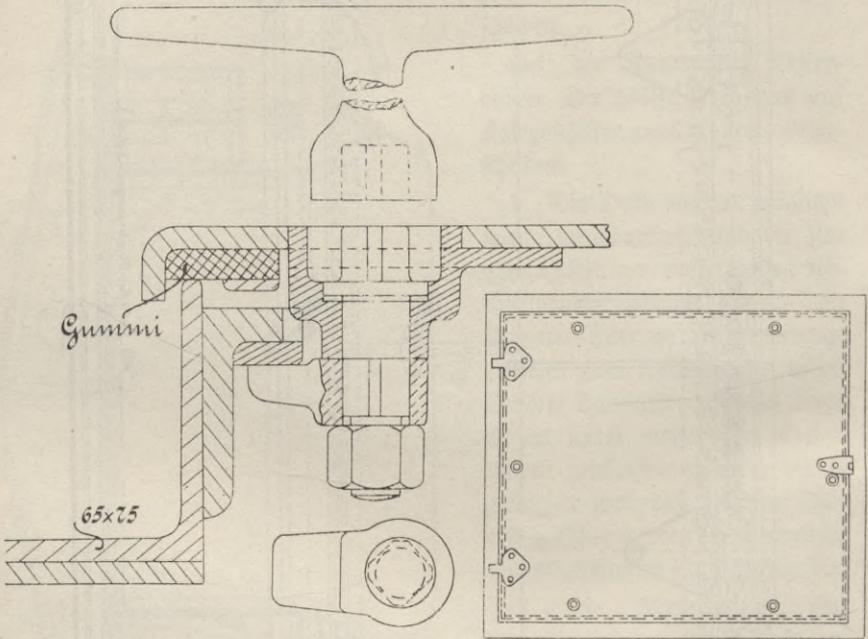


Wasserdichte Klappthür für Schotte.

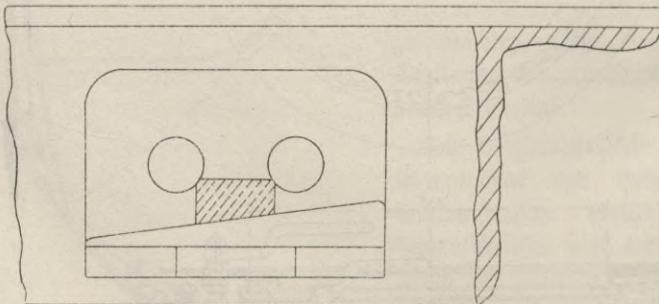
gepreßt, oder der Thürrahmen hat einen gebörtelten Rand, der gegen Gummistreifen gepreßt wird, die am Schott befestigt sind. Der Gummi wird in einen Messingrahmen gelegt, um ein Ausweichen nach der Seite zu verhindern. Die Anpressung geschieht durch Vorreiberhebel mit Keilanzug, von denen je drei auf jeder Seite gekuppelt sind, so daß ein Handgriff auf jeder Seite zum Öffnen und Schließen genügt.

Als wasserdichte Verschlüsse sind noch erwähnenswerth die durch Federkraft ausbalancirten Panzerlufendeckel (siehe Skizze).

Fig. 80 a.

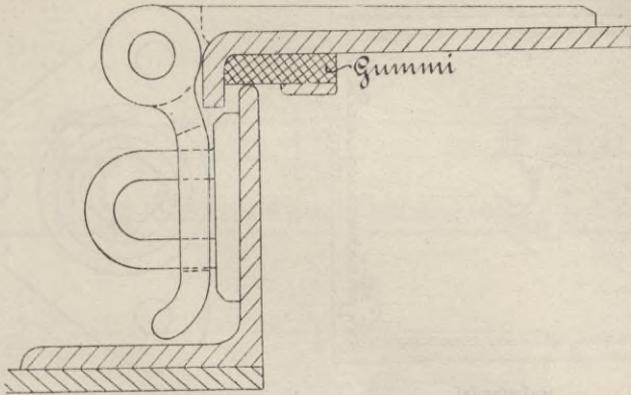


Wasserdichte Lufendeckel.

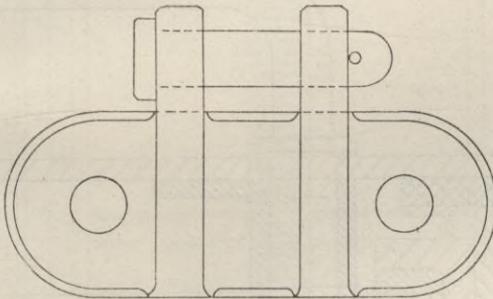


Vorreiber mit Schlüssel für die Lufen.

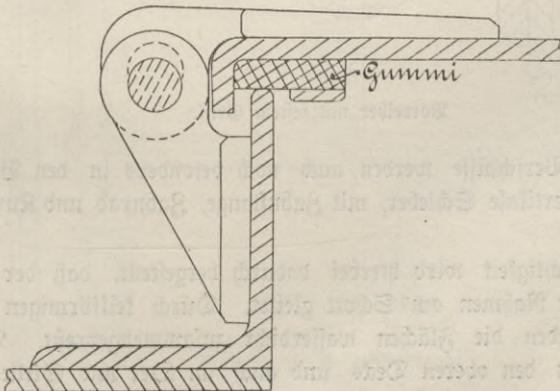
Fig. 80 b.



Ueberfall für die Lufen.

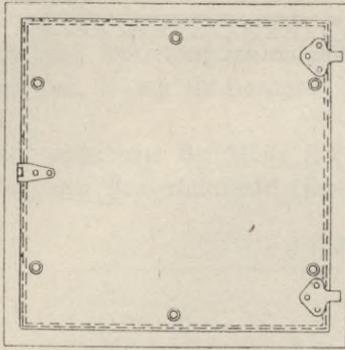


Charnier für die Lufen.

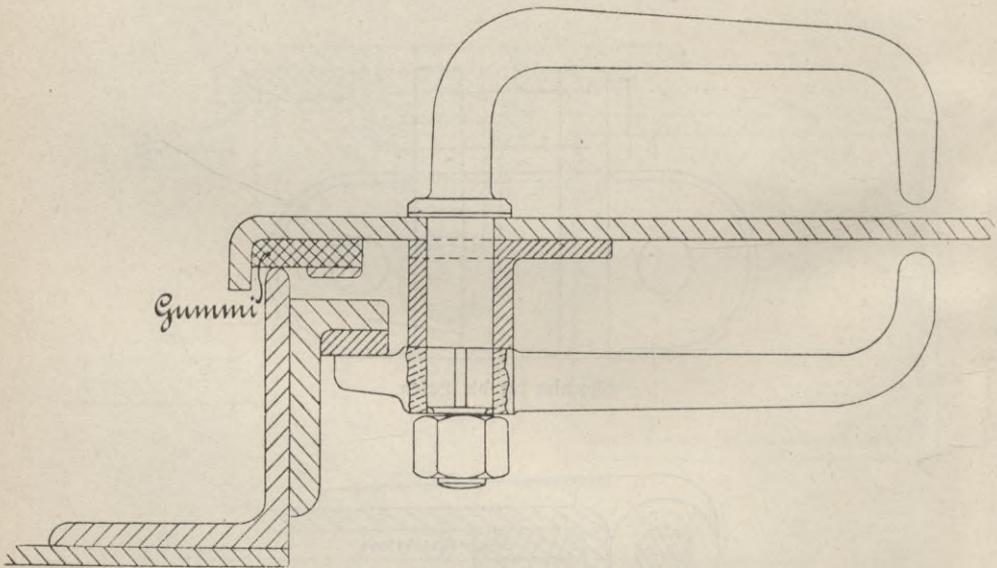
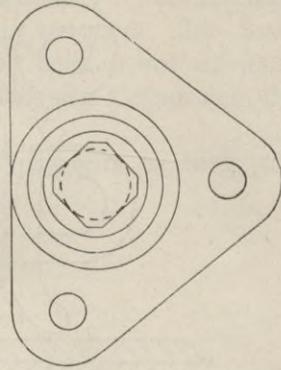


Charnier für die Lufen.

Fig. 80 c.



Lufendeckel.

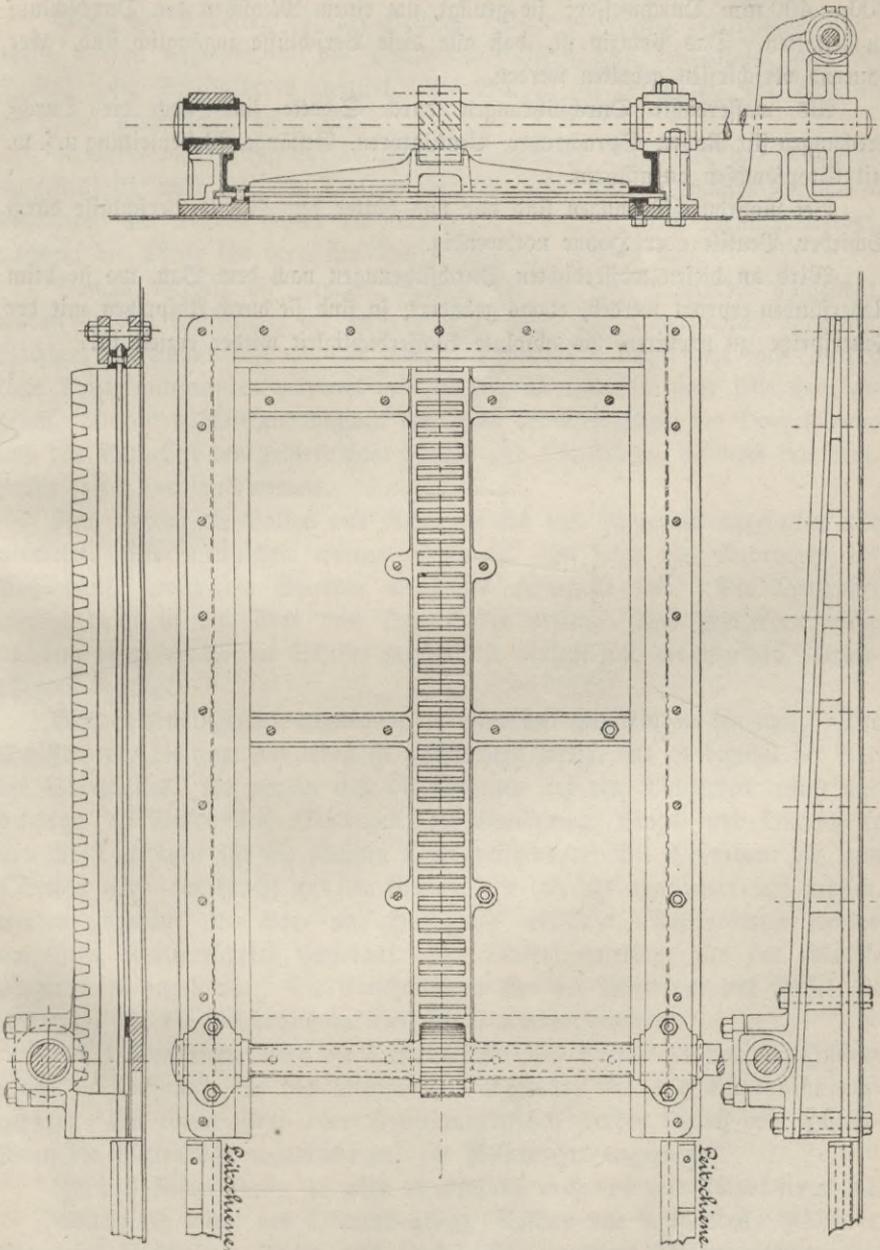


Vorreiber mit festem Griff.

Wasserdichte Verschlüsse werden auch noch besonders in den Bunttern als horizontale oder vertikale Schieber, mit Zahnstange, Zahnrad und Kurbel schließbar, angeordnet.

Die Wasserdichtigkeit wird hierbei dadurch hergestellt, daß der geschliffene Thürtrand in einen Rahmen am Schott gleitet. Durch keilförmigen Anzug der Schließflächen werden die Flächen wasserdicht zusammengepreßt. Diese Verschlüsse können von den oberen Decks und auch an Ort und Stelle geschlossen werden.

Fig. 81.



Wasserdichte Kohlenbunkerthür.

Räume, die nicht dauernd zugänglich sind, werden von den kleinsten Verschlüssen, den sogenannten Mannlöchern, verschlossen. Die kleinste Form hat  $300 \times 400$  mm Durchmesser; sie genügt, um einem Menschen den Durchschlupf zu gestatten. Das Prinzip ist, daß alle diese Verschlüsse zugänglich sind, aber dauernd verschlossen gehalten werden.

Als wasserdichte Durchführungen durch Schotte sind noch die Durchbrechungen für Rohre, Sprachrohre, Ventilatoren, Gestänge, Wellenleitung u. s. w. mit Stopfbuchsen anzuführen.

Bei Rohrdurchführungen sind vor und hinter dem Schott Verschlüsse durch Schieber, Ventile oder Hähne nothwendig.

Wird an diesen wasserdichten Durchführungen nach dem Bau, wo sie beim Ueberfluthen erprobt werden, etwas geändert, so sind sie durch Abspritzen mit der Feuerspritze zu probiren, bis absolute Wasserdichtigkeit wieder erzielt ist.

#### d. Der Bau der Schiffe.

**Gang der Arbeiten auf der Helling.** Diese vorstehend beschriebenen Bautheile werden ungefähr in der nachstehend beschriebenen Reihenfolge auf der Helling zum Schiffskörper montirt. Als Beispiel ist der Gang der Arbeiten an einem Panzerschiff geschildert.

Nachdem die Helling vorbereitet, die Stapelböcke 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 Theile 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 Theile 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 Platten-schichten 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, die bis jetzt angeliefert sein müssen, werden eingebaut und Vor- und Hinterschiff vollendet. Kofferdämme werden aufgestellt, Kammerschotte eingebaut. Die Teakholzhinterlage für den Gürtelpanzer wird angebracht. Die Umschottungen für die Maschinen und Kessel, die Unterzüge für die Geschützstände, Luftschächte werden begonnen.

Im Vorderstegen wird die Oeffnung für das Rancierrohr und im Hinterstegen die Oeffnung für das Stevenrohr ausgebohrt und das Stevenrohr eingezogen. Bei einem Zwei- oder Dreischraubenschiff werden seitlich vom Hinterstegen die Wellenböcke angebracht und die Wellenrohre eingezogen.

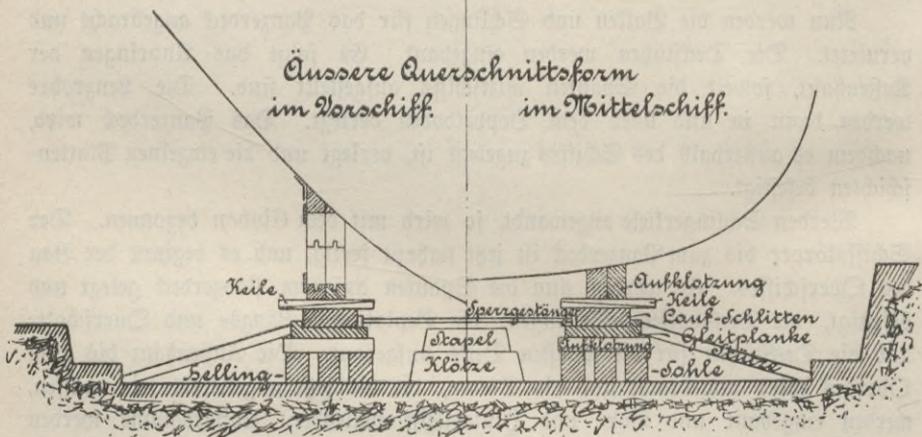
Ist das Ruder fertig, so wird es ebenfalls noch vor dem Ablauf eingebaut.

Gleichzeitig wird das Oberdeck gelegt, Aufbau und Aufbaudecks gefördert, Bug- und Heckklüsen, Seiten- und Decksfenster eingebaut, Geländerstützen aufgestellt und Maschinen- und Kesselfundamente sowie Wellen, Wellenlager und Wellen 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 nöthig. 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 Queraulauf, der in engem Wasser zur Anwendung kommt. Die Ablaufvorrichtungen bestehen hauptsächlich in zwei parallel zur

Fig. 82.



Mittschiffslinie laufenden Gleitbahnen, von welchen der obere Theil mit dem Schiffskörper verbunden wird, während der untere fest auf der Hellingsohle 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 Laufvorrichtung weder die Laufsclitten noch die Gleitplanken aus einem Stück hergestellt werden können, sind die Schlitten an ihren Enden durch Hanstaue 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 Theil 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 Aufklozung und eine schwächere oder stärkere Verbindung dieser Holztheile. Die Abbildung veranschaulicht zwei Querschnittsformen des Schiffes und der Gleitbahnen.

Der Druck auf die Abflussfläche der Gleitbahnen darf 2 bis 4 kg pro qcm nicht überschreiten.

Die mittlere Ablaufsgeschwindigkeit beträgt 4 bis 5 m in der Sekunde. Bei den Abläufen werden Rechnungen für den Ablauf angestellt, die durch Versuche beim Ablauf kontrollirt 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 Stapellöcher, auf welchen der Schiffskörper ruht, nacheinander entfernt und damit die Gleitbahn mit dem Gesamtgewicht des Schiffes belastet. Um die Entfernung der Stapellöcher erreichen zu können, sind in der ganzen Länge der Gleitbahn zwischen den Laufschlitten und der Aufklozung Keile eingefügt, welche, sobald der Zeitpunkt des Ablaufs gekommen ist, durch eine Reihe von Zimmerern, die auf beide Schiffseiten vertheilt sind, angetrieben werden. Das Schiff wird auf diese Weise in seiner ganzen Länge gleichmäßig angelüftet. Die obersten Stapellöcher werden alsbald frei und können mit leichter Mühe entfernt werden. Nur eine Anzahl unter dem Vorschiff befindlicher wird durch mit feinem trockenen Sand angefüllte Säcke ersetzt, und diese entlasten die Haltevorrichtung. Die aus festem und sehr haltbarem Segeltuch hergestellten Säcke werden hart unter das Vorschiff eingekieilt. An beiden Seiten dieser Sandpallung sind Zimmerleute mit scharfgeschliffenen Äxten aufgestellt, welche, sobald das Schiff laufen soll, die Säcke durchschneiden. Der fest eingepresste Sand spritzt auf den ersten Anstich aus der Oeffnung hervor, die Aufkeilspannung ist unterbrochen und dem Schiff der erste Ruck zu seiner Fortbewegung gegeben.

Als Reserveantrieb sind, falls das Schiff keine Bewegung verräth, ein Wasserdruckcylinder, eine Art hydraulischer Presse, und Schraubenwinden angebracht.

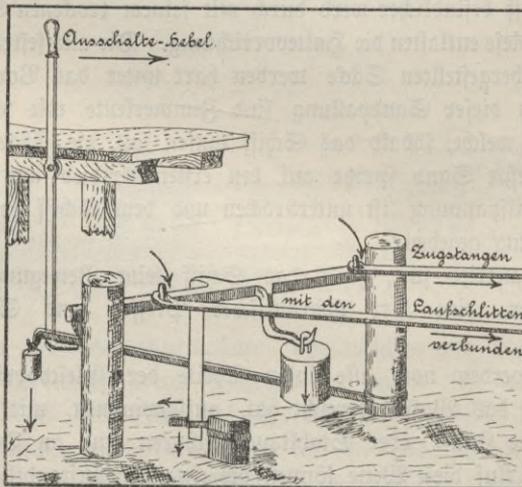
Schließlich werden noch alle losen Theile der Gleitvorrichtung, welche, sobald das Schiff das Wasser erreicht hat, aufschwimmen, mit Augbolzen versehen, durch welche Hanf- oder Stahltaue geschoren und an Deck des Schiffes befestigt werden. Auf diese Weise können die einzelnen Bestandtheile der Ablaufvorrichtung leicht geborgen 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 Theile der Ablaufvorrichtung sind sorgfältig mit Segeltuch oder dünnen Brettern abgedeckt, damit die Gleitbahn sauber erhalten bleibt.

Nachdem das Hellingponton entfernt, wird der ins Wasser hineinreichende Theil der Sohle 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 Lauffschlitten und Gleitplanke an verschiedenen Stellen mit Augbolzen versehen sind, welche mit dünnen Tauen verbunden werden. Im gegebenen Augenblick werden diese Tawe durchhauen, und das Schiff, seiner Fesselung ledig, beginnt seinen Lauf. Größere Schiffe werden mit einer vollkommeneren Hemm-  
vorrichtung versehen, die entweder seitlich oder am Bug des Schiffes angebracht wird.

Die seitlich vom Schiffskörper zur Anwendung kommende Hebelstopp-  
vorrichtung ist sehr einfacher Art. Ein starker, vierkantiger bearbeiteter Baum wird hier an seinem kürzeren Hebelarm zwischen einem am Lauffschlitten 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 Vor-  
richtung in Spannung gekommen. Sobald erforderlich, wird das Hanftau durch einen Arthieb gekappt, der Hebelarm wird fortgeschwungelt und der Lauffschlitten von seiner Hemmung befreit.

Fig. 83.



Haltevorrichtung für den Ablauf.

Die zweite Art von Hemmung ist die folgende: An zwei starken Holz-  
pollern, 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 Lauffschlitten 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 Ausrücken des Ausschaltehebels verursacht die Auslösung des ganzen Apparates und das Freiwerden des Schiffes.

Das Zuwasserlassen des Schiffes geschieht mit besonderer Feierlichkeit. Das Schiff erhält einen Namen und wird mit Champagner durch Zerschellen einer Flasche am Bug des Schiffes getauft. Nach dem Ablauf wird das Schiff in ein Trockendock verholt, um von den noch festsetzenden Stapellauftheilen befreit zu werden, falls nicht vorher diese Abnahme durch Taucher schon geschehen ist.

**Taucherapparat.** Mit Taucheranzug kann bis 30 m Wassertiefe getaucht werden. Bei größeren Tiefen reichen die Pumpen nicht aus. Auch das Tauchen auf 30 m erfordert schon einen sehr geübten Mann. Das Tauchen bis zu 15 m Tiefe wird einem kräftigen Menschen nicht leicht Beschwerden machen. Soll Jemand nach Aussagen eines Tauchers z. B. bei Havarien Entscheidungen treffen, so ist es zweckmäßig, die Aussage des einen Tauchers durch einen zweiten kontrolliren zu lassen.

Der Taucherapparat besteht aus:

der Luftpumpe, den Luftzuführungsschläuchen, dem Manometer, dem Tornister (Regulator), dem Athmungsschlauche, dem Helm, dem Anzug, den Gewichten, der Signal- oder Sicherheitsleine und dem Gürtel mit dem Messer. Zu jedem Anzuge gehören noch Reservezubehörstücke.

Die Luftpumpe hat den Zweck, Luft von demjenigen Druck zu erzeugen, welchen der Taucher für die verschiedenen Wassertiefen bedarf.

Die Luftzuführungsschläuche dienen dazu, dem Taucher durch die Pumpe komprimierte Luft zuzuführen; dieselben sind aus Kautschuk gefertigt, innen durch eine Drahtspirale verstärkt und außen durch Drillichzeugbekleidung gegen Beschädigung geschützt. Ihre Haltbarkeit wird von der Fabrik durch eine Druckprobe auf 20 Atmosphären geprüft. Der Zeiger des Manometers giebt den Druck der Luft an, welche der Taucher athmet. Der Gang der Luftpumpe, die von einer Anzahl Leute bedient wird,

Fig. 84.



Taucherapparat.

muß jedoch so geregelt werden, daß das Manometer etwa  $\frac{1}{3}$  Atmosphären mehr anzeigt, als die Wassertiefe an und für sich erfordert.

Der Tornister (Regulator) hat den Zweck, die von der Pumpe komprimirte Luft aufzunehmen, zu reinigen und den Luftzutritt zu den Athmungswerkzeugen des Tauchers zu regeln, ohne daß derselbe durch die Stöße der Pumpe belästigt wird.

Der Athmungsschlauch vermittelt die Verbindung zwischen dem Munde des Tauchers und dem Tornister. Das innere Ende endet in einem Mundstück, an welchem sich zwei zum Festhalten mit den Zähnen bestimmte Ansätze befinden.

Der Helm ist aus getriebenem Kupfer hergestellt und mit drei Fenstern versehen, wovon das vordere Fenster zum Ein- und Ausschrauben eingerichtet ist. Er besteht aus dem Kopfstück und dem Achselstück; das Kopfstück wird mit dem Achselstück durch Schrauben verbunden und hat eine solche Weite, daß der Taucher seinen Kopf bequem darin drehen kann.

Der Anzug ist aus einem Stück, aus einer doppelten Lage Baumwollstoff gefertigt, welcher mit flüssigem Gummi getränkt ist. Zwischen der Zeugdoppelung befindet sich eine Gummilage. Der Halstheil des Anzuges, durch welchen der Taucher in denselben hineinsteigt, ist ein stark elastischer Kautschukfragen, der zwischen Kopfstück und Achselstück mittelst Schrauben gepreßt, einen wasserdichten Verschuß abgiebt. An den Handgelenken wird der wasserdichte Abschluß durch Manschetten aus Kautschuk und Gummibändern hergestellt.

Die Gewichte haben den Zweck, den Taucher so zu beschweren, daß derselbe in senkrechter Stellung untersinkt. An Gewichten gehören zu jedem Apparate die Schuhe, das Brustblei und das Rückenblei.

Die Signalleine (Sicherheitsleine) dient zum Verkehr zwischen dem Taucher und der Oberfläche und bei Unglücksfällen als Rettungsleine.

Der Gürtel, der den Anzug zusammenhält, enthält ein Messer, welches zur Sicherheit und zu Arbeiten unter Wasser dient.

Der Apparat ermöglicht bei geübten Tauchern ein stundenlanges Arbeiten auf dem Meeresgrund oder am Boden eines havarirten Fahrzeuges, doch ist das Arbeiten sehr schwierig, oft unmöglich, weil das Sehen unter Wasser sehr verringert ist, auch die menschliche Kraft sehr abgeschwächt zur Bethätigung auf das Arbeitsstück kommt.

Taucherarbeiten haben neuerdings trotzdem an Bedeutung gewonnen, weshalb hier eine Taucherinstruktion folgt:

**Instruktion für Taucher.** Vor dem Gebrauch der Pumpe muß sich der Taucher überzeugen, ob die Ledermanschetten der Pumpenkolben und der Saugeventile luftdicht schließen. Ist die Pumpe in Ordnung, so werden die Luftzuführungsschläuche und das Manometer angeschraubt. Durch Zuhalten des äußeren Endes des Luftzuführungsschlauches bei gleichzeitigem Pumpen überzeugt sich der Taucher davon, ob die Leitung luftdicht ist, ob das Manometer richtig arbeitet und genügend empfindlich ist. Sind die Schläuche nicht dicht, so wird

sich die undichte Stelle bei genauer Untersuchung schnell herausstellen. Funktionirt das Manometer nicht gut, so ist es zu repariren oder umzutauschen. Hierauf hat sich der Taucher davon zu überzeugen, daß im Tornister nicht Wasser oder sonstige fremde Gegenstände vorhanden sind. Das Luftvertheilungsventil ist in allen seinen Theilen trocken abzuwischen, beim Einschrauben desselben in das Reservoir ist darauf zu achten, daß Ventilkörper und Führungsbuchse des Schaftes gehörig durch Dichtungsscheiben abgedichtet sind.

Nunmehr wird die Kautschukklappe mit dem Schaft durch Dichtungsringe und Muttern verbunden, mit dem unteren Ende über die Luftkammer gestreift und mit dem messingenen Ziehbande luftdicht abgeschlossen. Indem man durch das Athmungsrohr athmet, verschafft man sich Gewißheit davon, daß die Kautschukklappe die Luftkammer hermetisch verschließt, und zieht das Ziehband schärfer an, wenn das nicht der Fall sein sollte. Es muß ferner geprüft werden, ob sich, der Schaft beim Athmen leicht und hörbar auf und nieder bewegt, jeder leichte Athemzug muß eine entsprechende Bewegung der Kautschukklappe bewirken. Das Ausathmungsventil wird über den dafür bestimmten Stutzen gestreift, soweit es auf diesem sitzt, und festgebunden. Auch dieses Ventil muß untersucht und dabei festgestellt werden, ob etwa ein Zusammenkleben des Kautschuks die Ausathmung erschwert. Hierauf befestigt man das Schutzblech an der Luftkammer.

Der Helm ist besonders auf die Haltbarkeit der Kohransäze zu untersuchen; ferner ist zu prüfen, ob der Luftausströmungshahn weder zu leicht noch zu schwer funktionirt und ob die Bohrung des Hahnkegels frei ist.

Das Ankleiden des Tauchers findet in folgender Weise statt:

Er zieht das wollene Unterzeug an und steigt durch die Halsöffnung in den Kautschukanzug bei hochgehobenen Armen; zwei Leute der Bedienungsmannschaft fassen tief in den Kautschuktragen, jedoch so, daß sie mit den Fingernägeln nicht den Kautschuk beschädigen, und ziehen den Anzug hoch, bis der Taucher die Arme in die Armlöcher bringen kann. Dann werden ihm die Schuhe angezogen und festgeschnallt. Dem Taucher wird nun das Schulterrißsen auf die Schultern innerhalb des Anzuges gelegt und alsdann das Achselstück über den Anzug aufgesetzt. Der Kautschuktragen des Anzuges wird durch die Oeffnung des Achselstückes geholt und mit seinen drei Löchern über die Befestigungsschrauben gestreift. Aus dem Kopfstück des Helms wird das vordere Fenster ausgeschraubt, dann wird ersteres auf das Halsstück über dem Kopfe des Tauchers so gesetzt, daß die Löcher des unteren Randes über die Schrauben des Achselstückes gestreift werden. Durch Anziehen der Muttern wird nun der Kragen zwischen Kopf und Achselstück des Helms eingepreßt und so ein hermetischer Verschluss zwischen Helm und Anzug hergestellt. Dem so bekleideten Taucher wird der Tornister, welcher mit der an demselben befindlichen Kette an den am Achselstück sitzenden Haken gehängt wird, auf den Rücken geschnallt; die Luftkammer desselben wird mit dem Helm durch den äußeren Athmungsschlauch verbunden, wobei die Muttern mit einem Schraubenschlüssel fest anzuziehen sind. Dann wird der Gürtel mit dem

Messer und der Schlauchöse umgeschlallt, der Luftzuführungsschlauch, aus welchem vorher durch einige Pumpenschläge der Staub ausgeblasen ist, von unten nach oben durch die über den Gürtel gestreiften Schlauchösen geschoren und mit der Verbindungsmutter an dem Stutzen des Tornisters befestigt. Hierauf wird die Signalleine umgebunden und vorn mit einem Pfahlsteke zusammengeknotet.

Der Taucher nimmt sodann das Mundstück des inneren Athmungsschlauches in den Mund und überzeugt sich, nachdem die Pumpe in Gang gesetzt worden ist, von dem Funktioniren des Apparates; hierauf steigt er auf die Treppe. Letztere ist so bequem als möglich herzustellen, um dem mit dem schweren Anzuge bekleideten Taucher das Hinab- und Heraufsteigen zu erleichtern. Das Brustblei wird ihm, auf der Treppe stehend, angehängt und befestigt. Je nach der Stärke der Handgelenke werden ihm ein bezw. zwei Armbänder über die Hände auf die Gelenke gestreift. Nun wird die Pumpe in Gang gesetzt, das Fenster im Helm eingeschraubt, und der Taucher läßt sich langsam an einem Grundtau in die Tiefe. Bevor jedoch der Taucher unter Wasser geht, hat er sich mit dem die Aufsicht Führenden, welcher selbst im Tauchen ausgebildet und den Apparat genau kennen muß, über die zu gebenden Signale zu verständigen.

Die Signale werden durch Ziehen an der Signalleine gegeben.

1 Ruck an der Leine bedeutet:

wenn von unten gegeben:

Holt mich hinauf!

2 Rucke: Mehr Luft!

3 = Zu viel Luft!

4 = Bitte eine Leine zum Anstecken!

5 = Alles wohl!

wenn von oben gegeben:

Heraufkommen!

Mehr Luft!

Zu viel Luft!

—

Alles wohl.

Für jedes Signal gilt die Wiederholung als verstanden.

Ist die Signalleine unklar oder gebrochen, so werden die Signale mit dem Luftzuführungsschlauch gegeben.

An Bedienungsmannschaften sind erforderlich:

4 Mann zum Pumpen,

1 = zur Bedienung der Signalleine,

1 = = = des Luftzuführungsschlauches.

Beim Tauchen in große Tiefen oder in Wasser mit großer Stromgeschwindigkeit sind dagegen 6 bis 8 Mann für die Bedienung der Pumpe erforderlich. Der Aufsichtführende hat darauf zu achten, daß die Pumpenmannschaft den niedergehenden Stiefel bei jedem Hub zu Boden bringt und auch sonst regelmäßig pumpt.

Jedes Gespräch hat er strengstens zu verbieten, damit er alles außergewöhnliche Geräusch sofort hört.

Wird im Strome getaucht, so ist das Taucherfahrzeug vorn und hinten

zu verankern. Außerdem muß stets ein bemanntes Boot in Bereitschaft sein, um dem Taucher bei Unglücksfällen sofort zur Hülfe zu eilen, wenn er an die Oberfläche kommt.

Muß der Ort des Fahrzeugs verändert werden, oder tritt sonst an der Oberfläche eine Aenderung ein, welche dem Taucher beim Aufsteigen hinderlich werden kann, so ist er zuvor nach oben zu beordern.

Arbeitet der Taucher auf dem Grunde, so ist ein mit einem Lothe oder einem Stücke Ballasteisen beschwertes Grundtau zweckmäßig; soll er unter dem Boden eines Schiffes arbeiten, so empfiehlt es sich, eine Ende oder eine Jakobsleiter unter dem Boden durchzunehmen und an beiden Seiten zu befestigen. Klarirt der Taucher Anker, Ankerketten oder Leinen, so dürfen Leinen nur sehr vorsichtig, Ketten aber niemals gestreckt oder gehievt werden. Bevor Letzteres geschieht, ist der Taucher jedesmal nach oben zu rufen.

Anforderungen, die an den Taucher gestellt werden, sind:

1. Er muß gesund, von starkem Körperbau und vom Arzt auf Brauchbarkeit zum Tauchen untersucht sein. Schon das Tauchen mit Schnupfen und Husten ist unzulässig.
2. Er muß ruhig und kaltblütig von Natur sein.
3. Er darf beim Tauchen nicht transpiriren; die Thätigkeit seiner Lungen muß normal sein.

Leute, die diese Eigenschaften nicht besitzen, sollten zum Tauchen nicht zugelassen werden, denn der Taucher muß stets das Gefühl der Sicherheit haben; verliert er dieses, so wird er kurzathmig, es tritt Luftmangel ein, und er muß sofort das Signal zum Herausholen geben.

Der Taucher muß ganz besonders darauf bedacht sein, daß der Luftzuführungsschlauch und die Signalleine nicht unklar werden, weil dies die Mittel zu seiner Verständigung mit der Oberfläche sind.

**Der Bau nach dem Ablauf.** Nach dem Ablauf findet ein Krängungsversuch statt. Der Gang der Arbeiten ist nach dem Stapellauf ungefähr der folgende:

Es wird zunächst mit den inneren Einrichtungen des Schiffes begonnen. Lasten, Hellegats, Munitionsräume, Munitionsschächte und Kohlenschütten, Aufzüge, Kammern, Lazareth, Apotheke, Messen, Niedergänge, wasserdichte Verschlüsse, Klosets, Baderäume, Kommandoelemente, Lichtleitung und Scheinwerferleitung, Trockenräume, Regale für Kleiderkisten, Kombüsenumschottung, Speigatten, Kettenkasten werden eingebaut.

Gleichzeitig werden außenbords die verschiedensten Arbeiten ausgeführt, wie Anbringen des Gürtelpanzers mit den großen festen oder schwimmenden Krähen der Werft, Einbau der Fallreepspodeste, Befestigen der Spuren der Bootsdavits, Anbau der Gallerie am Hinterschiff, der Namenbretter, Aufbau der Lagerung für die Anker, Anbringen der Bügel zum Festmachen des Schiffes, Einbau der

Kohlenpforten und Anbringung der Bug- und Heckverzierung. Die Hilfsmaschinen mit ihrem Zubehör werden aufgestellt.

Zum Einbauen der Torpedoarmirung, der Ringstonventile für Maschine und zur Ueberfluthung wird der Neubau nach Bedarf gedockt.

Die Arbeiten über dem Oberdeck werden dann weiter gefördert. Es werden Decksbalken und Schlingen für das Aufbaudeck angebracht, die Decksbepattung gelegt, die Umschottungen für das Aufbaudeck aufgestellt und mit den inneren Einrichtungen unter dem Aufbaudeck begonnen.

Eine der umfangreichsten Arbeiten ist dann noch die Aufstellung der Geschützstände und Geschütze und der Einbau von Maschinen und Kessel.

Maschinen und Kessel sind in den großen Maschinenwerkstätten fertiggestellt und werden nun im Innern des Schiffes auf den Fundamenten von Neuem montirt. Die Decks sind zu diesem Ende mit Oeffnungen für die großen Maschinentheile und die Kessel versehen, die verschraubbar angebracht werden, so daß sie sich leichter aufnehmen und schließen lassen wie die übrigen Deckstheile, worauf schon beim Entwurfe des Schiffes Rücksicht genommen werden muß. Nach dem Einbau der schweren Theile der Dampfrohrleitung, der Kondensatoren und anderer Maschinentheile werden die Decksoeffnungen geschlossen, die Decks gedichtet oder mit Belag versehen. Die Schornsteine und Masten werden eingesetzt.

Inzwischen werden die Geschützstände ausgebaut; Poller, Klampen, Ventilatorköpfe, Unterzüge für Bootskrähne, Takelagebolzen u. s. w. angebracht. Auf der Back werden die Ankerlagerung und das Ankergeschirr ausgebaut, Betinge, Poller und Klampen aufgestellt und Ankerkrähne und Ankerlichtmaschine eingebaut. Auf dem Aufbaudeck werden die Kommandobrücke, Kartenhaus, Kommandothürme, Kompass, Barringdecks für Boote, Bootsklampen, Davits und Krähne für Boote, Bootsheißmaschinen, weitere Geschützstände, Hängemattsräume oder Zinknezkästen, Ventilatorschächte, Ventilatorköpfe, Scheinwerferpodeste u. s. w. ausgebaut und festgemacht.

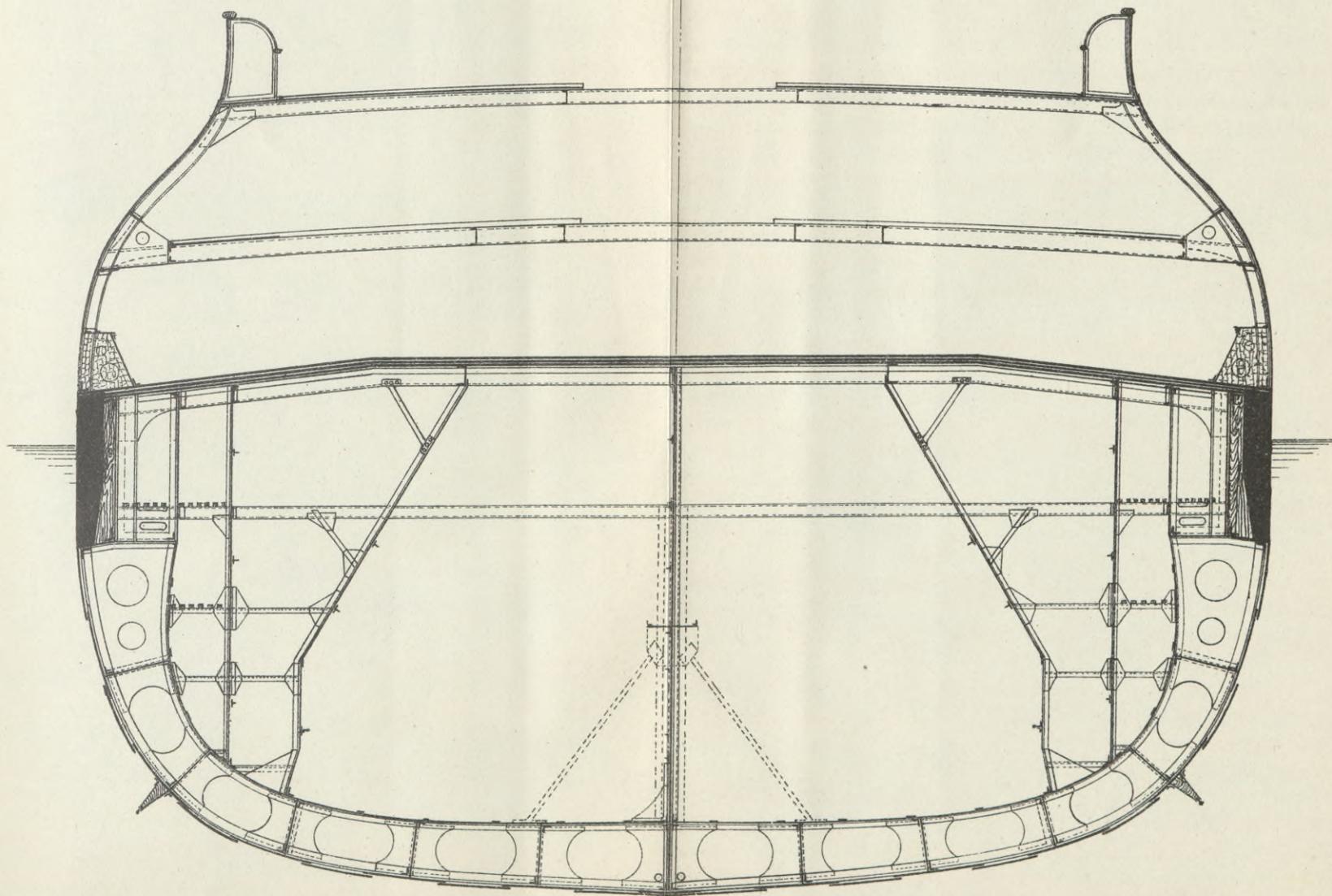
Das Schiff ist jetzt so weit fertiggestellt, daß die Geschütze an Bord übernommen und montirt werden können. Zur Konservirung und um ein gutes Aussehen zu erhalten, werden jetzt erneute Innen- und Außenbordsanstriche aufgebracht.

Zur vollkommenen Fertigstellung werden nun noch Raaen, Stängen, Gaffeln, Backsbäume, Ladebäume an Bord genommen und das ganze Schiff seemännisch aufgetakelt.

**Probefahrt.** Mit den Vorproben zur Abnahme des Schiffes wird dann begonnen und die Maschinen, Kessel, Wellen und Propeller, alle Hilfsmaschinen u. s. w. durch eine Probefahrt auf der Stelle bei fest vertäutem Schiff ausprobiert, damit die erste Probefahrt in See ohne Unfälle und mit Sicherheit unternommen werden kann. Bei den Probefahrten werden dann auch die Geschütze angeschossen.

*Hauptspant eines Linienschiffes älterer Bauart.*

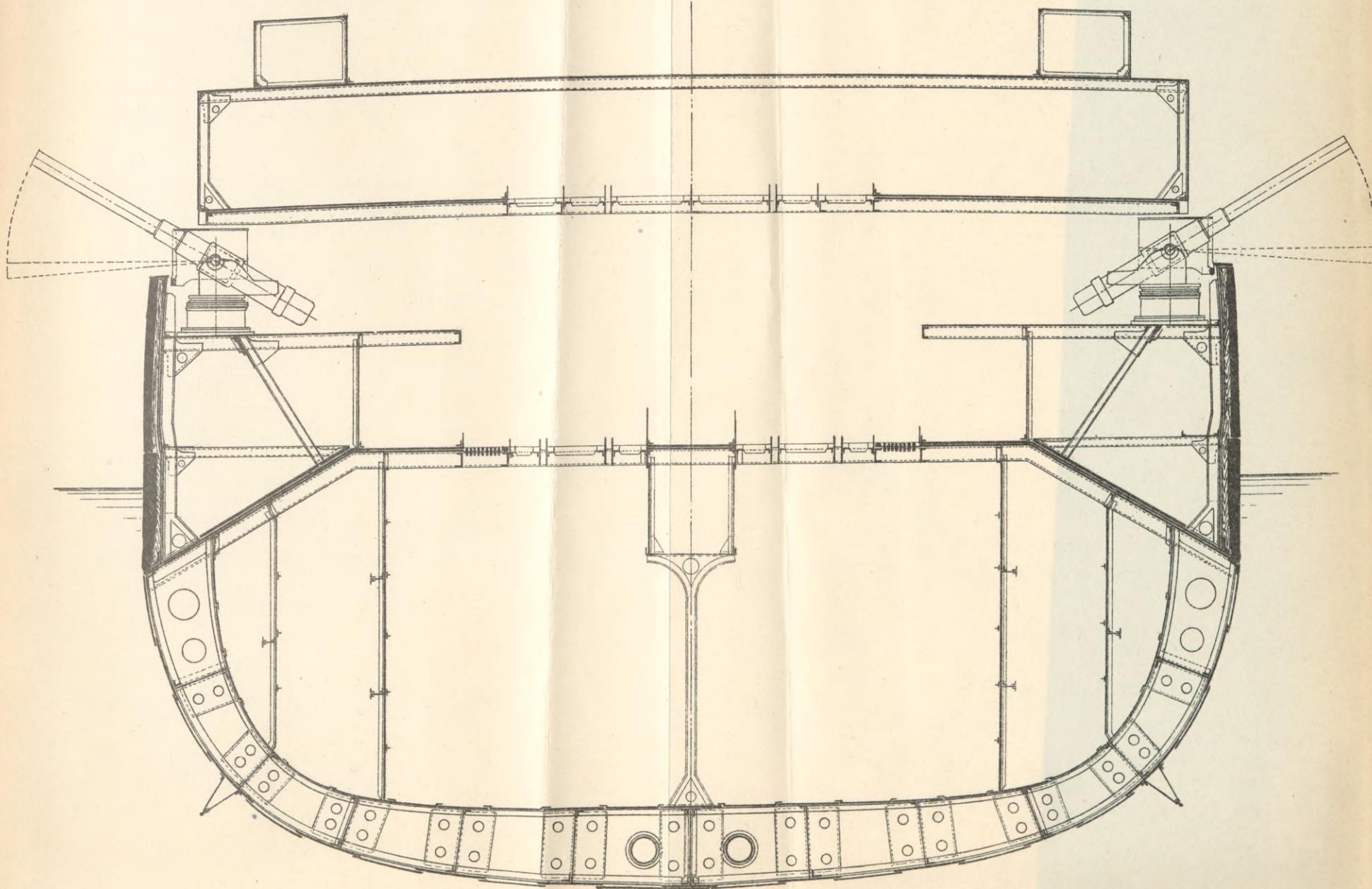
1:100.





Hauptspant eines Linienschiffes neuester Bauart.

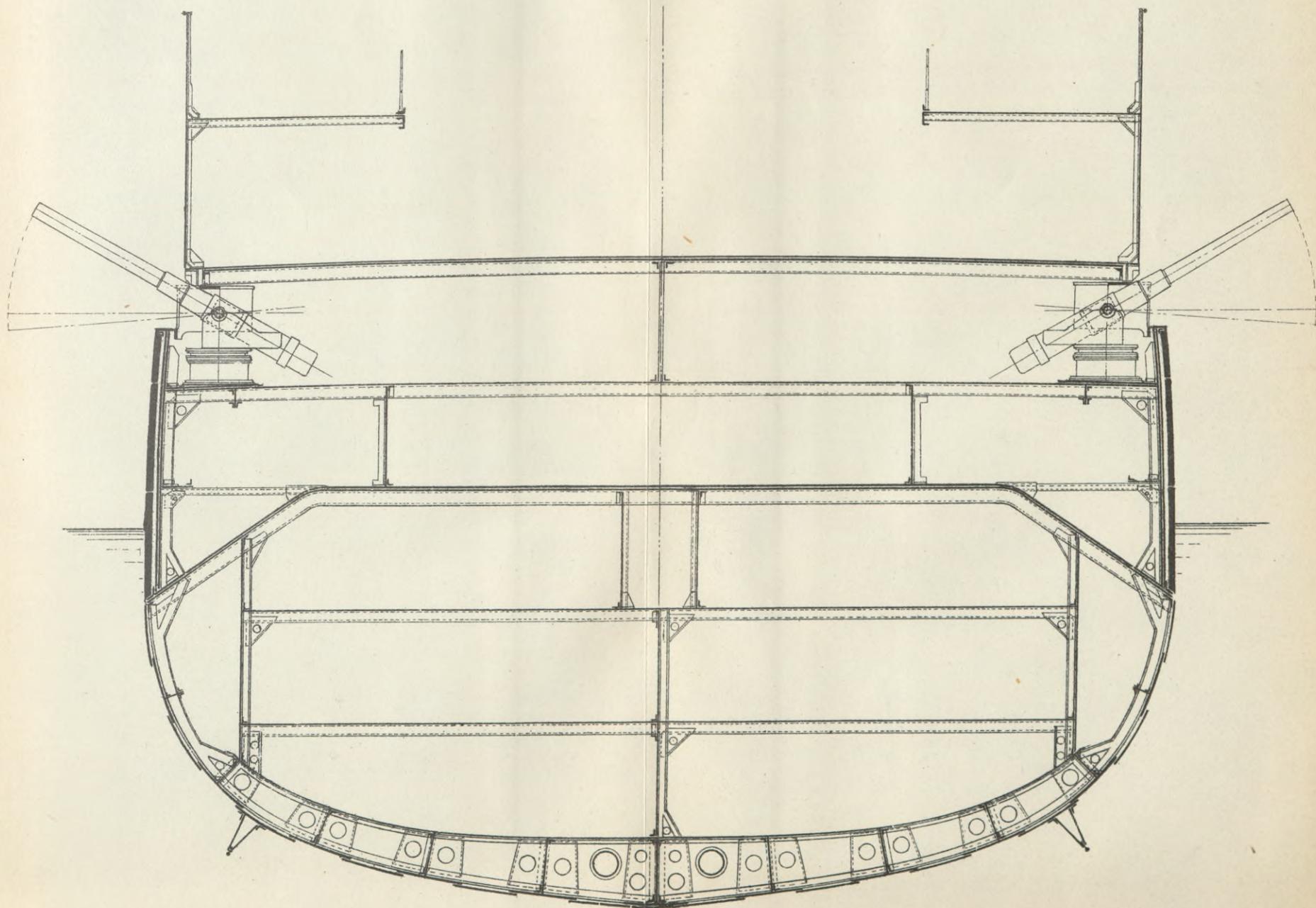
1:100.





Hauptspant eines Panzerkreuzers.

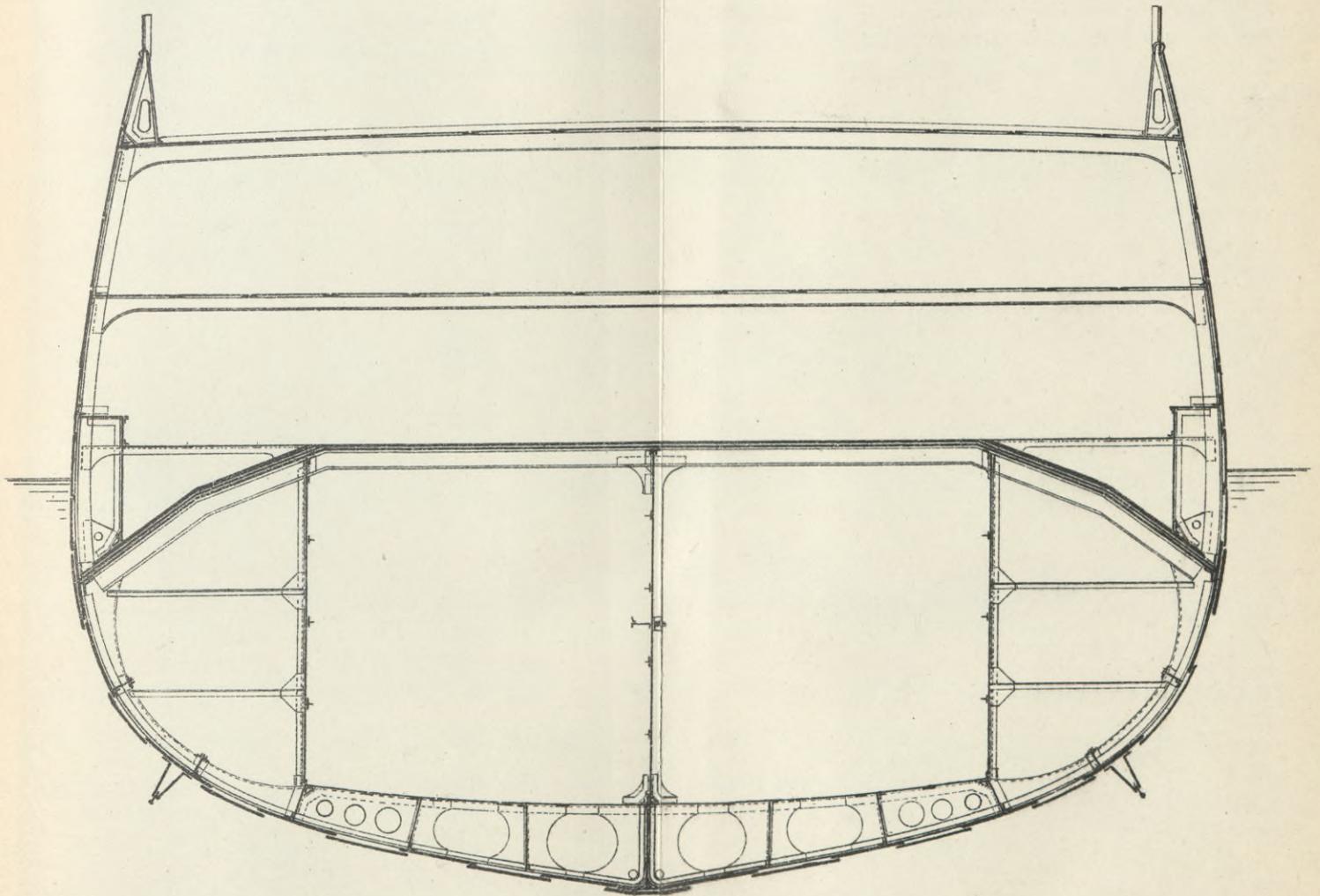
1:100.





Hauptopant eines PanzerDeckkreuzers.

1:100.





Nachdem die Probefahrten, die zur Erprobung des Schiffes nach allen Richtungen hin ausgeführt werden, zur Zufriedenheit und den an das Schiff gestellten Bedingungen entsprechend ausgefallen sind, wird es der Front übergeben und in Dienst gestellt zur weiteren Erprobung im seemännisch-militärischen Gebrauche. In dieser Zeit wird ebenfalls in voll ausgerüstetem Zustande ein Krängungsversuch, event. auch ein Schlingerversuch vorgenommen.

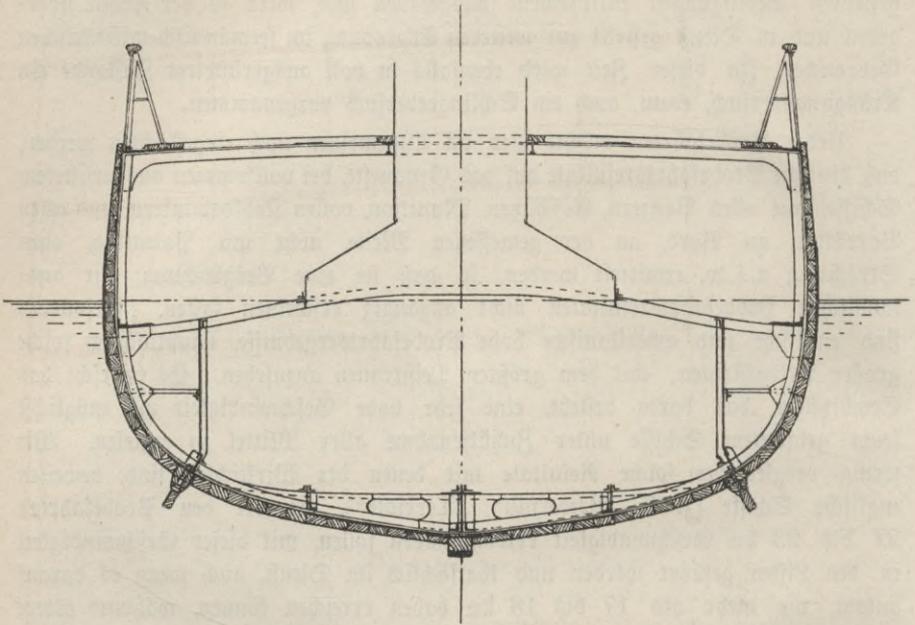
Ueber Probefahrten möchte hier im Allgemeinen noch eingeflochten werden, daß deutsche Probefahrtsresultate auf das Genaueste, bei vollkommen ausgerüstetem Schiffe, mit allen Panzern, Geschützen, Munition, vollen Kohlenbunkern, und allen Vorräthen an Bord, an der gemessenen Meile, nicht mit Patentlog, ohne Strömung u. s. w. ermittelt werden, so daß sie eine Vergleichung mit ausländischen Probefahrtsresultaten nicht angängig erscheinen lassen. Besonders sind englische und amerikanische hohe Probefahrtsergebnisse, hauptsächlich solche großer Privatfirmen, mit dem größten Mißtrauen anzusehen. Es herrscht das Coachsystem, das darin besteht, eine sehr hohe Geschwindigkeit mit möglichst leicht geladenem Schiffe unter Zuhülfenahme aller Mittel zu erzielen. Wie wenig vergleichbar solche Resultate mit denen der Wirklichkeit sind, beweisen englische Schiffe (z. B. „Powerfull“, „Terrible“), die bei den Probefahrten 22 bis 23 kn Geschwindigkeit erreicht haben sollen, mit dieser Geschwindigkeit in den Listen geführt werden und thatsächlich im Dienst, auch wenn es darauf ankam, nie mehr als 17 bis 18 kn haben erreichen können, während ältere deutsche Schiffe, wie z. B. „Kaiserin Augusta“, „Gefion“ ihre Probefahrtsgeschwindigkeit, 20 bis 21 kn, auch im Dienste wirklich, wenn es für dienstliche Zwecke befohlen war, ohne besondere Vorbereitungen gehalten haben.

Amerikanische Schiffe waren seiner Zeit als die schnellsten Schiffe der Welt bezeichnet worden. Die Resultate waren in den Zeitungen als im vollausrüsteten Zustande erhalten angeführt. Zu gleicher Zeit war eine Photographie des Schiffes beigelegt während der Probefahrt, aus der hervorging, das sämtliche Geschütze, Geschützpanzer u. s. w. fehlten. Deshalb ist es angebracht, deutsche Probefahrtsresultate mit englischen und amerikanischen nur in Vergleich zu ziehen, nachdem 3 bis 4 kn Abzug von den fremden Angaben gemacht worden sind. Ebenso sind die Angaben über die sehr geringen Kohlenverbräuche und die sehr großen Aktionsradien fremder Schiffe nur mit Vorsicht und unter scharfer Kritik zu beurtheilen.

**Bausysteme.** Die Unterschiede zwischen dem Bau eines Panzerschiffes, eines Panzerkreuzers, eines Panzerdeckkreuzers, eines Kanonenbootes, eines Torpedobootes und von Handelsschiffen macht am anschaulichsten je ein Hauptspant eines der Schiffsorten klar.

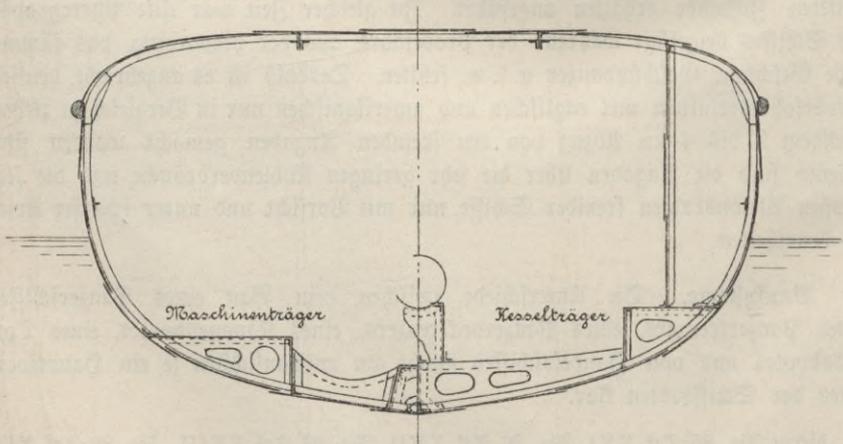
(S. hierzu Fig. 85 Taf. XVI, Fig. 86 Taf. XVII, Fig. 87 Taf. XVIII, Fig. 88 Taf. XIX, Fig. 89 und 90 Seite 164, Fig. 91 Taf. XX.)

Fig. 89.



Hauptspant eines Kanonenbootes.

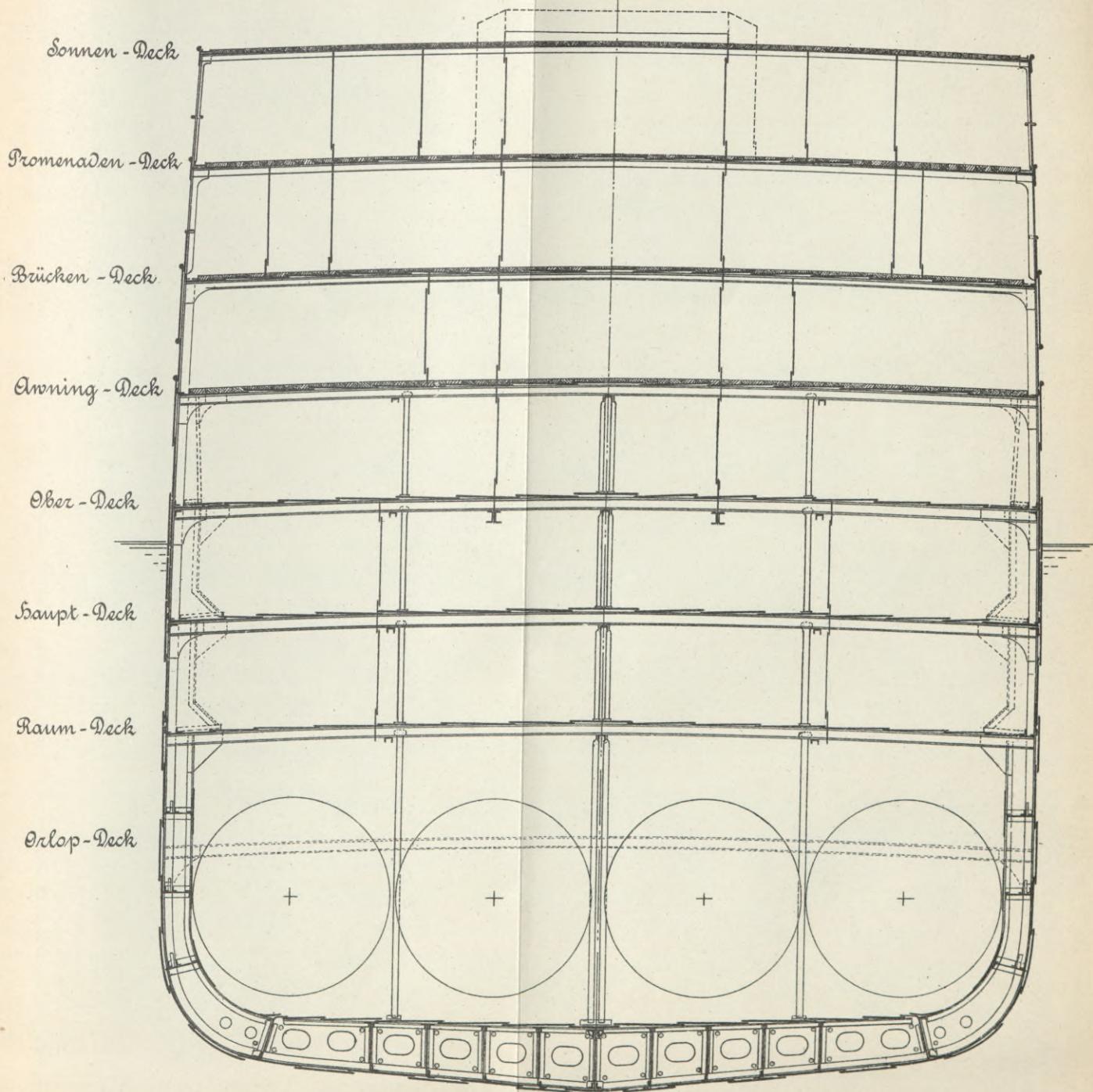
Fig. 90.



Hauptspant eines Torpedobootes.

# Hauptspant eines Handelsschiffes.

1:125.



Länge zwischen d. Perpendikeln 170,7 m  
 Breite auf dem Hauptspant 18,9 "  
 Ganze Tiefe bis Oberdeck 12,8 "

Höhe der Decks 2,44 m  
 Höhe des Doppelbodens 1,3 "  
 Decksbucht 0,305 "

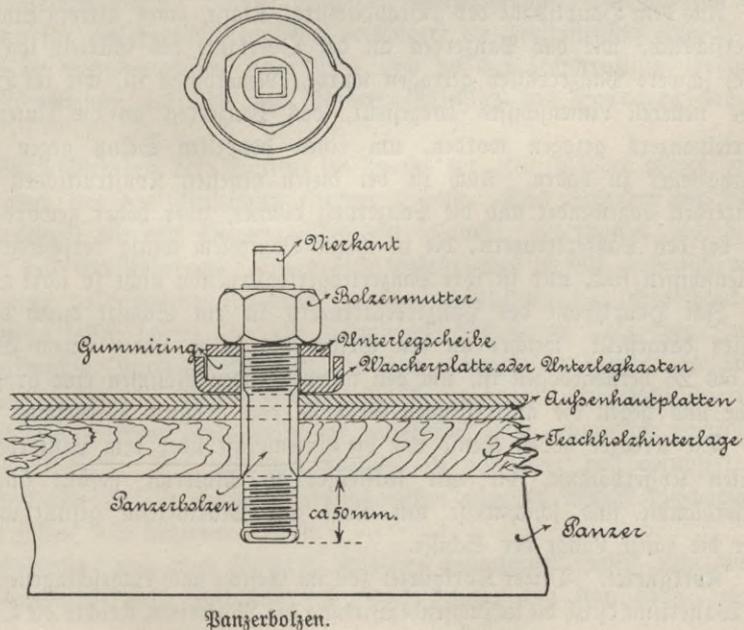


In diesen Hauptspanten bildet die Außenhaut die äußere Beplattung auf den Querspanten, die das Schiff nach außen wasserdicht abschließt. Der äußere und innere Spantwinkel, mit Stützblechen aus Stahlplatten verbunden, umschließen den doppelten Boden, der nach dem Schiffsinnern durch die innere Bodenbeplattung abgeschlossen wird. Der Doppelboden wird noch durch 4 bis 5 Längsspanten, die in den Hauptspanten als Schnitte durch Platten und Winkel zu sehen sind, in zahlreiche Zellen getheilt. Das mittlere Längsspant bildet den inneren Kiel, der an die besonders starken Kielplatten des Flachkiels angenietet ist. Im Hauptspant sind noch die Kohlenbunker, die Decks mit Decksbalken, die Höhenversteifungen und das Baupsystem erkennbar. Im Hauptspant des Panzerschiffes ist ein Querschnitt durch den Panzer zu ersehen. Dieser ist in einer Nische eingebaut und durch Panzerspanten abgesteift; Panzerbolzen verbinden ihn mit der doppelten Stahlhaut, von der ihn eine Hinterlage aus Holz des Teakbaumes trennt, der asiatischen Eiche, die im Gegensatz zu unserer Eiche keine Gerbsäure hat, so daß das Eisen nicht rostet.

Diese Holz hinterlagen werden verwendet, weil sich zwischen Eisen und Holz eine bessere Wasserdichtigkeit herstellen läßt, als zwischen Eisen und Eisen, und, um dem Panzer gegen die auftreffenden Geschosse eine gewisse Elastizität zu geben, die das Eindringen der Geschosse in den Panzer erschwert.

**Panzerbefestigung.** Die Befestigungsweise des gehärteten Nickelstahlpanzers, wie sie jetzt angewendet wird, ist aus der beigefügten Skizze erkenntlich.

Fig. 92.



Die in die Rückseite eingedrehten Schrauben reichen bei dünnem Panzer bis  $\frac{1}{2}$  der Panzerdicke, bei stärkerem Panzer bis  $\frac{1}{3}$  der Panzerdicke in das Material hinein. Das Material der Bolzen ist Nickelstahl. Beide Enden des Bolzens sind mit Gewinden versehen. Mitteltst eines auf das an einem Ende des Bolzens vorhandene Vierkant aufgesteckten Schlüssels wird der Bolzen in das vorgeschchnittene Loch der Panzerplatte eingedreht. Dann werden die Wascherplatten oder Unterlegkasten, die Gummischeibe, die Unterlegscheibe und die Mutter aufgebracht. Um den Theil des Bolzens, der durch die Teakholzunterlage und die doppelte Haut geht, der etwas geringeren Durchmesser hat als der Gewindetheil, wird ein Wergzopf gelegt, der in Kitt getränkt ist. Auch wird mit einer Spritze noch Kitt nachgespritzt. Die Gummischeibe wird durch die Mutter und Unterlegscheibe und die sechskantige erste Unterlegscheibe, deren Rand 1 bis 1,5 cm vorsteht, so hineingepreßt, daß sie die Hohlform, in der sie liegt, vollkommen ausfüllt, so daß sie und der Wergzopf das Bolzenloch vollkommen dicht schließen, auch wenn Vibrationen des Bolzens durch auftreffende Geschosse oder durch Arbeit des Schiffes in See eintreten.

**Panzeranordnung.** Getragen wird der Panzer durch den Panzerträger, welcher die Spanten nach oben abschließt. Hinter dem Panzer sind Wallgangschotte eingebaut, die Längschotte sind, welche einen wasserdichten freien Raum herstellen, der das Schiffinnere vor im Gefecht abspringenden Eisentheilen schützen, bei äußeren Verletzungen das Wasser, ebenso wie der Doppelboden, vom Eindringen in das Schiffinnere abhalten und dem Schiffkörper größere Schwimmfähigkeit geben soll.

Aus dem Hauptspant der „Brandenburg“-Klasse, eines älteren Linienschiffes, ist ersichtlich, wie das Panzerdeck an der Oberkante des Gürtels lag und dort durch schwere Panzerbalken getragen wurde. Neuerdings ist, wie im Hauptspant eines neueren Linienschiffes dargestellt, das Panzerdeck an die Unterkante des Gürtelpanzers gezogen worden, um einen doppelten Schutz gegen feindliches Granatfeuer zu haben. Auch ist bei diesen neuesten Konstruktionen doppeltes Panzerdeck angewendet und die Panzerung dünner, aber höher geworden, ebenso wie bei den Panzerkreuzern, die in ihrem Bau system wenig verschieden von den Linienschiffen sind, nur ist ihre Panzerträgerkonstruktion nicht so stark ausgeführt.

Im Hauptspant des Panzerdeckkreuzers ist ein Schnitt durch den Deckspanzer dargestellt, welcher an den Seiten bis 1,6 m unter einem Winkel von 25 bis 28 herabgebogen ist, um den untenliegenden Räumen eine größtmögliche Höhe und gegen die auftreffenden Geschosse den größten Widerstand zu geben.

Die Kreuzer haben ebenso wie die Linienschiffe über dem Panzerdeck an den Seiten Kofferdämme, die mit leckstopfendem Material gefüllt sind. Diese Kofferdämme sind schichtweise mit Kork und Marineleim gefüllt und reichen über die ganze Länge der Schiffe.

**Korkgürtel.** Dieser Korkgürtel soll im Gefecht nach eingeschlagenen Treffern die Wasserlinie durch die leckstopfende Wirkung des Materials, welches die Deffnungen

nach dem Durchschlagen des Geschosses wieder schließt, intakt erhalten, d. h. sie vor Wassereinbrüchen bewahren und die Stabilität und die Unsinkbarkeit möglichst lange erhalten. Manche Kreuzer haben über ihrer stählernen Außenhaut zwei, oder neuerdings nur eine Schicht einer Holzbeplankung, die mit dünnen Kupfer- oder Zinnmetallplatten beschlagen ist, um den Anwuchs von Muscheln, Algen u. s. w. an dem Schiffsboden zu verhindern, der oft so bedeutend ist, daß die Geschwindigkeit der Schiffe um 2 bis 3 Knoten verringert wird. Die Holzschicht soll die stählerne Haut von der gekupferten Oberfläche isoliren, damit keine galvanische Bethätigung erfolgt, die ein Aufzehren des Eisens zur Folge haben würde.

**Kupferung.** Die Kupferung des Bodens wurde zuerst vorgenommen bei der hölzernen Fregatte „Alarm“, um Schutz gegen den Bohrwurm zu geben. Der Beschlag schützte, wie sich dann herausstellte, auch gegen Bewachsen, nur hatte man den Fehler begangen, daß man die Kupferhaut mit eisernen Nägeln befestigte, was wegen der galvanischen Bethätigung ein allmähliches Abfressen der Eisennägel zur Folge hatte. Seit 1783 wendete man die kupferfeste Bauart an und befestigte die Kupferhaut mit kupfernen oder bronzenen Nägeln oder Bolzen.

Die Methode des Kupferns wurde vom Holzschiffbau übertragen, indem man ebenso, wie im Kompositbau beschrieben, auf die stählerne oder eiserne Außenhaut eine ein- oder zweischichtige hölzerne Beplankung aufbringt und diese mit kupfernen, bronzenen oder anderen Kupferlegirungen beschlägt.

Man will durch die Kupferung der Schiffe besonders im Auslande die Schiffe vom Docken unabhängiger machen und das Bewachsen des Bodens verhindern, um den Schiffen ihre Geschwindigkeit zu sichern.

Neuerdings werden weniger gekupferte Schiffe gebaut. Das Kupfern erhöht die Kosten für den Schiffskörper sehr, verlängert die Fertigstellung eines Schiffes, giebt große Schwierigkeiten beim Bau und bei der Konstruktion, erhöht die Wasserverdrängung erheblich und hindert schließlich das Bewachsen auch nicht immer.

Das Abspringen der Platten im Laufe der Zeit hindert ebenso die Geschwindigkeit wie das Bewachsen eiserner Schiffe. Das Erneuern der Platten, was allerdings erst nach längerer Dienstzeit geschieht, ist theurer als mehrere Anstriche des Schiffsbodens. Die größte Gefahr aber ist die, daß sich auf die Dauer eine vollkommene Isolation zwischen Außenhaut und Stahlhaut nicht herstellen zu lassen scheint, da alle gekupferten Schiffe im Laufe der Zeit unverhältnißmäßig starke Korosionen an den Eisentheilen zeigen, so daß die Kupferung nachtheilig für den eisernen Schiffskörper ist. Jedenfalls überwiegen die Nachtheile eiserner, mit Holzhaut versehener und gekupfelter Schiffe ihre Vortheile erheblich. Ein geringer Vortheil ist noch der, daß gekupferte, mit Holz beplankte Schiffe beim Aufgrundgerathen nicht so schwere Beschädigungen erhalten sollen, wie stählerne Schiffe.

Jedenfalls muß nach längerer Zeit ein gekupfertes Schiff zum Versehen seiner Unterwassertheile ebenfalls ins Dock gehen, und sind diese Dockzeiten

zwischen eisernen und gekupferten Schiffen nicht so erheblich verschieden, daß die Nachtheile gekupfelter Schiffe aufgewogen würden. Die verbesserten Schiffsbodenfarben ermöglichen, daß auch stählerne gestrichene Schiffe längere Zeit ohne allzu erheblichen Anwuchs fahren können.

Auch Kanonenboote sind gekupfert, doch meist komposit gebaut, d. h. also auf ihren eisernen Spanten sind hölzerne Planken aufgebracht, die mit dünnen Kupferplatten beschlagen werden. Der Deckpanzer auf Kanonenbooten ist nur sehr dünn oder fehlt ganz. Zum Schutz für Maschinen und Kessel werden dann die Kohlenbunker um die vitalen Theile angeordnet, da eine Schicht Kohlen von etwa 3 m Dicke ein sehr guter Schutz gegen mittlere Granaten ist, die in der Kohlenschicht ersticken und gar nicht oder ohne besonderen Schaden darin zur Explosion kommen.

Aus dem Torpedobootshauptspant kann ersehen werden, wie leicht die Bauart sein kann, wenn nur bestes Material und eine geschickte Anordnung dieses Materials angewendet wird. Trotz dieser sehr leichten Bauart haben sich die nach diesem System ausgeführten Boote durchaus bewährt.

Es scheint danach, daß in der Handelsmarine bei vielen Konstruktionen noch zu schwer gebaut wird. Nur eingehende Festigkeitsberechnungen, die in der Handelsmarine für Neubauten noch nicht durchaus angeordnet werden, können geschicktere und leichtere Bausysteme schaffen, die auch in dem seit Jahren erheblich verbesserten Rohmaterial zum Bau stählerner Schiffe begründet sind.

### e. Baumaterialien.

**Eisen.** Das Eisen ist das Element, welches als Baumaterial für den Schiffbau die erste Stelle einnimmt.

In der Natur findet sich das Eisen nur rein im Meteoreisen, welches kosmischen Ursprungs ist. Auf unserer Erde (also tellurischen Ursprungs) kommt Eisen nur als Erz vor, das sind Gebirgsarten und Mineralsubstanzen, denen Eisenverbindungen mit Sauerstoff oder Schwefel beigemengt sind. Die zur Verhüttung geeigneten Erze haben 30 bis 50 pCt. Eisengehalt. Die hauptsächlichsten Eisenverbindungen sind:

- Magneteisenstein (Eisenoxydhydrat),
- Rotheisenstein (Eisenoxyd),
- Brauneisenstein (Eisenoxydhydrat),
- Spateisenstein (Eisenkarbonat),
- Schwefelkies, Magnetkies, Speer kies.

Die letzten drei Verbindungen mit Schwefel sind erst nach Austreiben des Schwefels brauchbar. Jede geringe Beimischung von Schwefel macht das Eisen unbearbeitbar.

Die Verarbeitung der Erze geschieht ausschließlich in Hochöfen, das sind bis 25 m hohe Schmelzöfen in Gestalt von Thürmen aus Mauerwerk, die schichtweise mit Erzen mit Flussmitteln (sogenannten Zuschlägen) und Brennstoff gefüllt werden. Die unterste Schicht Brennmaterial wird entzündet und vorgewärmte Luft wird am unteren Ende eingeblasen. Es bildet sich bei der Temperatursteigerung ein Gasstrom, welcher die heruntersinkenden Erzmassen durchdringt und die Sauerstoffverbindungen reduziert, d. h. unter Bildung von Eisen und Kohlensäure zerlegt.

Das auf diese Weise gewonnene Eisen nimmt während des Herabsinkens Kohlenstoff auf und wird als Roheisen aus dem untersten, engsten Theile des Ofens abgestochen und in Barrenform gegossen. Die mineralischen Bestandtheile und die Zuschläge verbinden sich zur Schlacke, die, weil leichter, über dem Roheisen abgestochen wird. Das Roheisen kann nur als Gußeisen Verwendung finden, für andere Zwecke wird das Roheisen besonderen Prozessen unterworfen.

Alle Eisensorten im Handel haben fremde Beimischungen, welche die Qualität des Eisens mehr oder weniger beeinflussen. Die wichtigste ist der Kohlenstoff (C). Weitere Beimischungen sind noch Silicium (Si), Phosphor (P), Schwefel (S), Mangan (Mg), Kupfer (Cu).

Je nach dem Gehalt an fremden Bestandtheilen sind die Eigenschaften des Eisens verschieden. Man unterscheidet:

## I. Roheisen.

Nicht schmiedbar; beim Erhitzen plötzlich schmelzend; Gehalt an C (Si, P, Mg) mindestens 2 pCt.

1. Graues Roheisen.	2. Weißes Roheisen.	3. Ferromangan.
Der Kohlenstoff wird beim Erkalten als Graphit ausgeschieden. In der Gießerei zu Gußwaaren verwendet. Im Bruch graue Farbe. Wird meistens Gußeisen genannt.	Der C bleibt gebunden. Farbe im Bruch weiß. Härter und spröder als Gußeisen.	C haltige Eisenmanganlegierungen. Der größte Theil der C bleibt gebunden. Farbe im Bruch weiß oder gelblich.

## II. Schmiedbares Eisen.

Schmiedbar, beim Erhitzen allmählich erweichend. Kohlenstoffgehalt geringer als 2 pCt.

Stahle.		Schmiedeeisen.	
Gehalt an C gewöhnlich 0,6 pCt. und mehr. Härtbar.		Gehalt an C weniger als 0,6 pCt. Nicht härtbar.	
a. Schweißstahl. In nicht flüssigem Zustande hergestellt.	b. Flußstahl. In flüssigem Zustande hergestellt. Schlackenfrei. Gußstahl.	a. Schweißeeisen. In nicht flüssigem Zustande hergestellt. Schlackenhaltig. Eisen genannt.	b. Flußeisen. In flüssigem Zustande hergestellt. Schiffbaustahl genannt.

Der Schiffbauer bezeichnet das schmiedbare Eisen mit dem Ausdruck Eisen, das Flußeisen mit Stahl.

Die älteste Methode der Eisengewinnung war das Rennverfahren. Es bestand darin, daß man besonders reine Erze im einfachen Ofen niederschmolz, so daß sich kohlenstoffhaltiges Eisen niederschlug. Durch die oxydirende Wirkung der Gebläse wurde das Eisen dann entkohlt.

Durch die Erfindung des Hochofens im 17. Jahrhundert wurde Roheisen gewonnen. Nachdem zerlegt sich der Prozeß zur Gewinnung von schmiedbarem Eisen in zwei Abschnitte. Einmal Gewinnung von Roheisen im Hochofenprozeß und weitere Umwandlung des Roheisens durch besondere Prozesse in schmiedbares Eisen. Diese bestehen in der Entziehung des Kohlenstoffgehaltes des Roheisens. Die Erreichung dieses Zweckes geschieht auf sehr verschiedene Weise.

Die älteste Methode ist das Frischen. Sie besteht darin, daß man das Roheisen auf dem Frischherde, einem großen Schmiedefeuere, bei kräftiger Luftzuführung von Neuem einschmilzt. Der im Roheisen enthaltene Kohlenstoff und andere Beimengungen werden dadurch oxydirt. Das Eisen verliert beträchtlich an Kohlenstoffgehalt, wird strengflüssiger und kann schließlich als weicher, glühender Klumpen aus dem Feuer genommen werden. Unter einem Hammer wird dann dieser von Schlacken möglichst befreit.

Zur Herstellung von reinem Schweißisen ist jetzt noch die Methode des Puddelns im Gebrauch. Die Ausführung dieses Prozesses im Puddelofen geschieht im Flammofen, der in der Hauptsache aus einem flachen, beckenartigen, überwölbten Raume besteht. In seitlich angebrachten Feuerungen werden Flammen erzeugt, die in horizontaler Richtung über das im Becken befindliche Rohmaterial hinstreichen. Das in den Ofen gethane Roheisen wird zunächst unter beschränkter Luftzufuhr zum Schmelzen gebracht. Ist es geschmolzen, so wird es unter gesteigerter Luftzufuhr mittelst eiserner Zangen umgerührt, um die Oxydation des Kohlenstoffs und anderer Beimengungen herbeizuführen. Zur Erreichung dieses Zweckes werden noch besondere Zuschläge, Hammer Schlag u. s. w. gemacht. Beim Fortschreiten der Oxydation wird das Eisen immer strengflüssiger, und nach ein- bis zweistündigem Umrühren wird es ganz steif. In diesem Zustande wird es dann in einzelnen Klumpen aus dem Ofen genommen. Diese werden Luppen genannt. Unter der Luppenquetsche werden sie von den Schlacken möglichst befreit. Gleichzeitig erhalten sie hier die Gestalt eines kurzen Cylinders. In einer Walzenstraße werden diese zu Rohschienen, d. h. Stangen von rechteckigem Querschnitt ausgewalzt. Diese dienen dann als Rohmaterial zu Walzeisen und Blechen.

Die nächste Methode ist der Bessmer-Prozeß. Dies Verfahren besteht darin, daß man durch Einblasen von gepreßter Luft in das Roheisen die fremden Bestandtheile oxydirt. Die Ausführung ist folgende:

Das Roheisen wird in einem Kugelofen eingeschmolzen. Das flüssige Metall wird dann in ein birnenförmiges Gefäß, den Konverter oder die Bessmer-Birne, gebracht. Die schmiedeeiserne Außenseite ist im Innern mit feuerfester Fütterung versehen. In der Mitte sind Zapfen angebracht, so daß die Birne mit Hülfe mechanischer Vorrichtungen drehbar ist. Durch einen dieser Zapfen führt die Windleitung nach vielen im Boden befindlichen kleinen Oeffnungen. Durch diese wird die Luft in das flüssige Metall geblasen und der Oxydationsprozeß hervorgerufen. Nach 18 bis 25 Minuten des Durchblasens verschwindet die lange Flamme, die aus der oberen Oeffnung schlägt, und das Roheisen ist in schmiedbares Eisen verwandelt. Eine Erweiterung dieses Prozesses geschah durch die Erfindung des Engländers Thomas. Das Thomas-Verfahren besteht in der Hauptsache darin, daß auch Schwefel und Phosphor haltende Erze verarbeitet werden können, dadurch, daß eine basische Fütterung der Birne angewandt wird.

Durch diese Prozesse kann je nach den Zusätzen der Kohlenstoffgehalt so regulirt werden, daß sowohl Stahl als Flußeisen erzeugt werden kann.

Die vierte Methode ist der Siemens-Martin-Prozeß. Es ist die Hauptmethode zur Herstellung des Schiffbaustahls. Dieser Prozeß wurde von Gebr. Martin in Frankreich erfunden (Sireuil). Er gelang erst vollkommen, als der Flammofen mit Siemens' Regenerativfeuerung in Anwendung kam, die besonders große Hizen ermöglichte durch Anwendung einer großen Anzahl Verbrennungskammern.

Das Roheisen wird erst zum Schmelzen gebracht und dann Zusätze gemacht,

die aus kohlenstoffarmem Eisen bestehen. Je nachdem man ein kohlenstoffreicheres oder ärmeres Flußeisen herstellen will, werden dem glühenden Metallbade Eisenmangan und Eisensiliciumlegirungen zugesetzt, die die Aufgabe haben, das Roheisen zu desoxydiren und zu entgasen. Das fertige Metall wird vom Ofen in Gußpfannen abgestochen. Die angefertigten Gußblöcke (Brammen) werden dann auf dem Walzwerke zu Stangen, Winkeln und Blechen verarbeitet.

Der Vortheil dieses Processes besteht darin, daß man alle Erze, auch schwefel- und phosphorhaltige, verarbeiten kann. Man kleidet dann den Ofen mit Kalkstein (basisch) aus. Kohlenstoff, Silicium, Mangan verbessern mehr oder weniger die Eigenschaften des Eisens. Sind Phosphor und Schwefel in den Erzen enthalten, so müssen diese sorgfältig entfernt werden, da schon 0,1 bis 0,4 pCt. derselben das Eisen unbrauchbar machen. Ist Phosphor dabei, so wird das Material so spröde, daß es schon bei geringer Beanspruchung bricht. Diese Eigenschaft wird kaltbrüchig genannt. Schwefel beeinflusst Eisen bei gewöhnlicher Temperatur nicht stark. Wird aber schwefelhaltiges Material in der Rothgluth bearbeitet, so wird es rissig, Brüchig und fällt sogar in Brocken auseinander. Diese Eigenschaft wird rothbrüchig genannt.

**Abnahmevorschriften.** Wie zahlreich die Arten des Materials zum Bau der Schiffe noch weiter sind, zeigen die Abnahmevorschriften. Es giebt solche Vorschriften für:

- Schweißeiserne Bleche, Profil- und Stangeneisen,
- Stahlplatten, Profilstahle für Schiffbau,
- Stahlbleche für Dampfkessel,
- Stahlplatten für Torpedofahrzeuge,
- Eiserne Niete und Nieteisenstangen,
- Stahlniete und Nietstahlstangen,
- Stahlformguß für Schiffbau,
- Kupferlegirungen (Bronze und Messing),
- Kupferbleche und gezogene Kupferrohre,
- Gelbmetallplatten zum Bodenbeschlag S. M. Schiffe,
- Panzerbolzen, Muttern und Unterlegscheiben,
- Gummiunterlegscheiben für Panzerbolzen,
- Marineleim,
- Stahlstangen für Kesselanker,
- Gallsche Krahnketten,
- Schweißeisen für Kesselstehbolzen,
- Schmiede- und Stahlformgußstücke für Schiffsmaschinen,
- Feuer- und Ankerrohre,
- Wasserrohre und Dampfrohre,
- Deckpanzerlieferung.

Hinzu kommen noch Panzer, Holz, die verschiedensten Farben, Oele, Fette, Brennmaterialien, Gummi, Pinoleum u. s. w., welche nach praktischen Erprobungen abgenommen werden.

Als Beispiel einer Abnahme, die zugleich Kenntniß über das Material selbst giebt, ist die folgende Abnahmevorschrift der Marine für Stahlmaterial beigelegt.

### Vorschriften

für die Prüfung und Abnahme der für Schiffbauten bestimmten  
Stahlplatten und Profilstahle.

#### Allgemeine Vorschriften.

Die Abnahme des für die Kaiserlichen Werften zu liefernden Stahlmaterials erfolgt durch die Lieferungs-Abnahme-Kommission der betreffenden Werft nach den bezüglichen Vorschriften der Werftdienstordnung.

Die technische Prüfung auf Grundlage der nachstehenden Instruktion hat durch einen höheren technischen Marinebeamten zu erfolgen. Dieselbe kann auf einer Kaiserlichen Werft oder der den Bau ausführenden Privatwerft oder auf dem Hüttenwerk stattfinden.

Der Lieferant kann der Prüfung und Abnahme der Lieferung entweder persönlich beiwohnen oder sich durch einen Bevollmächtigten vertreten lassen.

Die für die Prüfung zu benutzende Eisenprobirmaschine, welche von dem Reichs-Marine-Amt als entsprechend anerkannt sein muß, muß in einem abgeschlossenen, größeren Erschütterungen nicht ausgesetzten, heizbaren Raume aufgestellt sein.

Der Raum, in welchem Zähigkeitsproben, Härtungs- und Biegeproben vorgenommen werden, muß eine Temperatur von wenigstens 12 Grad Celsius haben.

Die einzelnen Stücke, welche bei der Besichtigung, der Aufmessung oder der Wägung verworfen werden, sind sofort mit den Buchstaben **D. F.** (Dimensionsfehler) zu stempeln. Alle Stücke eines Probestapels, welche den Proben nicht genügten, sowie die beim Beizen und Anschlagen als fehlerhaft erkannten Stücke sind sofort mit dem Buchstaben **V.** (Verworfen) zu stempeln.

Sämmtliches Material, welches bei dem Verfahren als abnahmefähig sich erwiesen hat, ist mit einem **M.**, über welchem sich eine Krone befindet, zu stempeln.



**M.**

Die Prüfungsergebnisse sind in das vorgeschriebene Probebuch, welches nach dem anliegenden Schema angelegt ist, einzutragen.

Der Lieferant ist verpflichtet, dasjenige abgenommene Material, welches sich später bei der Bearbeitung als fehlerhaft herausstellt, innerhalb drei Wochen vom Tage der neuen Aufgabe an gerechnet, fracht- und kostenfrei durch neues zu ersetzen.

## Technische Prüfungs-Vorschriften.

### Abchnitt I.

### Für Bleche.

#### § 1.

#### Allgemeines.

Der Stahl soll durch den Siemens-Martin-Prozess hergestellt sein.

Am Rande jedes Bleches muß der Name des Fabrikanten und das Anfertigungsjahr des Bleches eingestempelt sein. Die Reihenfolge der in diesem Abschnitt §§ 2 bis 6 festgestellten Untersuchungen bleibt dem Ermessen des Abnehmenden überlassen.

#### § 2.

#### Besichtigung.

Jede eingelieferte Stahlplatte ist auf beiden Seiten genau zu besichtigen, um festzustellen, ob ihre Oberfläche glatt, eben, ohne Blasen, Beulen, Risse, Walzfehler oder Schiefer (schlechte, durch Einwalzen von Schmutz, Chamott oder Asche entstandene Stellen) ist. Jede in diesen Beziehungen fehlerhafte Platte ist zu verwerfen.

#### § 3.

#### Prüfung durch Anschlagen.

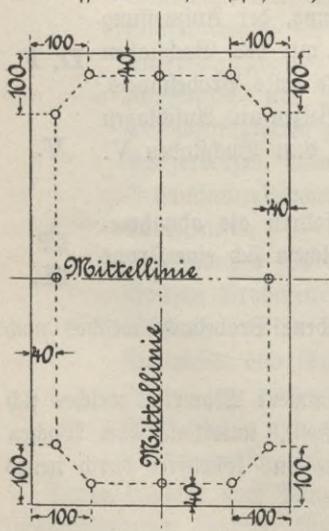
Die Platten werden einzeln mit einem kleinen Hammer an verschiedenen Stellen angeschlagen, um festzustellen, ob sie frei von inneren Fehlern (Blasen oder offenen Schweißfehlern) sind.

Ergibt der Anschlag überall einen klaren, glockenähnlichen Ton, so ist anzunehmen, daß die Platte gut ist. Klingt der Ton schwer und dumpf, so ist die Platte mit inneren Fehlern behaftet und zu verwerfen.

#### § 4.

#### Aufmessung.

Die Aufmessung der Dicke darf an allen Stellen 40 mm vom Rande der Platte gemessen nicht mehr als die in der nachfolgenden Tabelle festgesetzten Differenzen ergeben. Platten, bei denen größere Differenzen hervortreten, sind zu verwerfen.



Blechbreite in mm	Zulässiger Unterschied zwischen der größten und kleinsten Blechdicke in mm bei verlangten Dicken von mm					Bemerkungen
	5 bis 7	7 bis 10	10 bis 15	15 bis 20	20 u. mehr	
bis 1000	[0,5] 0,7	[0,5] 0,8	[0,6] 0,8	[0,8] 1,0	[1,0] 1,5	Die eingeklammerten Zahlen geben die Abweichungen der geringsten Dicke von der verlangten Dicke nach unten in mm an. Die geringste Dicke darf die verlangte Dicke nicht überschreiten. Für Bleche unter 5 mm gelten die Vorschriften für Lieferung von Eisen und Stahl, aufgestellt vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute.
1000 bis 1600	[0,6] 1,0	[0,6] 1,0	[0,7] 1,0	[0,9] 1,2	[1,2] 1,5	
1600 und darüber	[1,0] 1,8	[1,0] 1,8	[1,0] 1,8	[1,0] 1,8	[1,5] 2,0	

## § 5.

## Wägung.

Bei der Wägung darf die obere Grenze des Rechnungsgewichtes, welches aus der wirklichen Länge und Breite und der verlangten Dicke unter Zugrundelegung von 7850 kg pro cbm nicht überschritten werden; die zulässige Abweichung nach unten darf 5 pCt. nicht überschreiten.

Das Durchschnittsgewicht eines Probestapels soll zusammengefaßt und das Untergewicht als Durchschnittsuntergewicht eines Stapels genommen werden.

## § 6.

## Beizung.

Alle Stahlplatten werden zur Entfernung aller etwa lose eingewalzten Schlackentheile und der Walzhaut in ein Bad von verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure gebracht. Diejenigen Platten, welche in Folge des Beizens Löcher in den Oberflächen aufweisen, sind zu verwerfen.

Die gut befundenen Platten werden zur Bindung der anhaftenden Säure in Kalkmilch getaucht und mit kaltem Wasser und darauf mit Wasser von 60 bis 70° Celsius abgespült, welches schnell verdunstet und die Plattenoberfläche in trockenen Zustand versetzt. Hierauf sind die Platten mit einem Anstrich von Firnis zu versehen.

## § 7.

## Auswahl für die Proben.

Die Bleche gleicher Dicke werden in so viele Probestapel von nahezu gleicher Stückzahl zerlegt, daß in jedem höchstens 50 und wenigstens 25 Stück Bleche enthalten sind.

Ist die Stückzahl derselben Dicke kleiner als 25, so dürfen diese Bleche mit den Blechen der benachbarten Dicken zusammen in Probestapel von nahezu gleicher

Stückzahl zerlegt werden, von denen keiner mehr als 50 und weniger als 25 Stück enthalten darf.

Werden im Ganzen weniger als 50 Stück Bleche geliefert, so ist das ganze Quantum als ein Probestapel zu betrachten.

Aus jedem Probestapel ist eine Platte beliebig auszuwählen, wobei zu berücksichtigen ist, daß ihre Größe die Abhaltung sämtlicher Prüfungsarten und die etwaige Wiederholung von Proben gestatten muß.

Finden die Materialproben auf den Walzwerken statt, so können zu denselben die Abfälle der Bleche verwendet werden. Soweit zugänglich, sind jedoch die sämtlichen Proben, welche für die Prüfung eines Probestapels erforderlich sind, aus den Abfällen eines einzigen Bleches zu machen.

Falls dieselben zur Bornahme der sämtlichen Proben nicht ausreichen, so können die Schmiedeproben aus den Abfällen eines zweiten und nöthigenfalls auch dritten Bleches von womöglich der gleichen Dicke genommen werden. Immer aber sind die sämtlichen Reiß- und Biegeproben aus den Abschnitten einer einzigen Platte zu machen.

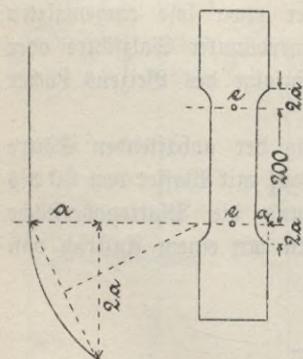
Die Abfälle jedes zu den Proben ausgewählten Bleches müssen jedoch so groß sein, daß sie die Wiederholung von Proben gestatten.

### § 8.

#### Zurichtung der Probestücke zu den Zähigkeitsproben.

Aus jeder gewählten Probeplatte ist ein Probestück in Form und Dimensionen nach untenstehender Figur herauszunehmen. Dies Probestück ist, wie sämtliche weiter unten noch erwähnten, kalt — durch Hobeln, Bohren oder Fräsen, nicht durch Schneiden oder Lochen — herauszuarbeiten.

Der mittlere 200 mm lange parallelepipedische Theil jedes Probestückes ist so breit auszuarbeiten, daß sein Querschnitt für Bleche über 10 mm Dicke etwa 700 qmm, für Bleche von 6 bis 10 mm Dicke etwa 500 qmm, und für Bleche unter 6 mm Dicke etwa 250 qmm beträgt. Die ursprünglichen Oberflächen des Bleches sind im Probestück un- bearbeitet zu lassen. Das Probestück muß genau symmetrisch sein.  $e e$  sind Körnerschläge in Entfernung von genau 200 mm; dieselben sind auf jedem Probestück anzubringen und dienen zur Feststellung der Dehnung desselben. Die Kopfstücke sind 110 mm lang, 104 mm breit zu machen,



und soll der Uebergang zum Mittelstück durch einen Kreisbogen erfolgen, dessen Mittelpunkt auf den in den Körnerpunkten  $e e$  errichteten Normalen zur Mittellinie des Probestücks liegt und in der die Seitenfläche des Kopfstücks in der Entfernung  $2a$  von jenen Normalen schneidet.

## § 9.

## Vornahme der Zähigkeitsproben.

Bevor irgend ein Probestück in die Eisenprobirmaschine eingespannt wird, hat der die Proben ausführende Marinebeamte sich davon zu überzeugen, daß dieselbe vollkommen in Ordnung ist, so daß das Anzeigen eines unrichtigen Ergebnisses mit Sicherheit ausgeschlossen ist. Nachdem der Querschnitt der Probestücke genau aufgemessen ist, hat die erste Belastung des eingespannten Probestücks mit 25 kg pro qmm zu erfolgen; dieselbe ist nach und nach und zwar um je etwa 1,5 kg pro qmm zu steigern.

Hat die Belastung die Höhe von 31 kg pro qmm erreicht, so ist dieselbe von nun an um je etwa 1 kg pro qmm zu vermehren.

Jede höhere Belastung als 31 kg pro qmm läßt man eine halbe Minute auf den Stab wirken.

Die Dehnung, d. h. die Zunahme der Entfernung der beiden Körnerschläge voneinander, ist für jede Belastung zu bestimmen.

Die Stahlplatten dürfen erst bei einer Belastung von 44 kg pro qmm des ursprünglichen Querschnitts zerreißen.

Die Verlängerung muß mindestens 16 pCt. beim Eintritt des Zerreißen betragen.

Bleiben die Ergebnisse des eingangs § 8 genannten Probestücks unter den festgestellten Grenzen, so ist der Probestapel, aus dem die Probestücke entnommen sind, ohne weitere Prüfung zu verwerfen. Glaubt der die Proben ausführende Marinebeamte, im Falle die Versuche nicht ganz genügende Ergebnisse gehabt haben, daß das Material dennoch den Vorschriften entsprechen könnte, so darf mit einem neuen Probestück, welches jedoch aus dem bereits benutzten Bleche geschnitten werden muß, eine nochmalige Zähigkeitsprobe als Kontrollversuch vorgenommen werden. Bleiben die Ergebnisse auch bei dieser Wiederholung unter den festgelegten Grenzen, so ist der ganze Stapel zu verwerfen. Im anderen Falle ist der Stapel den weiteren Proben zu unterziehen.

## § 10.

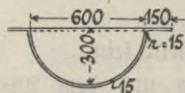
## Schmiedeproben.

Die Platten, deren Zähigkeitsproben befriedigende Resultate ergeben haben, sind einer Schmiedeprobe zu unterwerfen.

## § 11.

## Vornahme der Schmiedeproben.

Die Schmiedeprobe besteht darin, daß die Platte in einer oder mehreren Stüben in die Form einer halbfugelförmigen Schale mit einem umgekrempten in der ursprünglichen Ebene der Platte liegenden Rand gebracht wird. Der innere Durchmesser der Halbfugel muß vierzigmal und die Breite des flachen, ringsförmigen Randes zehnmal so groß als die Plattendicke sein.



Bei dieser Probe darf die Platte keine Risse oder sonstigen Anzeichen starker Beanspruchung zeigen. Die Platten, deren Probestücke diesen Anforderungen nicht entsprechen, sind zu verwerfen.

## § 12.

## Härtungs- und Biegeprobe.

Diejenigen Platten, deren Schmiede- und Zähigkeitsproben befriedigende Resultate ergeben haben, sind einer Biegeprobe in gehärtetem Zustande zu unterwerfen.

## § 13.

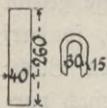
## Zurichtung der Probestücke.

Es wird zu diesem Zweck von jeder einzelnen bis dahin als abnahmefähig erkannten Platte ein Streifen abgeschnitten. Dieser Streifen muß 260 mm lang und 40 mm breit sein, und ist an den Ranten zu hobeln.

## § 14.

## Vornahme der Härtings- und Biegeprobe.

Die Probestücke sind gleichmäßig zu erhitzen, so daß sie in einem halbdunkeln Raum firschroth aussehen, und darauf im Wasser, welches eine Temperatur von 28° Celsius besitzt, abzukühlen. Nach erfolgter Abkühlung werden die Probestücke in einer Presse zusammengebogen (s. Skizze), und muß es möglich sein, denselben, ohne daß Anzeichen eines Bruches entstehen, eine solche bleibende Biegung zu geben, daß der kleinste innere Radius an der Biegungsstelle nicht größer als die Dicke der Platte ist. Sobald die Anzeichen eines Bruches bemerkt werden, ist der kleinste Radius, mit welchem das Probestück bis dahin gebogen worden, genau festzustellen. Die Biegeprobe ist nur dann als genügend anzusehen, wenn sich bei der Biegung von einem inneren Radius gleich der Plattendicke keine Risse zeigen. Die Platten, welche diesen Bedingungen nicht genügen, sind zu verwerfen.



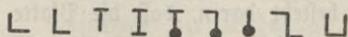
## Abschnitt II.

## § 1.

## Für Profilstahle.

## Allgemeines.

Unter Profilstahle sind zu verstehen die Stahlstangen mit folgenden Querschnittsformen:



Der Stahl soll durch den Siemens-Martin-Prozess hergestellt sein.

Jeder Profilstahl muß mit dem Namen des Fabrikanten und dem Anfertigungsjahr gestempelt sein. Der Lieferung ist stets eine genaue Zeichnung des Profils in natürlicher Größe mit eingeschriebenen Maßen zu Grunde zu legen.

## § 2.

## Besichtigung.

Jeder eingelieferte Profilstahl ist zunächst genau zu besichtigen, um festzustellen, ob derselbe ohne äußerlich wahrnehmbare Walzfehler, Risse, eingewalzte Schlacken oder Schiefer ist. Die in diesen Beziehungen fehlerhaften Profilstähle sind sofort zu verwerfen.

## § 3.

## Aufmessung.

Bei der Aufmessung der Profilstähle ist festzustellen, ob sie die verlangten Längen und die Abmessungen des Querschnittes haben.

Abweichungen in den Längen der Profilstähle bis zu 50 mm nach oberhalb, in den Schenkelbreiten und Steghöhen bis zu 1 mm und in den Schenkel- und Stegdicken bis zu 0,3 mm sind unter Vorbehalt der Gewichtsprüfung gestattet; sind die Differenzen größer, so sind die betreffenden Stücke zu verwerfen.

Größere überschießende Längen werden auf Kosten des Lieferanten beseitigt.

Das Vorhandensein des vorgeschriebenen Profils auf der ganzen Länge des Profilstahls ist mittelst einer Keere festzustellen. Stangen, bei denen bedeutende Differenzen in dieser Hinsicht hervortreten, sind zu verwerfen.

## § 4.

## Wägung.

Alle Profilstähle, welche den bisherigen Prüfungen entsprochen haben, sind einzeln zu wägen.

Überschreitet das Gewicht einer Stange dasjenige Rechnungsgewicht, welches sich ergibt aus der aufgemessenen Länge, dem vorgeschriebenen Querschnitt und dem spezifischen Gewicht von 7,850, so wird die Stange verworfen. Zur Abfürzung des Verfahrens soll indessen gestattet sein, daß bei Stangen von unter 250 kg Gewicht so viel Stangen desselben Profils zusammen verwogen werden dürfen, daß das Gesamtgewicht nicht über 500 kg beträgt.

Das Mindergewicht darf höchstens 4 pCt. betragen, überschreitet es diese Grenze, so ist die betreffende Stange bezw. Gruppe zu verwerfen.

## § 5.

## Auswahl der Probestücke für die Zähigkeitsprobe.

Zur Prüfung der Zähigkeit und Zugfestigkeit der nach den vorhergehenden Paragraphen für gut befundenen Profilstähle ist aus jeder Gruppe desselben Profils von höchstens 5000 kg ein Probestab zu wählen.

## § 6.

## Zurichtung der Probestücke für die Zähigkeitsprobe.

Von jeder Probestange ist aus einem Schenkel bezw. dem Stege ein Probestück von der im § 8 im Abschnitt I für Platten vorgeschriebenen Form und Größe des mittleren Theils herauszuschneiden und bei der Zurichtung ebenso wie im genannten Paragraphen für Bleche vorgeschrieben ist, zu verfahren.

## § 7.

## Vornahme der Zähigkeitsprobe.

Bei der Vornahme der Zähigkeitsprobe ist mit dem Probestück ebenso zu verfahren, wie mit den gleichen Stücken der Bleche im § 9 Abschnitt I vorgeschrieben, jedoch sind hier für Bruchfestigkeit 40 kg pro qmm und für Dehnung 20 pCt. als untere Grenze vorgeschrieben.

Im Uebrigen ist bei ungenügendem Ausfall der Probe in ganz derselben Weise zu verfahren, wie im § 9 Abschnitt I für Bleche vorgeschrieben.

## § 8.

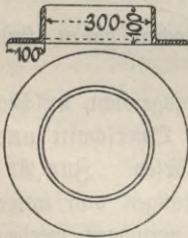
## Schmiedeproben.

Diejenigen Profilstähle, welche der Zähigkeitsprobe entsprochen haben, sind den Schmiedeproben zu unterwerfen.

## § 9.

## Vornahme der Schmiedeproben.

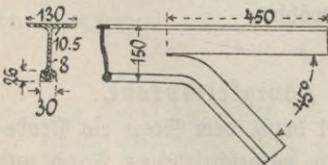
a) Für Winkelstahl. Aus jedem Probestapel werden drei kurze Probestücke entnommen und den folgenden Proben unterworfen:



1. Aus dem einen Probestück ist im rothwarmen Zustande ein Ring zu biegen, so daß ein Schenkel in einer Ebene und der andere senkrecht zu ihm bleibt. Der innere Durchmesser des Ringes darf nicht größer sein als die dreifache Breite des ebengebliebenen Schenkels.
2. Das zweite Probestück ist kalt derartig auseinander zu schlagen, daß die inneren Schenkelflächen in eine Ebene zusammenfallen.
3. Die Schenkel des dritten Probestückes sind kalt zusammenzuschlagen, so daß sich die inneren Schenkelflächen vollkommen berühren.

Bei diesen Proben darf der Winkelstahl keine Risse oder sonstigen Anzeichen starker Beanspruchung zeigen. Die Probestapel, deren Probestücke diesen Anforderungen nicht entsprechen, sind zu verwerfen.

b) Für die übrigen Profilstahl. Aus jedem Probestapel wird eine Stange entnommen. An einem Ende wird der Steg derselben in der halben Höhe auf eine Länge gleich der dreifachen Steghöhe aufgespalten und an dem Ende dieses Spalts zur Verhinderung des Aufreisens ein Loch gebohrt. Dann wird das Ende der Stange warm gemacht und in einer oder mehreren Hitzgen so geöffnet, daß der obere Theil des aufgespaltenen Endes in der ursprünglichen Lage verbleibt und der untere Theil mit dem oberen einen Winkel von  $45^\circ$  bildet.



Endes in der ursprünglichen Lage verbleibt und der untere Theil mit dem oberen einen Winkel von  $45^\circ$  bildet.

Bei diesen Proben darf der Profilstahl keine Risse oder sonstige Anzeichen starker Beanspruchung zeigen. Diejenigen Probestapel, deren Probestücke diesen Anforderungen nicht genügen, sind zu verwerfen.

## § 10.

## Härtungs- und Biegeproben.

Alle Profilstähle, welche den Schmiedeproben genügt haben, sind den Härtings- und Biegeproben zu unterwerfen, und zwar ist von jeder einzelnen Stange ein Probestück für den Versuch abzuschneiden.

Für die Dimensionen und die Bearbeitung der Probestücke, für die Härtung und Biegung und die Abnahme gelten genau die in den §§ 13 und 14 des Abschnitts I für Platten vorgeschriebenen Bedingungen mit dem einzigen Unterschiede, daß für Profilstähle, welche nicht Winkelstahl sind, der kleinste innere Radius an der Biegestelle höchstens gleich der doppelten Dicke des Probestreifens sein darf.

## Schema für das Probetbuch.

Nummer der Probe	Datum der Probe	Bezeichnung des Materials (Plattendicke, Profilstahldimensionen) und des Lieferanten	Für welches Quantum wird die Probe vorgenommen		Dimensionen des Probestücks		Fähigkeitsprobe			Resultate der Schmiedeproben	Härtungs- und Biegeprobe				Bemerkungen <small>(Hier ist anzugeben, ob das Probestück genügt oder aus welchem Grunde dasselbe nicht genügt)</small>
			Prozente über oder unter dem berechneten Gewicht	pCt.	Masse	Querschnitt	Wirklich beobachtete Bruchbelastung	Bruchbelastung pro qmm	Verlängerung in Prozenten		Kleinsten Radius der Biegung beim Bruch	Verhältnis des Radius zur Platten- bezw. Schenkelstärke	Bemerkungen über den Ausfall der Probe		
					mm	qmm	kg	kg	pCt.		mm				

**Festigkeitsproben.** Die Hauptprobe bei den Abnahmen ist die Feststellung des Maßes der Festigkeit und der Dehnung des abzunehmenden Materials, welche Maßnahme in der vorstehenden Abnahmevorschrift genau beschrieben ist.

Diese Bedingungen sind in Kriegs- und Handelsmarine etwas verschieden. Als Beispiel seien drei Festigkeitsbedingungen für Stahl angeführt:

Kaiserliche Marine, nicht unter 40 kg pro qmm Festigkeit und nicht unter 20 pCt. Dehnung; bezw. 44 kg pro qmm und 16 pCt.

Germanischer Lloyd, nicht unter 42 bis 50 kg pro qmm Festigkeit und wenigstens 20 pCt. Dehnung.

Englischer Lloyd, nicht unter 44,1 bis 51,4 kg pro qmm Festigkeit und wenigstens 16 pCt. Dehnung.

Vor etwa 15 Jahren wurden die Abnahmebedingungen noch für sehr schwer erfüllbar gehalten. Ein Beweis für den sehr großen Fortschritt in der Eisen- bezw. Stahl-Industrie aber ist, daß die Bedingungen der Abnahmevorschriften jetzt leicht erfüllt, sehr oft übererfüllt werden, so daß Festigkeiten von 45 bis 55 kg pro qmm mit 25 bis 30 pCt. Dehnung nichts Seltenes sind.

**Kupfer und seine Legirungen.** Wichtige Baumaterialien im Schiffbau sind noch das Kupfer und seine Legirungen. Blei, Zinn, Zink, Nickel und Aluminium kommen weniger häufig zur Verwendung. Die Verwendung von Nickel und Aluminium hat allerdings zugenommen, obgleich das letztere wegen seiner leichten Zerstörbarkeit im Seewasser die gehegten Hoffnungen nicht erfüllt hat; es wird daher auch nur dort verwendet, wo es nicht dauernd mit Seewasser in Berührung kommt.

Das Aluminium wird aus kieselensäurehaltiger Thonerde gewonnen, indem die Kieselsäure durch Rösteln entfernt und das Aluminium reduziert wird, oder auf elektrolytischem Wege. Blei kommt wegen seiner Schwere beim Schiffbau mit Ausnahme von Bleikübeln, Ballast u. s. w. nur noch selten zur Verwendung. Das beim Schiffbau zur Verwendung kommende Nickel ist ein nickelhaltiges Messing, dessen Nickelgehalt zwischen 15 bis 25 pCt. schwankt. Kupfer wird verwendet als elektrolytisches mit 99,9 pCt. Reingehalt, und Blockkupfer mit 99,7 pCt. Reingehalt, die selten in reinem Zustande zur Verwendung kommen. Es wird durch Zusatz von Zinn und Zink zu den verschiedenartigen Bronzen, Messing und Gelbmetallen legirt.

Die Zusammensetzungen (Legirungen) von Kupfer, Zinn und Zink sind sehr verschieden und werden jedesmal dem Zwecke entsprechend, zu welchem das Gußstück oder der Bautheil verwendet werden soll, gewählt.

Nachstehende Kupferlegirungen haben sich erfahrungsgemäß im Schiff- und Schiffsmaschinenbau als zweckmäßig erwiesen.

Bezeichnung der Legirung	Mischungsverhältnis in Prozent			Hauptverwendungszweck	Bemerkungen
	Kupfer	Zink	Zinn		
1. Gußmessing . . .	66 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	33 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>		a. gewöhnliches für untergeordnete Zwecke	
"	70	30		b. für wichtigere Theile	
2. Messing, gewalzt oder gezogen . .	72,5	27,5		c. für Bleche und Draht	
3. Gelbmetall, gewalzt oder gezogen . . . . .	62	38		Zur Herstellung von größerem Befestigungsmaterial	
4. Naval brass, gewalzt oder gezogen . . . . .	62	37	1	Schrauben zur Befestigung der Holzhaut auf stählernen Schiffen	
5. Bronze . . . . .	87	4,3	8,7	Zu Steven, Wellenböden, Schraubenflächen	
6. " . . . . a	89*	oder	10	Unterwassertheile der Torpedoarmirung	* Hierzu einen Theil 10 pCt. Phosphorkupfer
" . . . . b	87		12		
7. " . . . .	91	2	7	Rohrflanschen und Gegenstände, welche hart gelöthet werden müssen	
8. " . . . .	86	4	10	Maschinenzubehörtheile	

Bezeichnung der Legirung	Mischungsverhältnis in Prozent			Hauptverwendungszweck	Bemerkungen
	Kupfer	Zink	Zinn		
9. Bronze . . . . .	86	4	10	Ventile, Säbne, Kesselarmaturen	} je nach der Größe und Wandstärke der Gußstücke
	87	4,3	8,7		
	90	3	7		
10. " . . . . .	85	4	11	Für größere Lagerschalen, welche nicht mit Weißmetall ausgegossen werden	
	88	1	11		
11. " . . . . .	83	5	12	Für kleinere Lagerschalen und Koulissensteine, welche nicht mit Weißmetall aus- gegossen werden	
Weißmetall . . . . .	7,5	Antimon 8,5	84	Für Lager	

Außerdem kommt beim Schiffbau, wo es besonders auf Festigkeit ankommt, Eisenbronze zur Verwendung. Eisenbronze ist eine eisenhaltige Messinglegirung und besteht aus 57,4 pCt. Kupfer, 40,4 pCt. Zink, 1 pCt. Zinn, 1 pCt. Eisen, 0,1 pCt. Aluminium und 0,1 pCt. Mangan. Diese Bronze ist in Rothgluth schmiedbar.

Ebenso wie die Legirungen ist auch die Festigkeit des Materials verschieden; es beträgt die Festigkeit:

Zu		kg pro qmm	Dehnung bei pCt.
1.	Gußmessing für untergeordnete Zwecke . . . . .	10	8
"	" " wichtigere . . . . .	13	10
2.	" " Messingblech und Draht . . . . .	36	10
3.	" " Gelbmetall zur Herstellung von größerem Be- festigungsmaterial . . . . .	36	12
4.	Naval brass-Schrauben zur Befestigung der Holzhaut auf stäh- lernen Schiffen . . . . .	36	18
5.	Bronze, Steven, Wellenböcke, Schraubenflügel . . . . .	18	15
6.	" Unterwassertheile der Torpedoarmirung . . . . .	a 18	15
		b 18	4
7.	" Rohrflanschen und Gegenstände, welche hart gelöthet werden müssen . . . . .	20	20
8.	" Maschinenzubehörtheile . . . . .	18	10
9.	" Kesselarmaturen . . . . .	20	12
10.	" Lagerschalen . . . . .	18	4
11.	" Kleine Lagerschalen und Koulissensteine . . . . .	18	3
	und Eisenbronze eine solche von . . . . .	30	40

So wie beim Schmieden das Eisen nach dem Erkalten schwindet, ebenso schwindet auch das zum Gießen verwendete Material nach dem Erkalten, und zwar:

Guß Eisen um 1/100,

Guß Stahl um 1/72,

Guß Zink um 1/80,

Guß Zinn um 1/147,

Guß Blei um 1/92,

Guß Messing um 1/62,

Guß Geschützbronze um 1/130,

Guß Glockenbronze um 1/65.

Bei Anfertigung von Gußmodellen muß dies beachtet werden.

**Der Panzer und seine Fabrikation.** Die Panzerungen der ersten Zeit bestanden aus Eisenbahnschienen und schmiedeeisernen Bändern, die auf den hölzernen Rumpf aufgenagelt wurden. Erst später stellte man dünne schmiedeeiserne Platten her, die man an- und übereinander mit Schrauben am hölzernen Schiffsrumpf befestigte. Als das Eisen im Kriegsschiffbau zur Anwendung kam, legte man über die stählerne Außenhaut eine Holzschicht und befestigte auf dieser die schmiedeeisernen Platten. Dies mag vom Holzschiffbau übernommen sein. Man hielt außerdem die Holzhinterlage für nothwendig, um dem Stoß des Geschosses eine elastische Hinterlage entgegenzustellen und den eisernen Schiffsrumpf hinter dem Panzer vollkommen dicht zu erhalten.

**Schmiedeeiserne Platten.** Die schmiedeeisernen Platten, welche als Panzer verwendet wurden, wurden immer stärker. Doch es gelang nicht, sie so stark zu machen, daß sie den schweren Geschossen ihrer Zeit widerstehen konnten. Bei weiteren Versuchen wurden die Platten dadurch widerstandsfähiger gemacht, daß man dieselben aus zwei verschiedenen Eisensorten zusammensetzte, einer äußeren, harten, und einer zäheren, weichen inneren. Die härtere Außenschale, wozu sehr bald Stahl verwendet wurde, sollte das Eindringen des Geschosses hindern. Im Falle der theilweisen Zertrümmerung dieser Stahlplatte sollte die zähe Hinterlage das Bersten verhüten.

**Compoundplatten.** Diese Compoundplatten wurden auf drei verschiedene Weisen hergestellt. Die erste bestand darin, daß man auf eine weiche Schmiedeeisenplatte eine harte Stahlplatte aufschweißte. Dieses Verfahren bewährte sich nicht, weil keine vollkommen dichte Verbindung zwischen den beiden Platten hergestellt werden konnte und beim Beschießen sehr oft die harte Oberfläche in der ganzen Schweißfläche absprang.

Die zweite Methode bestand darin, daß man eine schmiedeeiserne Platte in eine Gußform aus Lehm einsetzte, in ihre Oberfläche künstlich Risse und Fugen hineingrub und dann die Stahlmasse aufgoß.

Die dritte bestand darin, daß zwischen eine weiche und eine harte Stahlplatte ein mittleres Material dazwischen gegossen wurde. Das Verhältniß des harten zum weichen Theil war  $\frac{1}{3} : \frac{2}{3}$  der ganzen Dicke.

**Stahlplatten.** Schon Anfang der 80er Jahre stellte sich bei einem Schießversuch in Spezia heraus, daß reine Stahlplatten den Compoundplatten ebenbürtig waren. Definitiv kamen Stahlplatten zur Verwendung, als durch Herstellung des Nickelstahls ein besonders widerstandsfähiges Material erfunden war. Der Nickelstahl wird dadurch hergestellt, daß das Flußeisenbad im Siemens-Martin-Ofen mit reinem Nickel gesättigt wird. Der Nickelzusatz beträgt für den gewöhnlichen Seitenpanzer etwa 7 pCt. Doch werden für sehr harte und widerstandsfähige dünne Panzer und für Panzerbolzen Nickelstahllegirungen von 25 pCt. verwendet.

Man verbesserte den Nickelstahl später durch Härtingsverfahren. Man unterscheidet zwei Arten des Härtingsverfahrens:

1. Härting durch Cementation, d. h. Zuführung von Kohlenstoff,
2. = = Abschreckung.

Die Abschreckungsmethode erfand der amerikanische Oberst Treßidder, die der Cementation der Amerikaner Harvey.

Das neueste Verfahren von Krupp, durch welches ein besonders widerstandsfähiger Panzer hergestellt wird, ist eine Kombination aus den älteren. Es ist erfunden von dem Direktor Ehrensberger bei Krupp.

Die Herstellungsweise ist die folgende: Im Siemens-Martin-Ofen wird das flüssige Stahlmaterial mit etwa 7 bis 8 pCt. Nickel gesättigt. Im flüssigen Zustand wird es abgelassen und in einem der Platte entsprechenden Block gegossen. Dieser Block wird auf etwa 600° abgekühlt und dann zur Abschreckung in ein Delbad mit Hilfe eines Krahns gelegt. Der Block wird dann wieder in den Glühofen gebracht und, nachdem er darin wieder bis zur Weißgluth erhitzt worden ist, auf die richtige Dimension ausgewalzt. Hierauf wird mit der Cementation begonnen. Es wird der Oberfläche dadurch Kohlenstoff zugeführt, daß ein glühender Gasstrom längere Zeit um die Platte geleitet wird. Schließlich wird das Abschreckungsverfahren, das Besprengeln, angewandt. Die Platte wird wieder glühend gemacht, auf eine Ebene gelegt, über welcher sich ein Rohrsystem mit feinen Oeffnungen befindet. Aus diesen strömt Wasser mit atmosphärischem Druck auf die glühende Platte.

Platten nach dem Kruppschen Verfahren haben sich allen anderen überlegen gezeigt. Das Patent ist darum von allen großen Panzerfabrikanten des Auslandes angekauft worden. Die Kraft, welche nothwendig ist, einen Panzer zu durchschlagen, oder die Bestimmung der Plattendicke, welche gegen ein bestimmtes Geschüßkaliber schützen soll, wird nach verschiedenen Erfahrungsformeln berechnet, von denen sich die von Krupp den praktischen Erfahrungen am meisten nähert.

Die Kruppsche Formel lautet:

$$pv^2 = 2408^2 a E^2,$$

worin

- p das Geschüßgewicht in kg,  
 v die Auftreffgeschwindigkeit in m/sek,  
 a das Geschüßkaliber in dem und  
 E die Plattendicke in dem

bedeutet.

### f. Konservirung des Materials.

Für die Konservirung der Schiffe in der Kaiserlichen Marine sind besondere Vorschriften ausgearbeitet worden. Sie sind enthalten in: „Vorschrift für die Pflege der in Dienst befindlichen Schiffe der Kaiserlichen Marine“ und „Vorschriften für Inventar, Material und Einrichtungen an Bord“.

Die Konservirung gliedert sich in:

#### Haltung des Schiffes außenbords.

Außenhaut,  
 Anstrich des Schiffsbodens,  
 Reinigung des Schiffsbodens,  
 Schutz des Schiffsbodens in der Wasserlinie,  
 Außere Beschädigungen des Bodenbeschlages,  
 Nachdichten der Plankennähte außenbords,  
 Schutz des Schiffsbodens gegen die Einwirkung des galvanischen Stromes,  
 Schiffschrauben,  
 Untersuchung der Unterwassertheile beim Docken,  
 Behandlung der Außenhaut oberhalb der Wasserlinie.

#### Reinigung und Reinhaltung des Schiffes innenbords.

Reinigung hölzerner Decks,  
 Reinigung und Schutz bekleideter eiserner Decks,  
 Behandlung der Farbe,  
 Reinhaltung der Aborte, Pantries, Kasten,  
 Reinhaltung des Kielraums,  
 Reinigung der Munitionskammern,  
 Vertilgung des Ungeziefers.

#### Lüftung der Schiffsräume.

Zweck der Lüftung,  
 Arten der Lüftung,  
 Ausführen der Lüftung,  
 Lüften der Zellen im Doppelboden,  
 Vorsichtsmaßregeln beim Betreten schlecht gelüfteter Räume,  
 Lüften der Kohlenbunker,  
 Lüftung der Rauchfangräume,  
 Maßregeln bei heißem Wetter und im Winter.

Sonstige Maßregeln zur Erhaltung und Pflege des Schiffskörpers innenbords.

Dichtheit der Plankennähte,  
 Anstrich für Eisentheile,  
 Farbenanstrich,

Behandlung von Rohren und Ventilen,  
 Hähne, Schleusenventile, wasserdichte Schieber,  
 Cementirungen.

Erhaltung der Gebrauchsfähigkeit besonderer Einrichtungen.

Anfereinrichtungen,  
 Rudereinrichtungen,  
 Einrichtungen für die Boote,  
 Seitenfenster und Pforten,  
 Wasserdichte Thüren,  
 Seehähne und Ventile mit ihren Rohren, Abortrohre, Speigatten, Bade-  
 kammerrohre,  
 Elektrische Anlagen,  
 Asphalt und Steinbelag bezw. Bleibeschlag,  
 die im Gebrauch befindlichen Rundhölzer,  
 Fässer und eiserne Kasten, Wasserkasten,  
 Transport schwerer Gegenstände,  
 Nachtreppungsboje.

Untersuchung und Ausbesserung des Schiffskörpers.  
 Vierteljährliche Untersuchung der Schiffe,  
 Halbjährliche Untersuchung der Schiffe,  
 Jährliche Untersuchung der Schiffe.

**Kosten.** Die Hauptgefahr des Aufbrauchs eiserner Schiffe ist die Korrosion des Eisenmaterials. Der Vorgang ist folgender: Das Eisen verbindet sich mit der Kohlensäure und dem Sauerstoff des Wassers unter Ausscheidung von freiem Wasserstoff zu kohlen-saurem Eisenoxydul. Dies nimmt noch mehr Sauerstoff aus Wasser oder Luft auf und zerlegt sich in Eisenoxyd und freie Kohlensäure, welche den Prozeß bei den benachbarten Eisentheilen von Neuem einleitet. Kommt das Eisen mit Seewasser in Berührung, so wirken die Chlorverbindungen im Seewasser auf Bildung von Eisenoxydchlorid, durch welches die Oberfläche des Eisens nur noch schneller verzehrt wird. Dieser Vorgang unterscheidet sich sehr von der Oxydation des Kupfers und Zinks, bei denen eine Oxydschicht das weitere Umsichgreifen der Oxydation verhindert. Die Mittel, welche man zur Verhinderung der Korrosion anwendet, bestehen in Herstellung eines luft- und wasser-dichten Ueberzuges aus einer geeigneten Substanz. Zur Erhaltung des Eisens bei galvanischen Aktionen, welche zwischen zwei verschiedenen Metallen hervorgerufen werden, schaltet man ein in der Spannungsreihe niedriger stehendes Metall ein, z. B. bringt man auf Schiffen mit Bronzeschraube oder bei Bronze-ventilen Zinkstücke an, welche zu Gunsten des Eisens zerstört werden sollen. Dieselben dürfen nicht gestrichen werden. Unter den Schutzmitteln durch Herstellung eines Ueberzuges giebt es zwei Hauptarten:

1. metallische Ueberzüge,
2. Anstriche.

**Metallische Ueberzüge.** Wegen der Kostspieligkeit werden metallische Ueberzüge nur in wenigen Fällen angewendet, z. B. für Ausrüstungsgegenstände oder kleine Fahrzeuge, z. B. Torpedoboote. Für diese metallischen Ueberzüge kommen in Frage Zn, S, Ni. Galvanistren ist Verzinken auf elektrolytischem Wege. Nickel wird entweder aufgeschweißt oder galvanisch aufgetragen, oder es wird ein hochprozentiger Nickelstahl hergestellt, welcher nicht korrodirt. Es sind darin viele Versuche gemacht worden, die sehr gut ausgefallen, wegen der hohen Kosten aber nicht zur allgemeinen Einführung gelangt sind.

**Anstriche.** Man hat für Anstriche:

- a) Leinölfirnisstriche,
- b) Spirituslackfarbanstriche,
- c) Steinkohlentheer, Asphalt, Mineralwachs u. s. w.

a) Leinölfirnisse werden mit Mennigzusätzen aufgestrichen. Der beste ist ein Bleimennigeanstrich, der als Grundfarbe aufgetragen wird. Weiter wird angewendet Eisenmennigeanstrich, Bleiweiß- oder Zinkweißanstrich.

b) Spirituslackfarben. Der Boden eines jeden eisernen Schiffes überzieht sich nach einiger Zeit mit einem Anwuchs von Pflanzen und Schalthieren. Durch die Säurebildung und die Fäulnißprodukte des Anwuchses tritt eine Korrosion des Schiffskörpers ein. Vor Allem aber wird durch die Rauheit der Schiffsoberfläche der Reibungswiderstand des Schiffes erheblich erhöht und dadurch die Geschwindigkeit sehr vermindert (2 bis 3 kn). Für hölzerne Schiffe oder für beplankte Schiffe wird Kupfer — Mungmetall — oder Zinkbeschlag angewendet, weil diese Materialien viel weniger bewachsen, als Eisen.

Die Schutzanstriche des Schiffsbodens gegen das Bewachsen sind deshalb nach zwei Richtungen hin hergestellt:

Erstens: giftige Salze, die Schellacklösungen beigelegt sind, oder Verreibungen solcher Salze mit Talg;

zweitens: solche Farben, welche sich langsam im Seewasser lösen und durch ihre Unbeständigkeit den Anwuchs verhindern.

Es werden stets 2 bis 3 Anstriche aufgetragen, der erste beim Bau des Schiffes, der Grundanstrich, der zweite während des Gebrauches, die die Rostbildung verhindern sollen. Weitere Anstriche sollen den Anwuchs verhindern. Die gebräuchlichsten Farben in der Marine sind die von Höveling, Matzen, Hansa, Dr. Pflug u. s. w.

**Cementirung.** Zur Konservirung des inneren Bodens, welcher der Feuchtigkeit stark ausgesetzt ist, benutzt man Silikatstriche oder einen Ueberzug einer dünnen Cementschicht. Guter Portlandcement mit einem Zusatz von Sand haftet an reinem metallischen Eisen ziemlich fest und bildet einen Ueberzug, der sich als ganz besonders wirksam zur Konservirung des Eisens erweist. Wegen der Sprödigkeit und der geringen Widerstandsfähigkeit kann dieser Schutz am Außen-

boden nicht verwendet werden. Der Cementüberzug wird im Innenboden oft bis zur Kimmangewendet in einer Dicke von 1 bis 5 cm. Der Nachtheil des Cementanstrichs ist seine Schwere, weshalb trotz seiner vorzüglichen Eigenschaften für den Doppelboden meist Silikatfarben verwandt werden. Da, wo ein Verstärken nicht möglich ist, wird Cement auch zur Dichtung verwandt und hat sich vorzüglich bewährt. Da, wo Gefahr einer galvanischen Aktion vorliegt, in stählernen, eisernen, kupfernen Drainageröhren, an Ausgüssen u. s. w., wendet man auch einen Asphaltüberzug an. Dieses Erdwachs wird warm aufgetragen und hat sich für seine Zwecke gut bewährt.

**Docks der Schiffe.** Es würde zu weit führen, wenn über die verschiedenen Dockarten gesprochen würde; es sollen hier nur kurz die Hauptarten und das Docken selbst erwähnt werden.

Die Docks dienen dazu, Schiffe zum Untersuchen, Streichen oder Repariren ihrer Unterwassertheile trocken zu stellen. Man unterscheidet an Hauptarten Trockendocks und Schwimmdocks.

Ein Trockendock ist ein ausgegrabenes Bassin mit gemauertem Boden und mit Seitenwänden, welche an einer Schmalseite offen sind und mit einem Verschlussponton verschlossen werden können.

Die Schwimmdocks sind meist aus Stahl gebaute schwimmende Gebäude (hölzerne Docks sind nur noch wenige vorhanden), welche das zu dockende Schiff in sich aufnehmen und aus dem Wasser herausheben können.

In der Nähe des Trockendocks stehen Gebäude mit großen Dampfpumpen, welche das Wasser aus dem Dock pumpen. Auf den Schwimmdocks sind die Dampfpumpen in die doppelten Seitenwände der Docks eingebaut.

Für leichtere Fahrzeuge, z. B. Torpedoboote, sind Aufschleppen vorhanden, welche ein Trockenstellen dieser Schiffe dadurch herbeiführen, daß sie auf untergefahrenen Wagen, die den Spantformen der betreffenden Auflagerstelle sich anpassen, hochgezogen werden. Meist sind Maschinen mit Trommeln aufgestellt, die den Wagen auf einer schiefen Ebene in der Quer- oder Längsrichtung mit Ketten und Trossen aufs Trockene ziehen.

Im Auslande ist beim Docken besonders Aufmerksamkeit zu verwenden, da die geregelten heimischen Zustände dort meist nicht vorhanden sind und sehr leicht dem Schiffe durch das Docken dauernde Schäden zugefügt werden können.

Wenn das Schiff in das Dock verholt und vermittelst Trossen und Taljen in der Mitte des Docks festgehalten wird, wird mit dem Auspumpen des Wassers aus dem Dock begonnen und so lange gepumpt, bis das Schiff an der tiefsten Stelle des Kiels auf den Stapelklößen aufsteht. Dies läßt sich an den im Dock und am Schiff angebrachten Tiefgangsmarken feststellen. Nun wird mit dem Pumpen aufgehört und die obere Reihe Seitenstützen zwischen Schiff und Dock aufgehoben. Das Festkeilen der Stützen wird erst dann ausgeführt, wenn das

Schiff auf den Stapellbögen aufsteht. Ist die obere Reihe der Stützen festgekeilt, dann wird das Auspumpen des Dockes fortgesetzt. Während des weiteren Pumpens werden weitere notwendige Stützen zum Abfangen des Schiffes angebracht.

Bei Schiffen mit hinten auflaufendem Kiel wird, wenn das Schiff auf den Stapellbögen feststeht und die obere Reihe Stützen angebracht ist, bevor das Wasser weiter aus dem Dock ausgepumpt wird, von Tauchern durch Anbringen von Stützen der freitragende Kiel abgesteift.

Bei Schiffen, bei denen die Hacke über den Kiel hervorragt, ist darauf zu achten, daß die hinteren Stapellböge fehlen, bis das Schiff aufsteht, und dann passende Absteifungen für das Achterschiff angebracht werden, damit nicht die ganze Last des Schiffes beim Peerpumpen auf die Hacke kommt und diese abbricht.

Bei Benutzung der Dockes haben die Schiffskommandos den mit dem Betriebe derselben zusammenhängenden Anordnungen des Schiffbaurefforts bezw. des Torpedorefforts, sowie der Betriebsdirigenten Folge zu geben. Der für das Eindocken eines in Dienst befindlichen Schiffes festgesetzte Zeitpunkt wird dem Schiffskommando seitens der Werft unter gleichzeitiger Angabe darüber, ob das Wasser aus den Dampfkesseln abgelassen werden soll, mitgetheilt.

Vor dem Einholen in das Dock sind Pulver und geladene Eisenmunition zu löschen, falls das betreffende Schiff voraussichtlich länger als acht Tage im Dock verbleiben wird.

Zur Bekämpfung von Feuergefahr hat das Ausrüstungsressort dem Schiffskommando unmittelbar nach dem Eindocken Hydranten und Schläuche zu übergeben, welche stets so klar zu halten sind, daß bei Ausbruch von Feuer die Pulverkammern und Räume für geladene Eisenmunition sofort überfluthet werden können. Ein Schlüssel zum Hydranten ist in der Nähe des letzteren von der Werft unter Verschuß zu halten, ein zweiter Schlüssel ist dem Schiffskommando mit der Maßgabe zu verabsolgen, daß er nur zur Entnahme von Wasser für Feuerlöschzwecke in Benutzung genommen werden darf. Jeder weitere Bedarf an Wasser zu Reinigungs- u. s. w. Zwecken ist seitens des Schiffskommandos von der Werft zu requiriren.

Zum Einlassen von Wasser in die Dockes ist während der Arbeitszeit der Dockbetrieb, außerhalb der Arbeitszeit die Feuerwache seitens des Schiffskommandos zu benachrichtigen.

Das Senken der Schwimmdocks geschieht nach Benachrichtigung des Schiffskommandos durch die Dockwärter.

Das Ausrüstungsressort hat sich unmittelbar nach dem Eindocken davon Ueberzeugung zu verschaffen, daß alle Sicherheitsmaßregeln vorbereitet und das Schiffskommando über dieselben unterrichtet ist.

Vor dem Eindocken müssen ferner die an Bord befindlichen schweren Gegenstände, als Anker, Boote, Geschütze u. s. w. festgezurrt sein.

Sämmtliche Wanten und Stagen sind aufzufrieren, Bram- und Marsstängen zu streichen, der Klüverbaum ist einzuziehen.

Ausnahmsweise kann die Werft von den letztgenannten Maßnahmen absehen.

Das Verholen in das Dock und aus demselben bezw. vor die Torpedobootschleppe geschieht nach Anleitung des Dockmeisters bezw. eines Werkmeisters des Torpedorefforts durch das Schiffskommando. Auf Ansuchen haben die Schiffskommandos auch beim Aufholen und Befestigen der Stützen u. s. w. Hülfe zu leisten und Maßnahmen zu treffen, etwaige Schlagseite des Schiffes durch Verschieben von Gewichten an Bord zu beseitigen.

Von dem Augenblicke an, wo mit dem Auspumpen des Docks bezw. mit dem Aufschleppen eines Torpedobootes begonnen wird, übernimmt die Werft die Verantwortlichkeit für die Sicherheit des Schiffes, solange dasselbe im Dock bezw. auf Land steht.

Während das Schiff im Dock bezw. an Land steht und namentlich während des Trockenstellens ist das Schiffskommando dafür verantwortlich, daß die Bejagung unter allen Umständen die seitens der Werft an Bord oder an Land festgemachten Trossen, Leinen, Talsen u. s. w., die zur Sicherheit des Schiffes gesetzten Stützen oder sonst getroffenen Vorkehrungen vollkommen unberührt läßt.

Das Schiffskommando hat dafür Sorge zu tragen, daß die zur Kommunikation zwischen Schiff und Land bezw. zwischen Schiff und Dock dienenden Aufstellungen vor ihrer Benutzung in ausgiebigster Weise durch Anbringen von Strecktauen, Geländerstangen u. s. w. gegen Herabstürzen, Ausgleiten der Passanten u. s. w. gesichert werden.

Während des Aufenthaltes des Schiffes im Dock bezw. auf Land ist Folgendes zu beachten:

a) Um Beanspruchungen vorzubeugen, welche der Abstützung des Schiffes oder der Sicherheit des Docks gefährlich werden könnten, muß das Bewegen schwerer Gegenstände an Bord ganz vermieden werden. Boote, Geschütze und Anker bleiben gezurrt.

b) Das Losmachen der Segel darf nur bei ganz stillem Wetter und mit Zustimmung des betreffenden Betriebsdirigenten stattfinden.

c) Jede Beschmutzung des Docks ist streng untersagt. Läßt sich dieselbe, wie z. B. beim Scheuern der Kupferhaut, nicht vermeiden, so ist das Dock alsbald wieder gründlich zu reinigen.

d) Aller Schmutz, Kehricht, Abfall u. s. w. ist an Land auf einen von der Werft bestimmten Platz zu bringen. Weder vom Schiff noch vom Dock aus darf irgend etwas über Bord geworfen oder gegossen werden.

e) Die an Bord befindlichen Klossets dürfen nicht benutzt werden und sind zu verschließen.

Wird behufs Versekung oder Aufschwimmens des gedockten Schiffes Wasser in das Dock gelassen, so ist dies dem Schiffskommando rechtzeitig durch den Betriebsdirigenten des Docks anzuzeigen. Seitens des Kommandos

sind demnächst sämmtliche Ventile zu schließen, die wasserdichten Abtheilungen zu peilen und die gebotenen Vorsichtsmaßregeln zu treffen. Der Betriebsdirigent des Docks ist sofort zu benachrichtigen, wenn weiteres Einlassen von Wasser in das Dock mit Nachtheil für das Schiff verbunden sein sollte.

**Fitten.** Früher wurden die Schiffe vor dem Docken, jetzt noch zuweilen bei vorkommenden Havarien und wenn eine Dockzeichnung des betreffenden Schiffes nicht zur Hand ist, gefittet, um Unebenheiten im Kiel, Durchbiegungen des Schiffes oder den Verlauf des Kiels festzustellen. Das Fitten besteht darin, daß ein hölzerner Rahmen, dessen Seitenränder Maßzahlen tragen, unter dem Kiele durchgezogen wird, so daß bei Havarien an den betreffenden Stellen vorstehende oder eingedrückte Theile abgemessen werden, um danach die Stapelung einrichten zu können.

In neuerer Zeit unterbleibt das Fitten jedoch fast ganz. Man schiebt kurz vor dem Aufstehen des Schiffes auf den Stapelklößen Taucher nach unten, und diese legen auf die Stapelklöße, auf welchen das Schiff nicht ruht, Keilstücke auf, so daß alle Stapelklöße gleichmäßig tragen. Dann erst wird das Wasser aus dem Dock weiter ausgepumpt. Hierdurch wird das zeitraubende Fitten erspart.

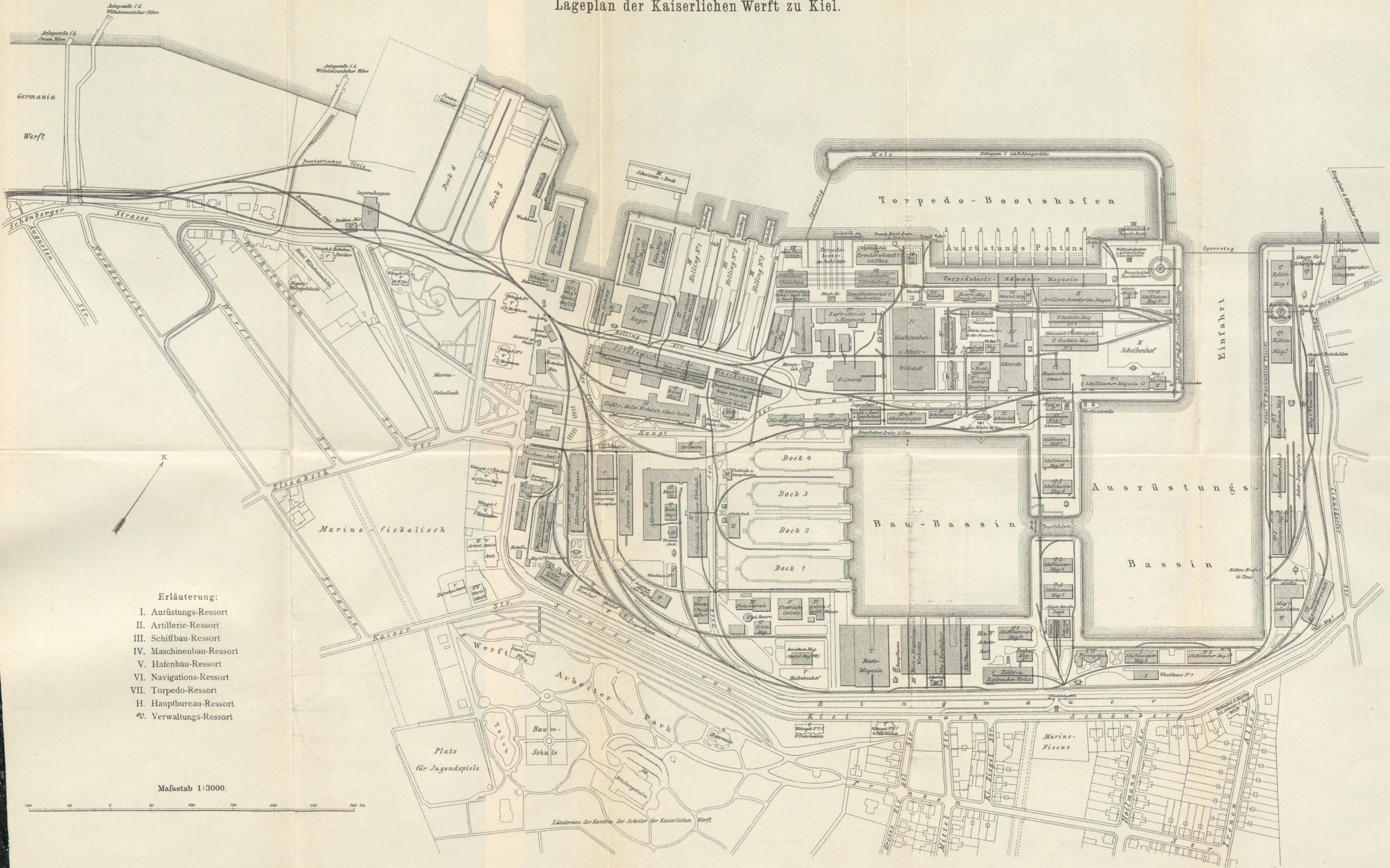
**Werften und Werkstätten.** Docks gehören zu den Werftanlagen, in denen Schiffe erbaut, ausgerüstet und reparirt werden.

Als Beispiel einer Staatswerft ist die Skizze der Kaiserlichen Werft Kiel beigelegt; als Beispiel einer Privatwerft die Neuanlage der Kruppschen Germania-Werft in Kiel. Als Beispiel für Werkstätten sind Skizzen beigegeben. — (S. die Tafeln XXI, XXII, XXIII und XXIV.)

Beim Holzschiffbau war das Werkstätten-System nicht so ausgebildet wie jetzt beim Eisenschiffbau. Es gab nur sechs Werkstätten, die zum Schiffbau gehörten, die Tischlerwerkstatt, die Malerwerkstatt, die Boots- und Mastenbauwerkstatt und die Schmiede- und Schlosserwerkstatt, letztere auch nur in kleinem Maßstabe. Der eigentliche Schiffbau war ausschließlich Handarbeit und konnte auch nur von gelernten Handwerkern (Schiffszimmerleuten) ausgeführt werden. Mit dem Uebergang zum Eisenbau wurde die Beschaffung von Arbeitsmaschinen für den eigentlichen Schiffbau und auch im größeren Maße für die Schlosserwerkstatt erforderlich. Um solche unterzubringen, mußten auch größere Werkstatträume geschaffen werden. Im gleichen Maße, wie die Anforderungen wuchsen, die an die Werften gestellt wurden, mußte auch der Bedarf an Maschinen beschafft und für diese Werkstatträume geschaffen werden. Dieselben haben jetzt solche Dimensionen erreicht, daß sie mit den früheren Werkstätten auch nicht annähernd verglichen werden können.

In den Hauptschiffbauwerkstätten (Eisenbearbeitungswerkstätten) werden die Spanten, Balken, Schlingen, Schotten, Platten und Panzerplatten bearbeitet. Zu diesem Zwecke sind an Eisenbearbeitungsmaschinen: Stanzen, Scheeren, Plan-

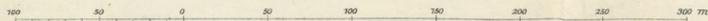
### Lageplan der Kaiserlichen Werft zu Kiel.

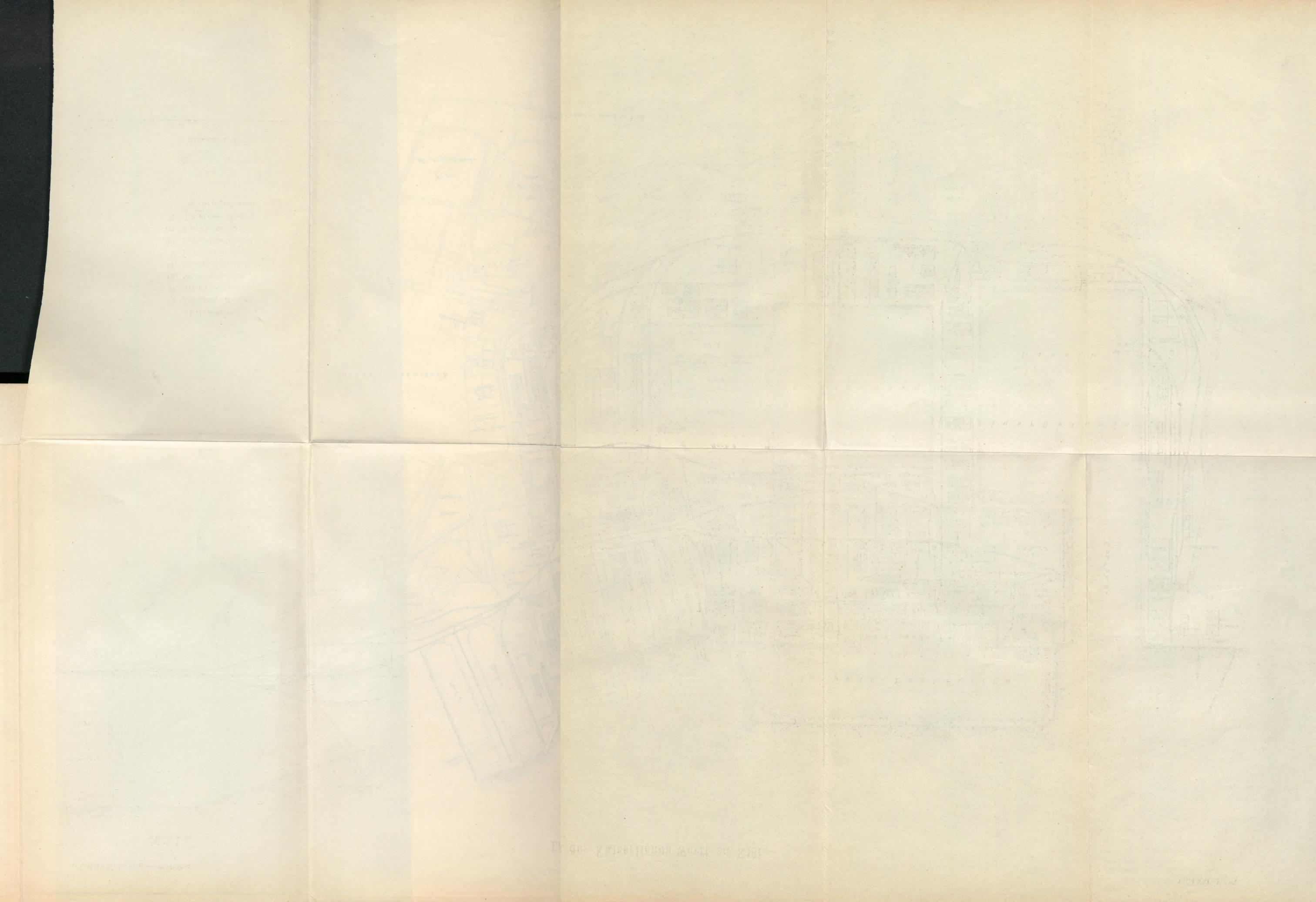


**Erläuterung:**

- I. Ausrüstungs-Ressort
- II. Artillerie-Ressort
- III. Schiffbau-Ressort
- IV. Maschinenbau-Ressort
- V. Hafenubau-Ressort
- VI. Navigations-Ressort
- VII. Torpedo-Ressort
- H. Hauptbureau-Ressort
- Ⓞ. Verwaltungs-Ressort

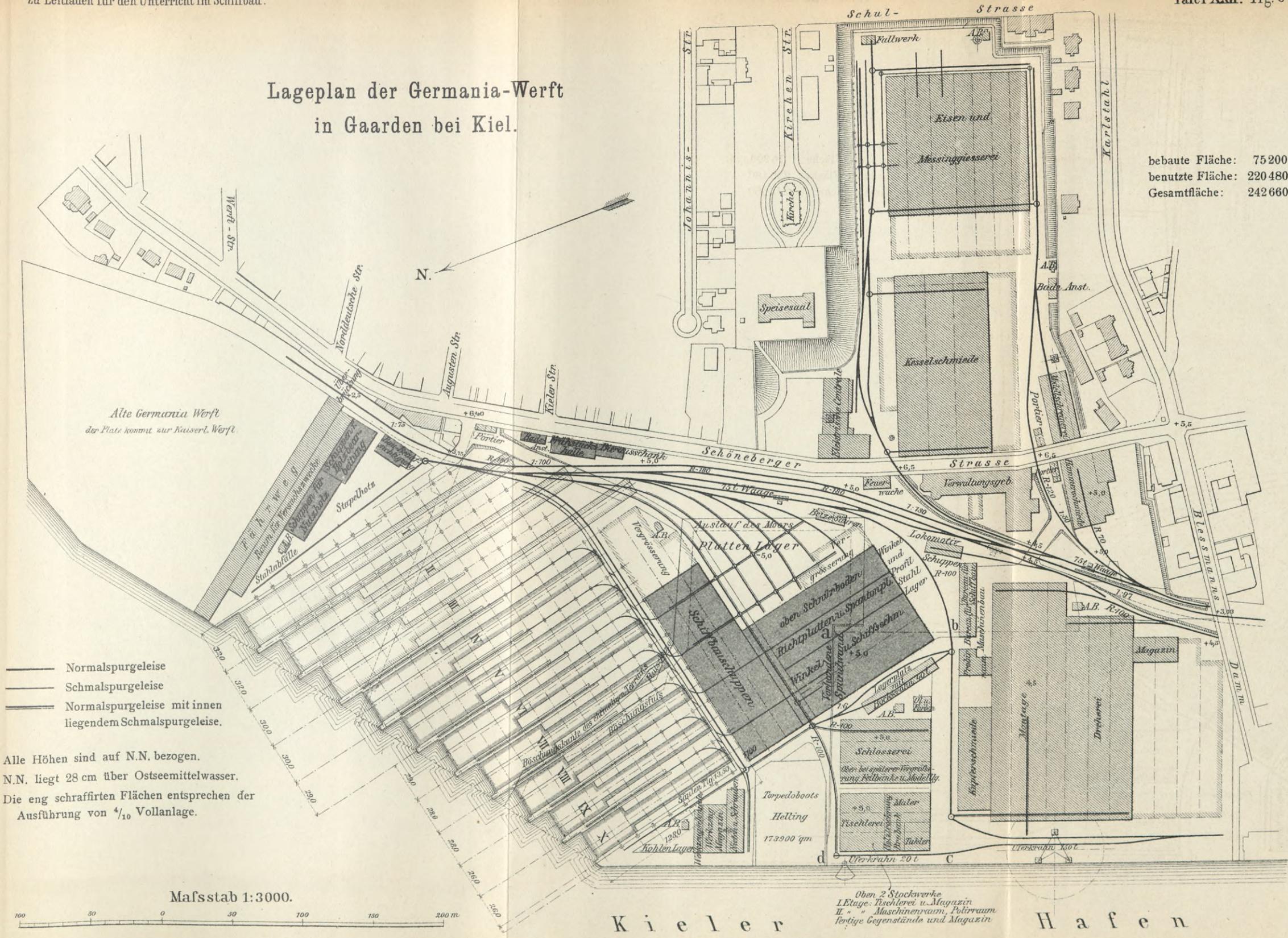
Mafsstab 1:3000.





### Lageplan der Germania-Werft in Gaarden bei Kiel.

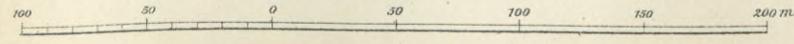
bebaute Fläche: 75 200 qm.  
 benutzte Fläche: 220 480 „  
 Gesamtfläche: 242 660 „



- Normalspurgeleise
- Schmalspurgeleise
- Normalspurgeleise mit innen liegendem Schmalspurgeleise.

Alle Höhen sind auf N.N. bezogen.  
 N.N. liegt 28 cm über Ostseemittelwasser.  
 Die eng schraffirten Flächen entsprechen der Ausführung von  $\frac{4}{10}$  Vollanlage.

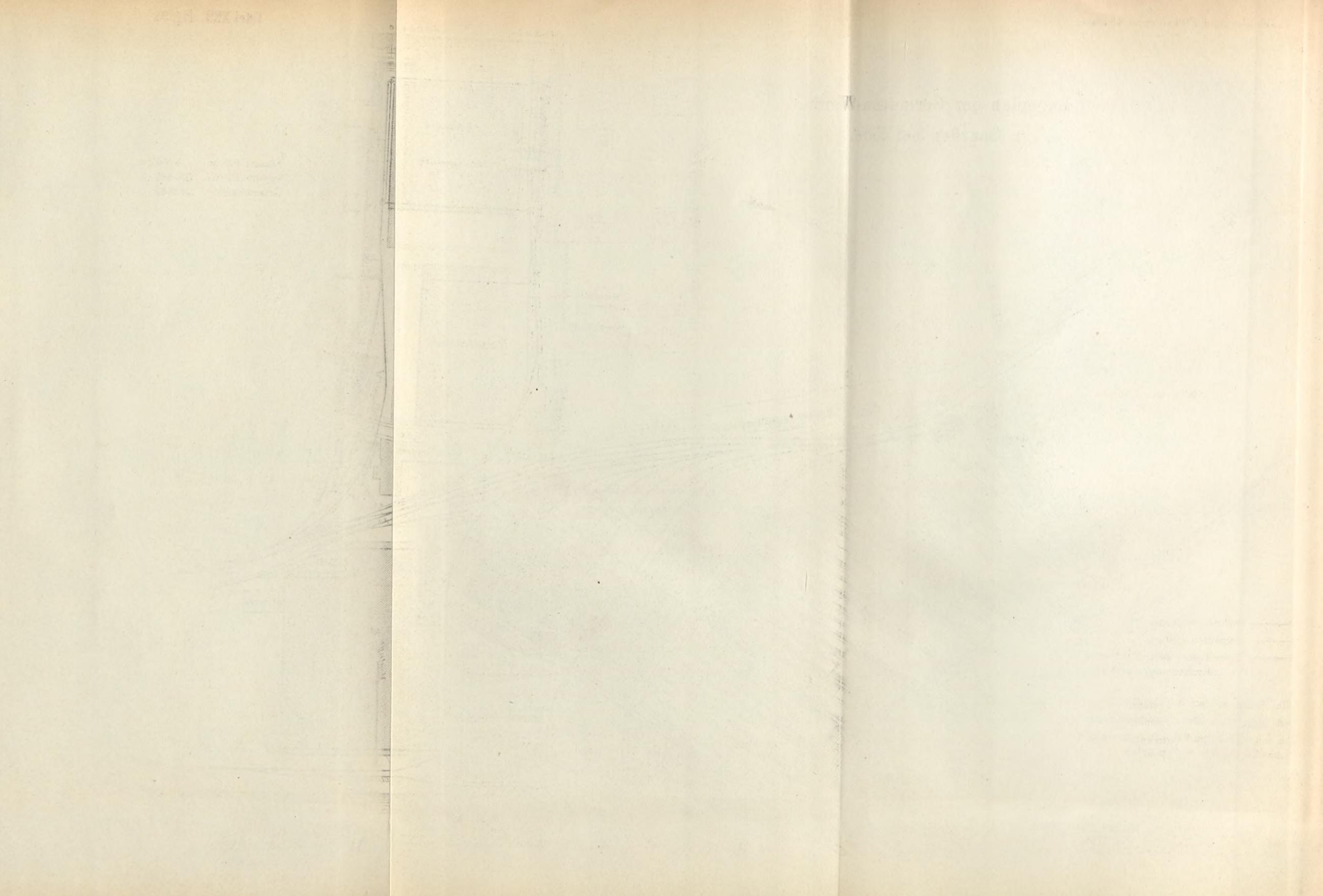
Mafsstab 1:3000.



K i e l e r

H a f e n

Oben 2 Stockwerke  
 I. Etage: Fischerei u. Magazin  
 II. " " Maschinenraum, Pfortraum  
 fertige Gegenstände und Magazin



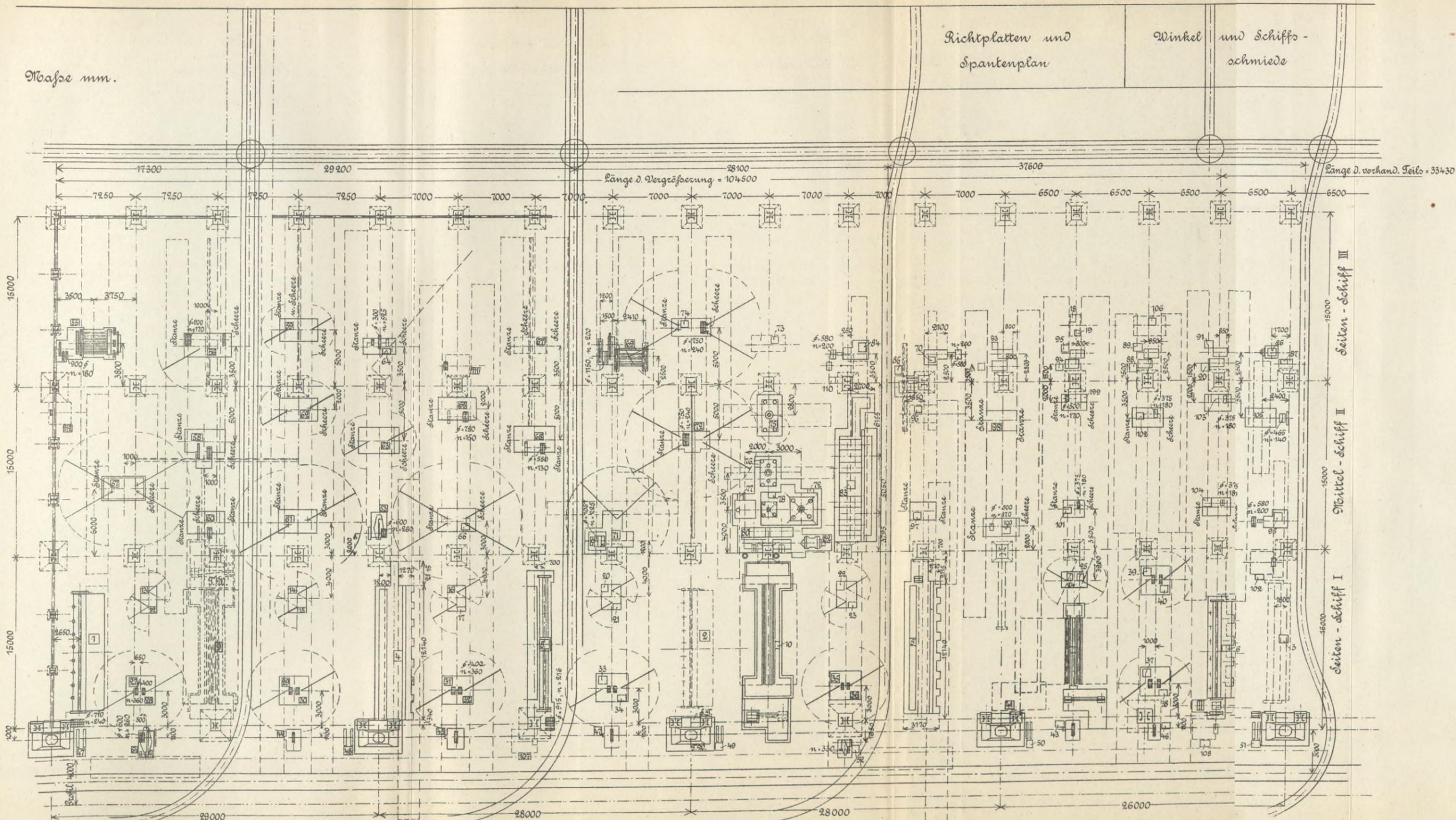
# Germania-Verft, Gaarden-Kiel. Schiffbauschuppen, Aufstellung der Maschinen. 1:350.

Maße mm.

Richtplatten und Spantenplan

Winkel und Schiffschmiede

## Erklärung der Nummern.



- |                                     |                                     |   |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1. Blechkantenhobelmaschine (9 m).  | 34. Versenkbohrmaschine.            | 72. Stanze, Blech- und Winkel-scheere.  |
| 2. Blechkantenhobelmaschine.        | 35. Versenkbohrmaschine.            | 73. Stanze, Blech- und Winkel-scheere.  |
| 3. Blechkantenhobelmaschine (9 m).  | 36. Versenkbohrmaschine.            | 74. Stanze und Scheere.                 |
| 4. Blechkantenhobelmaschine (10 m). | 37. Versenkbohrmaschine.            | 75. hydraul. Mannlochstanze.            |
| 5. Blechkantenhobelmaschine.        | 38. Versenkbohrmaschine.            | 76. hydraul. Presse.                    |
| 6. Blechkantenhobelmaschine (7 m).  | 39. Versenkbohrmaschine.            | 77. hydraul. Flanschenpresse.           |
| 7. Blechkantenhobelmaschine.        | 40. Versenkbohrmaschine.            | 78. Accumulatoren.                      |
| 8. hgr. Blechkantenhobelmaschine.   | 41. Ausschermaschine.               | 79. Accumulatoren.                      |
| 9. Biegewalze.                      | 42. Blechkantenhobelmaschine (7 m). | 80. Presspumpe.                         |
| 10. Biegewalze.                     | 43. Schmirgelscheibe.               | 81. Presspumpe.                         |
| 11. Biegewalze.                     | 44. Schmirgelscheibe.               | 82. Presspumpe.                         |
| 12. Gelenkbohrmaschine.             | 45. Schmirgelscheibe.               | 83. hydraul. Kielplattenbiege-maschine. |
| 13. Gelenkbohrmaschine.             | 46. Schmirgelscheibe.               | 84. Kaltsäge.                           |
| 14. Gelenkbohrmaschine.             | 47. Schleifstein.                   | 85. Kaltsäge.                           |
| 15. Gelenkbohrmaschine.             | 48. Schleifstein.                   | 86. Façonsenscheere.                    |
| 16. Gelenkbohrmaschine.             | 49. Schleifstein.                   | 87. horizontale Bohrmaschine.           |
| 17. Gelenkbohrmaschine.             | 50. Schleifstein.                   | 88. horizontale Bohrmaschine.           |
| 18. Gelenkbohrmaschine.             | 51. Schleifstein.                   | 89. horizontale Bohrmaschine.           |
| 19. Gelenkbohrmaschine.             | 52. Schleifstein.                   | 90. horizontale Bohrmaschine.           |
| 20. Gelenkbohrmaschine.             | 53. Schleifstein.                   | 91. horizontale Bohrmaschine.           |
| 21. Gelenkbohrmaschine.             | 54. Scheere (25 mm Blech).          | 92. horizontale Bohrmaschine.           |
| 22. Gelenkbohrmaschine.             | 55. Blechrichtwalze.                | 93. horizontale Bohrmaschine.           |
| 23. Gelenkbohrmaschine.             | 56. Stanze und Scheere.             | 94. horizontale Bohrmaschine.           |
| 24. Gelenkbohrmaschine.             | 57. Stanze und Scheere.             | 95. horizontale Bohrmaschine.           |
| 25. Gelenkbohrmaschine.             | 58. Stanze und Scheere.             | 96. Stanze und Scheere.                 |
| 26. Gelenkbohrmaschine.             | 59. Stanze und Scheere.             | 97. Stanze und Scheere.                 |
| 27. Versenkbohrmaschine.            | 60. Stanze und Scheere.             | 98. Stanze und Scheere.                 |
| 28. Versenkbohrmaschine.            | 61. Stanze und Scheere.             | 99. Stanze und Scheere.                 |
| 29. Versenkbohrmaschine.            | 62. Stanze und Scheere.             | 100. Stanze und Scheere.                |
| 30. Versenkbohrmaschine.            | 63. Stanze und Scheere.             | 101. Stanze und Scheere.                |
| 31. Versenkbohrmaschine.            | 64. Stanze und Scheere.             | 102. Stanze und Scheere.                |
| 32. Versenkbohrmaschine.            | 65. Stanze und Scheere.             | 103. Stanze und Scheere.                |
| 33. Versenkbohrmaschine.            | 66. Stanze und Scheere.             | 104. Stanze und Scheere.                |
|                                     | 67. Stanze und Scheere.             | 105. Richtwalze.                        |
|                                     | 68. Stanze und Scheere.             | 106. horiz. Winkelscheere.              |
|                                     | 69. Richtwalze.                     |   |
|                                     | 70. Kaltsäge.                       |   |
|                                     | 71. Joggingmaschine.                |   |

5

4

5ellinge

3

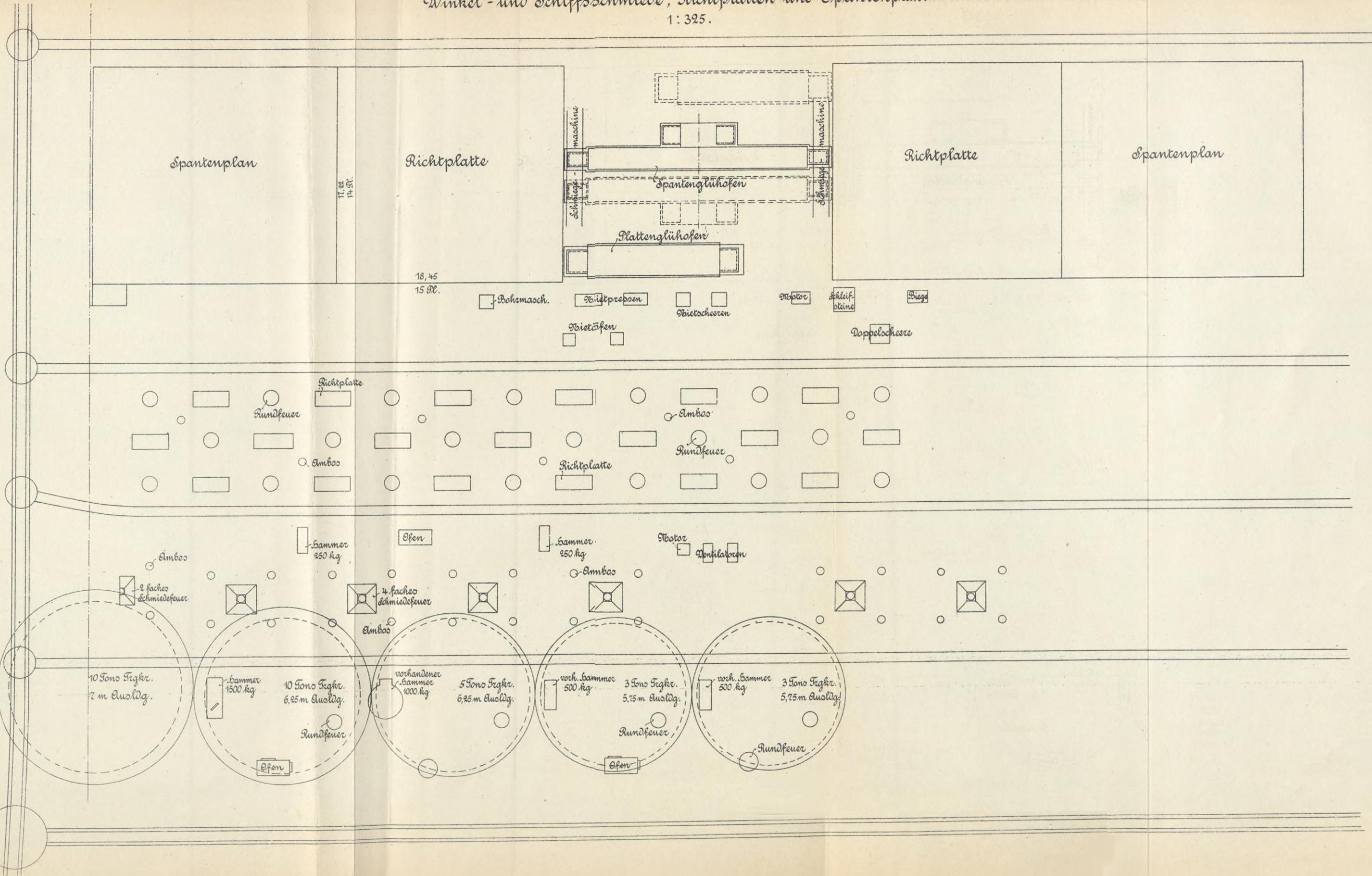
2

1



# Germania-Werft in Gaarden bei Kiel. Winkel- und Schiffschmiede, Richtplatten und Spantenplan.

1:325.





und Kantenhobelmaschinen, Walzen, Pressen, Kaltfägen, Shapingbänke, Bohrmaschinen, Fräsbänke, Schmirgelschleifmaschinen u. s. w. aufgestellt. Zum Heben und Bewegen schwerer Materialien sind Laufkräne eingebaut. Diese Maschinen werden von der Haupt- oder Betriebsmaschine vermittelt der Transmission zur Arbeitsleistung in Bewegung gesetzt; jede Maschine kann für sich durch besondere Ein- und Ausschaltvorrichtungen in oder außer Betrieb gesetzt werden.

Außerdem befinden sich in der Schiffbauwerkstatt die Glühöfen, in welchen die Spanten und Platten vor der Bearbeitung erhitzt werden, auch eine Anzahl Schmiedefeuern, auf welchen die Winkelarbeiten von besonderen Handwerkern (Winkelschmiede) ausgeführt werden.

Die zweite Eisenbearbeitungswerkstatt ist die Schmiede- und Schlosserwerkstatt, die an Größe der ersten Werkstatt gleichkommt; auch hier ist eine große Zahl der verschiedensten Maschinen: Bohrmaschinen, Fräsmaschinen, Schraubenschneidemaschinen, Nutstoßmaschinen, Schleifmaschinen, Revolver- und sonstige Drehbänke, aufgestellt. Zur Ausführung der Schmiedearbeiten befinden sich in der Werkstatt eine größere Anzahl Schmiedefeuern und verschiedene Dampfhammer. In dieser Werkstatt werden die beim Schiffbau vorkommenden Schmiedearbeiten, wasserdichte Verschlüsse, Pumpen- und Drainageeinrichtungen, Ueberfluthungs- und Entwässerungsventile, Fenster, Ventilatoren, Ruderleitungen, Ruderanzeiger, Sprachrohre, Schrauben, Bolzen, Nieten und alle sonstigen bei der Einrichtung der Schiffe vorkommenden Beschläge aus Eisen, Stahl, Bronze, Messing oder Kupfer u. s. w. hergestellt.

In der Tischlerwerkstatt, welche mit einer Anzahl der Neuzeit entsprechender Holzbearbeitungsmaschinen, wie Hobelmaschinen, Band- und Kreisfägen, Fräs-, Zink- und Stemmmaschinen, ausgerüstet ist, werden die beim Schiffbau vorkommenden Holzarbeiten und die Möbel angefertigt.

Die Malerwerkstatt ist mit maschinellen Einrichtungen zur Herstellung und Mischung von streichrechter Farbe versehen. Ihr fällt die Aufgabe zu, die den Schiffen mitzugebenden Farben streichrecht in Dosen verpackt herzustellen und Schiffe und deren Inventar mit Farbeanstrich zu versehen.

Die Boots- und Mastenbauwerkstatt ist die einzige Werkstatt, die gegen früher kleinere Dimensionen angenommen hat. Dies hat seinen Grund darin, daß die Verwendung von Rundhölzern der Schiffe nicht in dem Umfange stattfindet wie früher, weil die neueren Schiffe nicht mehr voll getakelt werden, sondern nur Gefechtsmasten, Signalfängen, Signalgaffeln, Ladebäume und Backsbäume erhalten; voll getakelt sind nur noch die Schulschiffe.

In dieser Werkstatt sind nur wenig Maschinen, eine Hobelbank, Band- und Kreisfägen, aufgestellt; ihr fällt die Neufertigung sowie die Reparatur der Rundhölzer und Boote zu.

An diese Werkstatt angeschlossen ist das Boots- und Rundholzmagazin; beide Magazine sind mit Laufkränen versehen.

Außer diesen Werkstätten befinden sich zur Ausführung der schiffbaulichen Arbeiten mehrere bedachte Arbeitsplätze, welche auch mit Eisenbearbeitungsmaschinen ausgerüstet sind, an den Kais vertheilt aufgestellt. Sie werden hauptsächlich von den Leuten in Anspruch genommen, welche Reparaturen auf den im Baubassin liegenden Schiffen ausführen.

Neben diesen Werkstätten sind noch Werkstätten für Maschinenbau, für Torpedoboote, Torpedos, Taklerwerkstätten, Ausrüstungs- und Navigationsgebäude, Schiffskammern, Gebäude zur Aufbewahrung von Inventar und Material, Artilleriewerkstätten und Lagerchuppen, Verwaltungsgebäude u. s. w. vorhanden.



## Alphabetisches Inhaltsverzeichnis.

(Die Zahlen beziehen sich auf die Seiten, f. hinter einer Zahl = und folgende Seite, ff. = und folgende Seiten.)

- Abdichten des Schiffes 126.  
Ablauf, Längs- 154.  
= , Quer- 154.  
Ablaufgeschwindigkeit 155  
Abliegender Gang 142 f.  
Abmessungen der Schiffe 13.  
Abnahme von Gewichten an Bord 53 f.  
Abnahmevorschriften für Materialien 113. 172 ff.  
Abschnüren des Schiffes 110.  
Abschiffenachse 31.  
Abstand der Riete 119.  
Admiralty mile 73.  
Äquatoriales Trägheitsmoment 94.  
Ähmings 15.  
Aktionsradius 10.  
Aluminium 182.  
Anfangsstabilität 43 ff.  
Anhängsel 25. 61.  
Anlegen der Schiffspläne 87.  
Anliegender Gang 142 f.  
Annäherungsformel, Normandsche 17.  
Anstrich 188.  
Archimedes, Prinzip des 1.  
Archimedes, hydrostatische Lehrsätze 6.  
Areal der OWL. 12.  
Areal des Hauptipants 12.  
Aron Manby, erstes eisernes Dampfschiff 108.  
Asphaltüberzug 189.  
Atwoodsche Formel 44.  
Aufklärungsdienst 2.  
Aufleger 122 f.  
Aufmessung der Bleche 174.  
= = Profilstahle 179.  
Aufrichtungsmoment, Hebelarm 51 f.  
Aufschwimmen des Pontons 115.  
Auftrieb 16. 35.  
Ausbau des Schiffes 8.  
Ausschlagwinkel beim Schlingerversuch 50 f.  
Außenhautbeplattung 125.  
= =beplattung 141 ff.  
Austauchendes Keilstück 44. 58 ff.  
Austauchung 48.  
Aviso 2. 3.  
  
Balkenkiel 131. 143.  
= =weger 122. 125.  
Ballast 47.  
= =eisen 47.  
Bark 4.  
Barnes Methode für Stabilitätsberechnung 57.  
Batteriedeck 2.  
Bau der Schiffe 153.  
= des Schiffes nach dem Ablauf 161.  
= =gerüst 117.  
= =materialien 169.  
= =modell 112.  
= =systeme 163.  
= =vorschrift 88.  
Beispiele, numerische, für eine Festigkeits-  
berechnung 91 ff.  
Beispiele, numerische, für metazentrische Höhe 62.  
= , numerische, für Trimmberchnung 68.  
Beizung der Bleche 175.  
Belastungskurve 90.  
Benzon 103.  
Bepflanzung 124. 129.  
Berechnung der metazentrischen Höhe 64.  
Berechnungsergebnisse, graphische Darstellung 87.  
= =spannen 110.  
Bergholzplancken 122.  
Besanmast 4.  
Besansegel 4.  
Besatzungsgewicht 10.  
Besichtigung der Bleche 174.  
Bewachen des Schiffsbodens 127.  
Besichtigung der Profilstahle 179.

Bessmer-Birne 171.  
   = -Prozeß 171.  
 Biegeprobe für Bleche 178.  
   =       = Profilstahle 181.  
 Biegungsprobe 113.  
 Bilge 47.  
 Binnenstevenknie 121.  
 Biographie des Schiffes 85.  
 Blei 182.  
 Blockmodell 112.  
 Board of trade 17.  
 Bodenbeschlag der Holzschiffe 127.  
   = -weger 122.  
   = -wrange 122. 123. 136. 143.  
 Bombardensfahrzeug 2.  
 Bootsbauwerkstatt 193.  
 Bootsmannsinventar 10.  
 Borax 118.  
 Bordasche Regel 20 f.  
 Börtelmethode der Außenhaut 142.  
 Bourgeoisische Formel 76.  
 Bramme 172.  
 Bramstenge 4.  
 Brander 2.  
 Brauneisenstein 169.  
 Breite des Schiffes 15.  
 Breitenmetazentrum M. 17. 36 ff.  
 Brigg 2. 5.  
 Brunel 108.  
 Brutto-Raumgehalt 97. 101 f.  
   = -Tonnengehalt 97.  
 Bucht, Balkenbucht 124.  
 Bugsegel 5.  
   = -spriet 5. 121.  
 Builders' Old Measurement 101.  
 Bunkerbreite 10.  
 Bureau Veritas 105.  
  
**CWL.** (Konstruktionswasserlinie) 15.  
 Cementation des Nickelstahls 185.  
 Cementirung 188.  
 Certificat 106.  
 Chapman, v., schwedischer Admiral 1.  
 Charnier für die Luken 149.  
 Chasse-Marée 5.  
 Coachsystem 163.  
 Compoundmaschinen 10.  
   = -platten 184.  
 „Congo“, englisches Kanonenboot 109.  
 Cycloide 89.  
 (Was unter C vermißt wird, suche man unter S und Z.)

**Dampfströcke** 10.  
 „Danzig“, Radforvette 109.  
 Decks, hölzerne 144.  
   = , eiserne 144.  
   = -balken 122. 124. 137 f. 143.  
   = -balkenknie 138.  
   = -belag 144.  
   = -bepflanzung 122. 126. 143 f.  
   = -bepflanzung 144.  
   = -plan 86.  
   = -planke 125.  
   = -stringer 143. 144.  
   = -stützen, feste 122. 138 f. 143.  
   =       = , klappbare 139 f.  
 Depeschensfahrzeug 3.  
 Displacement 6. 7. 16. 20.  
 Displacementsberechnung 20. 26 ff.  
   = -koeffizient  $\delta$  für Kriegs- und  
   Handelschiffe 12. 30.  
 Displacementskurve 26.  
   = -schwerpunkt (F.) 16. 31. 35.  
   = -schwerpunkte, Berechnung 29.  
   = -skala 26. 70.  
   = -überschuß 90.  
   = -volligkeitsgrade für Kriegs- und  
   Handelschiffe 12.  
 Destillirapparat 10 f.  
 Diagonalbänder 143. 145.  
   = -stringer 145.  
   = -weigerung 122.  
 Dichtungsmaterial 126.  
 Differenzkurve 90.  
 Dimensionsliste 113. 114.  
 Docht 126.  
 Docken der Schiffe 189.  
 Donau-Regel 99.  
 Doppelboden 136.  
   = -konstruktion 136 f.  
 Dreieckerlinien Schiff 1 f.  
 Druck des Schiffes unter Wasser 16.  
 Drucklager 145.  
 Dynamische Stabilität 36. 54. 57.  
   = Stabilitätskurve 55.  
 Dynamisches Stabilitätsmoment 55.  
 Dynamometer 77.  
  
**Effektive Leistung** 82.  
   = Pferdestärke 75.  
 Ehrensberger 185.  
 Einrichtungszeichnungen 86.  
 Eintauchung 48.

Eintauchendes Keilstück 44.  
 = = , Schema 58 ff.  
 Eintheilung der Kriegsschiffe 3 ff.  
 = = Handelschiffe 4.  
 Eisen 169.  
 = , schmiegbares 170.  
 = , spezifisches Gewicht 19.  
 = -bearbeitungsmaschinen 192.  
 = -bearbeitungswerkstatt 192.  
 = -bronze 183.  
 = -karbonat 169.  
 = -mangan 172.  
 = -oxyd 169.  
 = -oxydhydrat 169.  
 = -oxydorydul 169.  
 = -probirmaschine 177.  
 = -schiffbau 131 ff.  
 = -siliciumlegirung 172.  
 = -verbindungen 169.  
 Elektrisches Schweißverfahren 118.  
 Erfahrungskoeffizient 8.  
 Fahrbare Krähne 117.  
 Festigkeitsbedingungen für Stahl 181.  
 = -berechnung 89.  
 = -probe 113.  
 Fitten 192.  
 Flach Kiel 131.  
 Flammofen 171.  
 Flächenelemente 25.  
 Flußeisen 170.  
 = -stahl 170.  
 Fockmast 4.  
 Formel für Widerstandsberechnung 8.  
 Formveränderung 6.  
 Fregatte 1 f.  
 Freibord 6. 16.  
 Frischen des Eisens 170.  
 Frischwasser 10.  
 Froudesche Theorie 73.  
 Fundamente 145.  
 Führerboot 3.  
 = -schiff 3.  
 Füllstreifen 142.  
 Gaffelsegel 4.  
 = -topsegel 4 f. 5 f.  
 Gallion 121.  
 Galvanisiren 188.  
 Gefechtsmast 11.

Gefechtssturm 11.  
 Gegenmodell 112.  
 = -spant 136.  
 = -spantwinkel 143.  
 Geladene Wasserlinie 43.  
 Gemessene Meile 73.  
 Germanischer Lloyd 105 f.  
 Gesamtanzug vom Brutto-Raumgehalt 103.  
 = -Brutto-Raumgehalt 102.  
 = -gewicht der Maschine 9.  
 = -tauchungsänderung 68 ff.  
 = -tauchungsunterschied 66.  
 = -wasserverdrängung 7.  
 = -widerstand 81.  
 Geschützplattform 48.  
 Geschwindigkeit 17. 73.  
 Gewicht für die Ausrüstung 10 f.  
 = = = Besatzung 10.  
 = = = Bewaffnung 11. 14.  
 = = = Heizmaterialien 10.  
 = = = Hülfsmaschinen 9 f.  
 = = = Lebensbedürfnisse 10.  
 = = = Maschinenanlage 11.  
 = = = Panzerung 14.  
 = = = Schiffskörper 11.  
 = = = Takelage 11.  
 Gewicht an Bord, verschieden längsschiffs 65 f.  
 Gewicht, todes 7.  
 Gewichte in Prozenten des Displacements 11.  
 Gewichtsberechnung für neuere Fahrzeuge 18.  
 = -kurve 90.  
 = -verzeichnis 48.  
 Gleichgewicht, indifferent 35 f.  
 = , labil 35 f.  
 = , stabil 35.  
 Gleitbahn für den Ablauf 154 f.  
 Glühofen 193.  
 „Great Britain“, erstes Schraubenschiff 108.  
 = „Eastern“ 108.  
 = „Northern“, erstes größeres Schraubenschiff 109.  
 Große Küstenschiffahrt 106.  
 Großmast 4.  
 Gross Register Tonnage 101.  
 Sagermast 5.  
 Halbmodell 112.  
 Handelsamt, englisches 17.  
 Handelschiffe, Eintheilung 4.  
 Hauptspant 12.  
 = -areal 16. 30.

- Hauptspant eines Eijenshiffes 143.  
 = = Handelsshiffes Fig. 88  
     Taf. XIX.  
 = = hölzernen Schiffes 122.  
 = = Kanonenbootes 164.  
 = = Kompositshiffes 128.  
 = = Panzerdeckkreuzers Fig. 87  
     Taf. XVIII.  
 = = Panzerkreuzers Fig. 86  
     Taf. XVII.  
 = = Panzerschiffes Fig. 85  
     Taf. XVI.  
 = = Torpedobootes 164.  
 = =völligkeitsgrade 13.  
 = =winkel 143.  
 = =zeichnung 87.  
 Härteprobe 113.  
 Härtungsprobe für Bleche 178.  
     = = Profilstahle 181.  
 Härtungsverfahren des Nickelstahls 185.  
 Hebelarm GH 37.  
     = des Aufrichtungsmomentes 51.  
 Hebelstoppvorrichtung beim Stapellauf 156.  
 Helling (Helfen) 115.  
 Hemmung beim Stapellauf 156.  
 Hintersteven 123. 134 f.  
     = eines Handelsschiffes 135.  
     = = Kriegsschiffes 135.  
 Hochofen 169.  
 Hochseepanzerhiff 2.  
 Holzschiffbau 120 ff.  
 Horizontaldruck 16.  
     = -komponente 16.  
     = -kraft 16.  
     = -moment der Keilstücke 57.  
 Hölzer 123.  
 Hüllmaschinen, Gewicht 9.  
 Indifferente Verbandtheile des Schiffes  
     117.  
 Inbizirte Pferdestärke 73.  
 Inhölzer 123.  
 Integralkurve 90.  
 Integration 90.  
 Interkostal-Rielschwein 131.  
 Inventarienetat 10.  
 „Iron Sides“, erstes größeres eisernes Dampf-  
     schiff 108.  
 Isolirende Zwischenschicht 130.  
 Sammlager 145.  
 Kanonenboot 2. 3. 4.  
     = jollen 2.  
 Kapern 2.  
 Kaperbrief 2.  
     = -schiff 2.  
 Kastenrielschwein 132.  
     = -modell 112.  
 Keilstück 37.  
 Kentern 35 f.  
 Keßelfundament 145.  
 Kettennietung 119.  
 Kiel eines Schiffes 121. 131.  
     = -gang 131.  
     = -pflanzen 122.  
     = -schwein 122. 124. 131.  
     = -stapel 116.  
 Rinn 23. 123.  
     = -kiel 52. 132.  
     = -stringer 93. 143.  
     = -stück 123.  
 Rinnung 144.  
 Rinnweg 122. 143.  
 Rlamaien 126.  
 Rlamaien 126.  
     = -hammer 126.  
 Klappthür, wasserdichte 146 f.  
 Klassen der Nachten 105.  
 Klümmermethode bei Außenhautplatten 142.  
 Klüver 4. 5.  
     = -baum 5.  
 Knoten 73.  
 Koeffizient  $\delta$  12.  
 Kofferdamm 166.  
 Kohlenbunkerschieber 150.  
     = -schott 128.  
     = -thür, wasserdichte 151.  
 Kohlenloch, Durchmesser 10.  
     = -verbrauch 10.  
 Kollisionschott 140.  
 Kompensation 116.  
 Komposit gebaut 168.  
     = -schiff 127.  
 Konservirung des Schiffes außenbords 186.  
     = = = innenbords 186.  
     = = = Materials 186 ff.  
 Konstruktionsdaten 14.  
     = -gleichung 11. 14.  
     = -wasserlinie 15.  
     = -zeichnung 85.  
 Konverter 171.

Koordinatensystem 87.  
 Korfgürtel 166.  
 Korrektur der Stabilitätsmomente 56.  
     = für dynamische Stabilität 61.  
     = statische Stabilität 61.  
 Korrosion 187.  
 Korvette 1 f.  
 Kostenanschlag eines Schiffes 18.  
 Kosten eines Linienschiffes 19.  
 Krängung 46.  
 Krängungsgewicht 47.  
     = -lothe 47.  
     = -tiefgang 47.  
     = -versuch 45 ff. 62. 161.  
     = -versuch, Schema 49.  
 Kreuzer, große 3 f.  
     = , kleine 3 f.  
     = -yacht 104.  
 Kreuzmast 4.  
 Kriegsschiffe, alte Eintheilung 1 f.  
     = , neue = 2 ff.  
 Krupp'sche Formel 185.  
 Küstenfahrt, kleine 106.  
 Rundschiffsfahrzeug 3.  
 Kupfer 182.  
     = -beschlag 127. 167.  
     = -legirungen 182.  
 Kupferung des Schiffsbodens 167.  
 Kurve der Trimmmomente 66.  
 Kurvenlineale 84. 85.  
     = -segment 22.  
 Kutter 2. 5.  
     (Was unter K. vermisht wird, suche man unter C.)  
  
**Länge des Schiffes L** 15.  
 Längenmetazentrum  $M_1$  17. 36. 39 ff.  
 Längsriß 85 f.  
 Längsschiffsstabilität 53.  
 Längsschnitt 85 f. 87.  
 Längschotte 140.  
 Längsspant 136. 143.  
 Längsverbandtheile des Schiffes 117.  
 Lancirohr 3.  
 Landmarke beim Schlingerversuch 51.  
 Lashung 142.  
 Lastenmaßstab 33. 67.  
     = , Berechnung 28.  
 Lateralmetazentrum 17. 36.  
 Latteninstrument für Schlingerversuch 50 f.  
 Lebendes Werk 15.

Leckage 34.  
 Leedrechnung 67 f. 71.  
 Leerspantenmodell 113.  
     = -system 113.  
 Leichte Wasserlinie 43.  
 Lentztafel 87.  
 Lichtpappapparat 84.  
 Limbergang 122.  
 Lineares Meßverfahren 103.  
 Linienschiff 1 f. 3.  
     = , Kosten 19.  
 Linoleum 144.  
 Lloyd 105.  
 Lloyds Register of British and foreign  
     Shipping 105.  
 Logleine 73.  
 Longitudinalmetazentrum 17. 36.  
 Loskiel 122.  
 Lot 15.  
 Luftwiderstand 75.  
     = -zuführungsschlauch 158 ff.  
 Luggen 5.  
     = -segel 5.  
 Lutendefel 148 f.  
     = -farbe 145.  
     = -stringer 143. 145.  
 Lufthül 126. 143.  
 Luppen 171.  
     = -quetsche 171.  
  
**Magneteisenstein** 169.  
**Magnetkies** 169.  
**Malerwerkstatt** 193.  
**Mall**, Brettermodell 112.  
**Malllinie** 112.  
**Mannlöcher** 152.  
**Manövrierfähigkeit des Schiffes** 6. 13.  
**Marsschwindigkeit** 10.  
**Marsstenge** 4.  
**Maschinenfundament** 145.  
     = -platte 145.  
**Maschinengewicht für Kriegsschiffe** 8 f.  
     = = Torpedoboote 9.  
     = = Schnelldampfer 9.  
     = = Frachtdampfer 9.  
**Maschineninventar** 10.  
     = -leistung nach Froude 75.  
     = -vorräthe 10.  
**Mastenbaumwerkstatt** 193.  
**Material** 10.

- Materialabnahme 113.  
   = -beschaffung 112.  
   = -bestellung 113 f.  
 Materialienetat 10.  
 „Medea“, englischer Radavis 109.  
 Meerwasser, spezifisches Gewicht 7.  
 Meridian-Grad 73.  
   = -quadrant 73.  
 Meßverfahren, abgekürztes 100.  
   = , , englisches 101.  
   = , , für offene Fahrzeuge 101.  
   = , , vollständiges 97. 100.  
 Meßbrief 97 f.  
 Metazentrum 35 f.  
 Metazentrische Höhe, M G 17. 44 f. 56.  
   = , , Berechnung 64.  
   = , , Kurve 42.  
 Metallische Ueberzüge 188.  
 Meteoreisen 169.  
 Mibbendorfsche Formel 76.  
 Mittelkielschwein 143.  
 Modellschleppversuch 78 ff.  
   = -schneidemaschine 77.  
 Moment einer Fläche 24.  
   = eines Körpers 24.  
 Moseleysche Formel 55.  
 Motor, Benzin= 5.  
   = , , Naphtha= 5.  
   = , , Propulsions= 5.  
   = , , Pump= 5.  
  
 Nachrichtendienst 2.  
 Name des Fabrikanten 174.  
 Nautical mile 73.  
 Navigationsinventar 10.  
 Neigungswinkel 55.  
 Netto-Raumgehalt 97. 102.  
   = -Register-Tonnage 102.  
   = -Tonnengehalt 97.  
 Nickel 182.  
   = -stahlplatten 184.  
 Niederdruckmaschinen 10.  
 Niet 119.  
   = -durchmesser 119 f.  
   = -reihen, Entfernung der 119 f.  
   = -schrauben 119.  
 Nietung 119.  
   = , , elektrische 120.  
   = , , Festigkeits= 119.  
   = , , hydraulische 120.  
   = , , ölbichte 119.  
  
 Nietung, wasserdichte 119.  
 Normandische Annäherungsformeln 17. 76.  
 Normand, Schiffskonstrukteur 17.  
 Nützliche Zuladung 97.  
  
 Oberschiff 15.  
 Ordinatenachse 31.  
  
 Panzerbefestigung 165.  
   = -bolzen 165.  
   = -deck 3. 166.  
   = -deckkreuzer 4.  
   = -fabrikation 184.  
   = -kanonenboote 3.  
   = -kreuzer 4.  
   = -lukendeckel 148.  
   = -schiffe zur Küstenverteidigung 3.  
 Papprolith 144.  
 Parabel 31 f.  
   = -gleichung 31.  
   = -segment 22.  
 Paraffin-Formkappen 77.  
   = , , Modell 74. 77.  
   = -schmelzofen 77.  
 Parallele Austauschung 66.  
   = -Eintauchung 66.  
   = -Tiefertauchung 67.  
 Parameter 32.  
 Patentflog 73.  
 Pausleinwand 84.  
   = -papier 84.  
 Pendel, das rollende Schiff als 51 f.  
 Periode der Schlingerbewegung 52.  
 Periodisches Ueberlaufen von Mannschaften  
   48. 50.  
 Perpendikel 15.  
 Pferdestärke, effektive, P. S. e. 17.  
   = , , indizierte, P. S. i. 8. 17.  
 Planimeter 84.  
 Plattenabwicklung 142.  
   = -gang 141.  
   = -plan 142.  
   = -strak 141.  
   = -streifen 141.  
 Poop 98 f.  
 Probeduch, Schema für Probestücke 181.  
   = -fahrt eines Schiffes 163.  
   = -stapel 175 f.  
   = -stücke für Bleche 176.  
 Profilstahle 114, 178 f.

- Prüfung der Bleche 174.  
 Puddeln des Eisens 171.  
 Puddelofen 171.  
  
**Querschnitt** 87.  
 Querschotte 140.  
 Querverbandtheile des Schiffes 117.  
  
**Raa** 4.  
   = Segel 4.  
 Rabat 127.  
 Raddampfer, Seiten- 3.  
   = , Hinter- 5.  
 „Rattler“, alter englischer Schraubenkreuzer  
   109.  
 Raumbalken 137.  
 Rauminhalt für 1 t Kohlen 10.  
   = 97.  
 Raumstringer 93. 144.  
 Rechenchieber 84.  
 Reeling 125 f. 143.  
 Regenerativfeuerung 171.  
 Registertonne 97.  
 Reibungswiderstand 74. 81.  
 Reichsvermessungsamt 97.  
 Reitknie 121.  
 Renneverfahren 170.  
   = Werth 103 f.  
   = Yacht 104.  
 Reserveantrieb beim Stapellauf 155.  
   = Schwimmkraft 6. 17.  
   = Spant 136.  
 Restwiderstand 81.  
 Rollbewegung 53.  
 Roheisen 169 f.  
 Rohrdurchführungen durch wasserdichte Schotte  
   152.  
 Rotheisenstein 169.  
 Ruderstegen 134 f.  
  
**Sandpallung** 155.  
 Sanduhr 73.  
 Schandekel 122. 125.  
   = Oberkante 16.  
 Schanzkleidbeplankung 125.  
   = Kleidstütze 125.  
 Scheergang 122.  
   = Stock 145.  
 Schema für Krängungsversuch 49.  
 Schiff, Definition 1.  
   = , Eintheilung 1.  
   Schiff, Entwurf 6.  
   = , Ketten 5.  
   = , Motor 5.  
   = , Seil 5.  
   = , Verband 6.  
 Schiffbau, Allgemeiner 1 ff.  
   = , praktischer 107.  
   = , theoretischer 1.  
 Schiffbaustahl 109. 170.  
 Schiffseigengewicht 8.  
   = Klassifikation 105.  
   = Körpergewicht in Prozenten 8.  
   = Magnetismus 116.  
   = Pferdekraft 75.  
   = Register 106.  
   = Umfang 100.  
   = Vermessung für den Suezkanal 102.  
   = Vermessungsordnung 97. 102.  
   = Widerstand 13.  
   = Zeichnungen 84.  
 Schleppbassin 77.  
   = Versuchsanstalten 76 ff.  
 Schlinge 145.  
 Schlingern 52 f.  
 Schlingerkiel 48. 52. 132.  
   = Versuch 48.  
 Schlosserwerkstatt 193.  
 Schlussrechnung der Stabilitätswerte 57. 60 f.  
 Schmiedeprobe für Bleche 177 f.  
   = = Profilstahl 180.  
 Schmiedewerkstatt 193.  
 Schmiermittel beim Stapellauf 155.  
 Schnelldampfer als Hilfskreuzer 3.  
 Schnitte 22. 86.  
 Schnürboden 100.  
   = Arbeit 110.  
 Schooner 2. 5.  
   = , Topsegel 5.  
   = , Dreimast-Topsegel 5.  
   = , Gaffel 5.  
   = , Dreimast-Gaffel 5.  
 Schoonerbart 5.  
   = Brigg 5.  
 Schotte, wasserdichte 140.  
 Schottschleufe 146.  
 Schraubbolzen für Außenhautbeplankung 129.  
 Schraubenrahmen 134 f.  
   = Steden 134.  
 Schulschiffe 4.  
 Schwefelties 169.  
 Schweißstangen 170.

- Schweißen durch Angießen 118.  
 Schweißpulver 118.  
   = Stahl 170.  
 Schwerkraft 35.  
 Schwerpunkt, Errechnung desselben 24 ff.  
   = cylindrischer Kessel 9.  
   = der Maschinen 9.  
   = des eingetauchten Längen-  
     planes 15.  
   = des Hauptpanters 16.  
   = des leeren Schiffskörpers 8.  
 Schwimmdock 189.  
   = ebene 15.  
   = kraft 16 f.  
   = ponton 115.  
 Schwindmaß 183.  
 Schwingungen des Schiffes 50.  
 Schwingungsdauer für die Stampfbewegung  
 52 f.  
 Schwingungszahl 50.  
 Scott Ruffel 108.  
 Seefähigkeit des Schiffes 6.  
 Seemeile 73.  
 Seewasser, mittleres spezifisches Gewicht 16.  
 Segeleinheit 103.  
   = Länge, Formel 104.  
   = Schiff 4.  
 Seitenkielschwein 143.  
 Seitenpanzer 3.  
   = stringer 143.  
 Senten 86.  
 Sentlatte 123.  
 Sehen 53.  
 Sehweger 122.  
 Siemens-Martin-Flußeisen 108.  
   = = = Prozeß 171.  
 Silikatfarbe 188 f.  
 Simpsons Koeffizient 23. 27 ff.  
 Simpsonsche Regel 20. 22 f.  
 Sinoidenförmig 21.  
 Slip der Schraube 75.  
 Spannungen der äußersten gezogenen Faser 91.  
   = = = gedrückten Faser 91.  
 Spanten 21. 123.  
   = eiserner Schiffe 135 f.  
   = form 32.  
   = riß 85.  
   = skala 26.  
 Spantthölzer 123. 125.  
   = inhaltskala 33.  
   = integralkurven 33 f. 68.  
 Spantschablonen 77.  
 Spateisenstein 169.  
 Speerties 169.  
 Spezialschiffe 4.  
 Spezifikationsliste 113.  
 „Sphinx“, französischer Radavis 109.  
 Sponung 15. 129.  
 Sprung des Decks 124.  
 Stabilität 53.  
   = , Arten der 36.  
   = des Schiffes 6. 13. 35.  
 Stabilitätsblatt 55.  
   = änderung 53.  
   = berechnung 35.  
   = kurven 55.  
   = moment 44. 52. 54 f.  
 Stagfod 5.  
   = segel 4.  
 Stahlformguß 118.  
   = platten 114.  
 Stampfen 53.  
 Stanzen 120.  
 Stapellauf 154.  
   = flöße 116 f.  
 Stapelung 116.  
 Statistische Momente 52.  
   = Stabilität 36. 43. 54. 57.  
   = Stabilitätskurve 55.  
 Statute mile 73.  
 Stauungsplan 87.  
 Stemmer 120.  
 Stenge 4 f.  
 Steuerlastigkeit 15.  
 Steuerlastigkeitsänderung 69.  
 Steven aus Bronze 134.  
   = = Stahlformguß 134.  
   = , eiserne Schiffe 129. 132 f.  
   = , hölzerne Schiffe 121 f.  
 Stopfbuchsenstößt 145.  
 Stoszfuge 142.  
 Straken 26. 31. 86.  
 Strafgewicht 86.  
   = latte 84. 86.  
 Strecken des Riels 121.  
 Stringer 144.  
   = platten 138.  
 Sturzporle 125.  
 Suezkanal-Nachbrief 98 f.  
 Süll 145.  
 Symmetrieebene 35.  
 Systemzentrumpunkt G. 16. 19. 35. 45 f.

- Taucheranzug 158 f.  
   = -apparat 157.  
   = -helm 158.  
   = -instruktion 158.  
   = -signale 160.  
   = -tornister 158.  
 Tauchung pro em 30.  
 Tauchungsänderung 65. 67.  
   = -unterschied 15.  
 Teakholz 165.  
 Technische Prüfungsvoorschriften für Bleche 174 f.  
 Thomas-Verfahren 171.  
 Tiefe im Raum H 17.  
   = des Schiffes 15.  
 Tiefertauchung 67. 70.  
 Tiefgangsmarken 15.  
   = -lademarke 17.  
   = -ladewasserlinie 17.  
 Tischlerwerkstatt 193.  
 „Todtes Werk“ des Schiffes 6. 15.  
 Tonengehalt 97.  
 Torgament 144.  
 Torpedoboot 3.  
 Torpedoboots-Auffschleppe 189. 192.  
   = -Jäger 3.  
   = -Zerstörer 3.  
 Torpedodivisionsboot 3.  
   = -fahrzeuge 4.  
 Tragfähigkeit des Schiffes 7.  
 Tragkraft 17.  
 Trägerfelschwein 132.  
 Trägheitsachse 25.  
   = -moment 39.  
   = -radius 51 f.  
 Trapezregel 20 f.  
 Treibermast 5.  
 Trimmrechnung 65.  
   = , Anbordnahme von Ge-  
     wichten 70.  
   = , Verschieben von Ge-  
     wichten 68.  
   = , Vonbordnahme von Ge-  
     wichten 71.  
 Trimmänderung 67.  
 Trimmendes Gewicht 65.  
   = Moment 66.  
 Trimmmoment 40. 66. 69.  
 Trinkwasser 11.  
 Trochoid 90.  
 Trochoidenkurve 89.  
 Trockendock 189.  
 Tschebyscheffsche Regel 20 f.
- Ueberfall für die Luken 149.  
 Ueberfluthungsprotokoll 141.  
 Unterschiff 15.  
   = -schlag 124.  
   = -zug 124.
- V**entilationsplan 87.  
 Verbandtheile des Schiffes 117.  
 Verhältniß der Länge zur Breite 13.  
   = der Tiefe zur Breite 13 f.  
 Verlorener Gang 125.  
 Vermessung offener Fahrzeuge 101.  
   = von Yachten 103.  
 Vermessungsbehörde 97.  
   = -deck 100.  
   = -länge 15. 100 f.  
   = -protokoll 97.  
 Vernietung 119.  
 Verschraubung 118.  
 Versteifungswinkel 140.  
 Verstemmen 120.  
 Vertikaldruck 16.  
   = -moment der Keilstücke 57.  
 Verwalterinventar 10.  
 Viermastschiff 5.  
 Vitaler Theil 15.  
 Völligkeitsgrade  $\delta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  16.  
   = , Verhältniß untereinander  
     13. 16.  
 Völligkeitsgrad des Displacements  $\delta$  12 f.  
   = des Hauptspants  $\beta$  12 f.  
   = der Konstruktionswasserlinie  $\alpha$   
     12.
- Vollschiff 4.  
 Vordersteven 121. 133.  
   = eines Handelsschiffes 133.  
   = = Kriegsschiffes 133.  
 Vorbereitende Arbeiten zum Bau eines  
 Schiffes 110.  
 Vorbereitende Rechnung der Stabilitätswerte  
 57 ff.  
 Vorbrake 113.  
 Vorpostenfahrzeug 3.  
 Vorreiber 148 f.
- W**ägung der Bleche 175.  
   = der Profilstahle 179.  
 Waffen, offensive und defensive 1.  
 Wallgangschot 166.  
 Wascherplatte 165.  
 Wasserballast 47.

- Wasserdichte Klapptür 146 f.  
   = Schotte 140.  
   = Verschlässe 146.  
 Wasserdichtes Deck 71.  
 Wasserengang 122. 125.  
   = -lauf 143.  
   = -linien 21.  
   = = -form 32.  
   = = -riß 85.  
   = = -schwerpunkte 16.  
   = = -skala 32.  
   = = -volligkeitsgrade für Kriegs- und  
   Handelschiffe 13.  
   = verdrängung 6.  
 Wegerung 124 f. 143.  
 Wellenberg 89.  
   = -böde 145.  
   = -hosen 145.  
   = -länge 89.  
   = -thal 89.  
   = -tunnel 145 f.  
 Berg 126.  
 Werkstätten der Werft 192 ff.  
 Widerstandsberchnung 73.  
   = nach franz. Formel 8.  
 Widerstandsmoment des Schiffes 90.  
 Wiegebuch 34.  
 Winkelgeschwindigkeit 51 f.  
 Xyolith 144.  
 Yellowmetall 129.  
 Diggermast 5.  
 Drogling-System 142.  
 Fähigkeitprobe für Bleche 176 f.  
   = = Profilstähle 179 f.  
 Zeichnungen für wichtige Einzelheiten 87.  
 Zeichnung 119.  
 Zimmermannsinventar 10.  
 Zugabe von Gewichten 53 f.  
 Zuladung, nützliche 7.  
 Zweideckelrinienschiff 1 f.  
 Zwischenordinaten 23 f.  
 (Was unter  $\beta$  vermißt wird, suche man unter  $\delta$ .)

### Verichtigungen.

Die letzte Formel auf S. 18 ist wie folgt zu lesen:

$$M_1 F = \frac{L^3 \times B}{D} \times [0,008 + 0,077 \alpha^3] \text{ oder Klammerwerth} \times \frac{L^3}{T \times \delta}$$

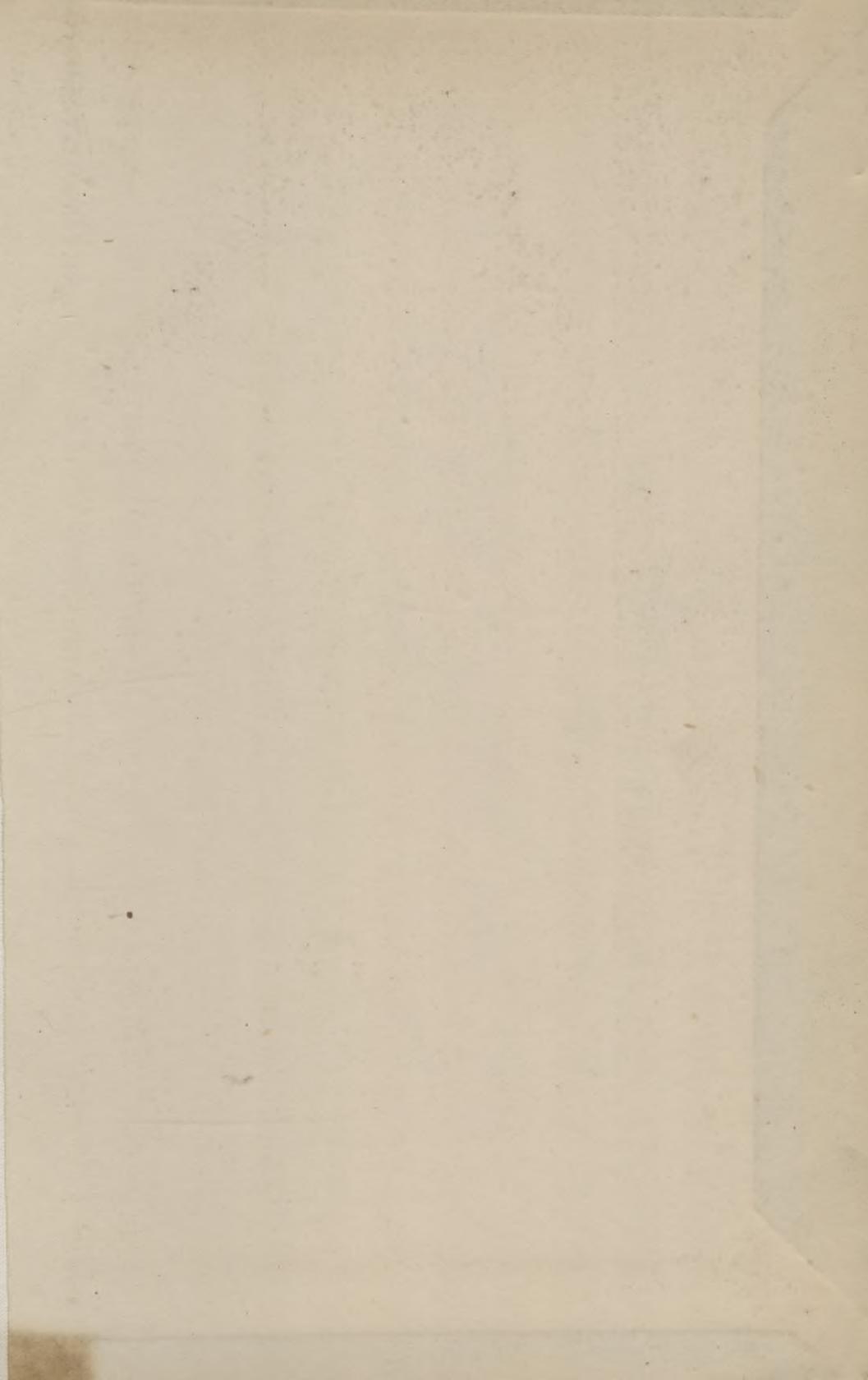
In der zweiten Formel auf S. 32 ist fälschlich P statt T gesetzt. Sie lautet richtig:

$$\text{das } \mathbb{X}: y = B \left[ \frac{x}{T} \right]^{n_2}, \quad n_2 = \frac{\beta}{1-\beta}$$









WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inv.

7769

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299572