

WERFTHAFEN

18. Jahrgang

1. April 1937

Heft 7

Das Tragflächenboot.

Von Dr. phil. O. Tietjens, Berlin-Adlershof.

Übersicht: Es wird auf den großen Leistungsbedarf von Schnellbooten hingewiesen und gezeigt, wie durch Verwendung von Wassertragflächen die erforderliche Motorleistung außerordentlich verringert werden kann. Nachdem auf die von verschiedenen Erfindern angegebenen Formen von Wassertragflächen eingegangen ist, wird das vom Verfasser entwickelte Tragflächenboot ausführlicher behandelt. Es wird dann gezeigt, inwiefern Kavitation für Wassertragflächen von Bedeutung werden kann, und welchen Einfluß die Reynoldssche Zahl auf die Gleitzahl hat. Am Schluß wird kurz auf die verschiedenen Anwendungsbereiche der Tragflächenboote hingewiesen.

Leistungsbedarf von Schnellbooten.

Das Schiff ist bekanntlich ein sehr wirtschaftliches Transportmittel, d. h. die Beförderung von Gütern auf dem Wasserwege ist verhältnismäßig billig. Oder anders ausgedrückt: Die aufzuwendende Leistung pro Einheit des beförderten Gewichtes ist klein. Diese Aussage ist jedoch nur richtig, solange es sich um sehr geringe Geschwindigkeiten handelt. Bereits bei mäßigen Geschwindigkeiten werden die Verhältnisse ungünstiger, und sie werden geradezu katastrophal, wenn es sich um Geschwindigkeiten handelt, die mit den üblichen Geschwindigkeiten der anderen Verkehrsmittel (Auto, Eisenbahn, Flugzeug) vergleichbar sind. Dies gilt besonders dann, wenn es sich um Wasserfahrzeuge geringer Länge, d. h. um Boote handelt.

Um diese Aussage besonders dem Nichtfachmann zu erläutern, ist in Abb. 1 für eine Anzahl von Schnellbooten der Quotient Leistung durch Bootsgewicht als Funktion der Geschwindigkeit aufgetragen, und zwar PS/t als Funktion der Geschwindigkeit in kn. In dieser Auftragung handelt es sich im wesentlichen um Schnellboote von etwa 20 m Länge. Für größere Schiffe, wie Torpedobootszerstörer, oder

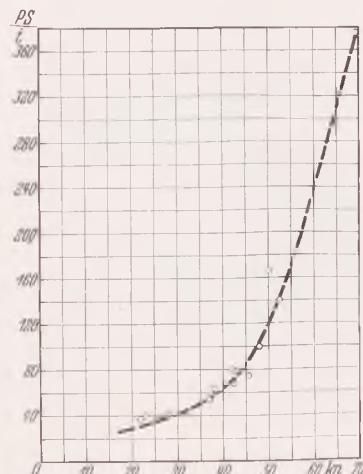


Abb. 1. Leistungsbedarf von Schnellbooten in Pferdestärken pro Tonne Bootsgewicht als Funktion der Geschwindigkeit in kn. Länge der Boote etwa 20 m.

Boote erwähnt werden, daß das Gesamtgewicht des englischen

Rennbootes „Miß Britain III“ bei einer Motorleistung von 1375 PS nur 1570 kg beträgt. Das Gewicht steckt also fast vollständig im Gewicht der Motoren; für den Bootskörper selbst bleibt nur sehr wenig übrig. Die mit diesem Boot erreichte Geschwindigkeit war etwa 80 kn. Würde man den Bootskörper für einen Dienstgebrauch genügend kräftig bauen und eine, wenn auch nur geringe, Zuladung vorschreiben, so würde die in Abb. 1 dargestellte Kurve noch wesentlich steiler verlaufen. Daraus ergibt sich, daß eine Geschwindigkeit von etwa 50 kn praktisch die Höchstgeschwindigkeit darstellt für Schnellboote der üblichen Konstruktion.

Schiffsgleitzahl.

Letzten Endes kommt es zwar auf den Leistungsbedarf an. Da aber die Leistung gleich dem Produkt aus Widerstand und Geschwin-

digkeit ist, bekommt man ein ebenfalls charakteristisches und in gewissem Sinne übersichtlicheres Bild, wenn man nicht die Leistung pro Gewichtseinheit, sondern den Widerstand pro Gewichtseinheit betrachtet und zwar am besten nicht als Funktion der Geschwindigkeit, sondern als Funktion der Froudeschen Zahl. Dadurch ist dann der Einfluß berücksichtigt, den die Größe des Bootes oder, besser gesagt, seine Länge auf die Wellenbildung und damit auf den Wellenwiderstand besitzt. In Abb. 2 sind deshalb die Widerstände (kg) dividiert durch das Bootsgewicht oder die Verdrängung (kg), aufgetragen als

Funktion von $F = \frac{v}{\sqrt{g \cdot l}}$. Die ausgezogenen Kurven für kleine und

mittlere Froudesche Zahlen sind einem Artikel von W. Graff¹ entnommen. Für das Gebiet der größeren Froudeschen Zahlen, etwa von $F = 1$ aufwärts bis zu $F = 3$, sind für eine größere Anzahl von Schnellbooten die Werte W/D als Funktion der Froudeschen Zahl aufgetragen. Dieser Bereich der Froudeschen Zahlen ist es gerade, der hier interessiert, denn in diesem Bereich liegen die F-Zahlen der schnellen Motorboote.

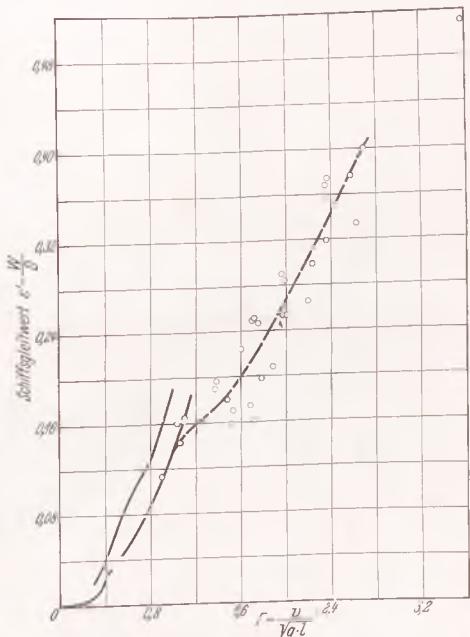
Mit einer gewissen Berechtigung kann man die Zahlen W/D als Maßstab für die Güte eines Schnellbootes auffassen, insofern als für eine bestimmte Froudesche Zahl dasjenige Boot — unter sonst gleichen Bedingungen — das beste ist, das den kleineren Wert $\frac{W}{D}$ besitzt. Man er-

kennt auch aus Abb. 2 an einzelnen Beispielen deutlich den Fortschritt, den die verschiedenen Länder im Bau von Schnellbooten gemacht haben; z. B. besitzt der ältere Typ der englischen Marine-Schnellboote bei einer Zahl $F = 1,37$ einen Wert $W/D = 0,190$, während der neueste Typ der ebenfalls auf der Werft von Thornycroft hergestellten Boote bei einem $F = 1,72$ einen Wert $W/D = 0,162$ aufweist. Ebenso ist es bei der italienischen Marine: Dem älteren Typ entsprechen die Werte $F = 1,70$ und $W/D = 0,25$, für den neuesten Typ gelten die Werte $F = 1,68$ und $W/D = 0,175$.

Wie man erkennt, steigen die Werte W/D mit zunehmender Froudescher Zahl, d. h. bei gleicher Bootslänge mit zunehmender Geschwindigkeit sehr stark an. Bei einer Froudeschen Zahl von 5 ist der Wert W/D bereits auf etwa 0,8 gestiegen. Bei so hohen Froudeschen Zahlen, wie sie bei den englischen und amerikanischen Rennbooten, besonders denen von Gar Wood erreicht werden, ist der Widerstand also fast gleich dem gesamten Bootsgewicht.

Vergleicht man hiermit die entsprechenden Werte für Flugzeuge, so erkennt man einen gewaltigen Unterschied. Beim Flugzeug ist im Geradeausflug das Fluggewicht D gleich dem Auftrieb A . Der Quotient W/A wird mit ϵ bezeichnet und die Gleitzahl genannt. Es soll deshalb im folgenden die Größe W/D die Schiffsgleitzahl heißen und mit ϵ' bezeichnet werden. Ohne die Werte von besonders günstig gebauten Flugzeugen zum Vergleich heranzuziehen, erhält man bei Flugzeugen von 160 km/Stde-Geschwindigkeit Gleitzahlen von

Abb. 2. Schiffsgleitzwerte ϵ' , gleich Schiffswiderstand (W) durch Verdrängung (D) in Abhängigkeit von der Froudeschen Zahl.



¹ Graff, W.: Verringerung des Schiffswiderstandes durch Tragflächenauftrieb. Werft Reed. Hafen 16 (1935) S. 334.

$\varepsilon = 0,13$ und darunter. Gerade dieser Vergleich mit dem Flugzeug brachte den Verfasser vor Jahren auf die Idee, ob es nicht möglich sei, Boote zu bauen, die von Wassertragflächen ganz aus dem Wasser gehoben und während der Fahrt lediglich von Wassertragflächen getragen werden. Dann müßte es doch möglich sein, ebenso gute Wirkungsgrade oder Schiffsgleitzahlen ε' zu bekommen, wie sie bei Flugzeugen ohne weiteres zu erhalten sind.



Abb. 3. Modell eines Tragflächenbootes (1932). Das Modell hat keinen eigenen Antrieb, sondern wird von einem Begleitboot gezogen.

Tragflächenboot.

Um die Anschauung zu beleben, ist in Abb. 3 ein Modell eines solchen Bootes, das während der Fahrt durch Tragflächen aus dem Wasser gehoben wird, dargestellt. Die Tragflächen befinden sich im wesentlichen unterhalb des Bootskörpers. Das Modell hat keinen

Geschwindigkeit hebt sich das Boot noch etwas höher über die Wasseroberfläche, wodurch der eingetauchte Teil der Tragfläche verkleinert und außerdem der Anstellwinkel verringert wird.

Was zunächst jedem, der sich mit diesen Fragen nicht beschäftigt hat, auffällt, ist die Kleinheit der Tragfläche, verglichen mit derjenigen



Abb. 5.
Tragflächenboot in Fahrt im Hafen bei Philadelphia, U.S.A. (1933).



Abb. 4. Tragflächenboot in Fahrt auf dem Delaware-Fluß bei Philadelphia, U.S.A. (1932). Geschwindigkeit 40 km/Stde. (System Tietjens).

eigenen Antrieb, sondern wird in Richtung des angenommenen Propellerschubes gezogen. Die erste Großausführung zeigen Abb. 4 und 5. Ein im übrigen normales Boot mit einem Außenbordmotor wird durch eine Tragfläche aus dem Wasser gehoben und bewegt sich in diesem Zustande mit einer Geschwindigkeit von etwas über 40 km/Stde bei einer Motorleistung von etwa 5 PS. Dieses Boot, ebenso wie das vorher gezeigte Modell, sind vor mehreren Jahren in den Vereinigten Staaten gebaut worden. Das erste deutsche Boot dieser Art, d. h. die zweite Ausführungsform ist in Abb. 6 dargestellt². Der Bootskörper ist stromlinienförmig gestaltet, um den Luftwiderstand zu vermindern, im übrigen in der Form so ausgebildet, daß ein leichtes aus-dem-Wasserkommen gewährleistet ist. Im Ruhezustand liegt das Boot in üblicher Weise im Wasser, das Gewicht wird vom hydrostatischen Auftrieb getragen. Mit zunehmender Geschwindigkeit rufen die im Wasser befindlichen Tragflächen Auftriebskräfte hervor, die zunächst das Boot entlasten, bis schließlich bei einer gewissen Geschwindigkeit, je nach Konstruktion etwa bei 20 km/Stde, das gesamte Gewicht des Bootes von den Tragflächen getragen wird, der Bootskörper also vollständig aus dem Wasser gehoben ist. Bei weiterer Zunahme der Geschwindigkeit

von Flugzeugen. Trotzdem das Boot mit Fahrer 230—240 kg wiegt, beträgt die Länge der eingetauchten Tragfläche etwa 140 cm bei einer Tragflächenbreite von nur 10 cm. Die Erklärung hierzu liegt in der Tatsache, daß bekanntlich der Auftrieb von Tragflächen direkt proportional der Dichte des umgebenden Mediums ist. Nun ist aber die Dichte von Wasser rd. 800mal so groß wie die von Luft, so daß auch die von Wassertragflächen ausgeübten Kräfte unter sonst gleichen Verhältnissen um ebenso viel größer sind als die von Lufttragflächen



Abb. 6. Zweite Ausführung eines Tragflächenbootes des Verfassers auf dem Langen See bei Grünau, Berlin (1936). Geschwindigkeit 45 km/Stde.

hervorgerufenen Kräfte. Selbst um beträchtliche Kräfte hervorzubringen, benötigt man also nur verhältnismäßig kleine Wassertragflächen.

Gleitzahl von Tragflächen und Gleitflächen.

Bereits im Sommer 1931 wurde im Auftrage des Verfassers eine besondere Tragflächenanordnung in der HSVA untersucht. Abb. 7 zeigt die Tragfläche zusammen mit Teilen der Versuchseinrichtung. Man erkennt den unteren horizontalen Teil der Wassertragfläche mit zwei seitlich schräg nach außen und oben gerichteten Teilen, die den Wasserspiegel durchschneiden und mit ihren Enden an einem kräftigen horizontalen Balken aus Holz befestigt sind. Dieser Balken, der in der Mitte eine Einrichtung zur Veränderung des Anstellwinkels besaß, war mit der Auftriebs- und Widerstandsmeßeinrichtung verbunden. Abb. 8 enthält die Versuchsergebnisse: Gleitzahlen von $W/A = 0,049$ bis herab zu $W/A = 0,038$ wurden gemessen. Leider konnten damals die Messungen nicht auf größere Geschwindigkeiten ausgedehnt werden, da die Auftriebsmeßeinrichtung für größere Auftriebskräfte nicht mehr ausreichte. In dieselbe Abbildung sind die entsprechenden Werte von W/A für eine Gleitfläche eingetragen. Die Werte für Wassertragflächen betragen also weniger als die Hälfte und bei größerer Geschwindigkeit nicht einmal $1/3$ der Werte für Gleit-

² Das Boot und die Tragflächen wurden nach Angaben des Verfassers von Herrn J. Herz hergestellt, dem an dieser Stelle der Dank für seine tatkräftige Mitarbeit ausgesprochen werden möge.

flächen. Die später in Göttingen³ und in Aachen⁴ durchgeföhrten Messungen bestätigen dieses. So wurden in Göttingen mit relativ kleinen Modellen, d. h. bei kleinen Reynoldsschen Zahlen, für Geschwindigkeiten von $20 \text{ m/sec} = 72 \text{ km/Stde} = 39 \text{ kn}$ Gleitzahlen von 0,028 gemessen.

Auf den tieferen Grund, warum die Tragfläche einen so viel günstigeren Wirkungsgrad als die Gleitfläche hat, kann hier leider aus Raummangel nicht eingegangen werden. In diesem Zusammenhang

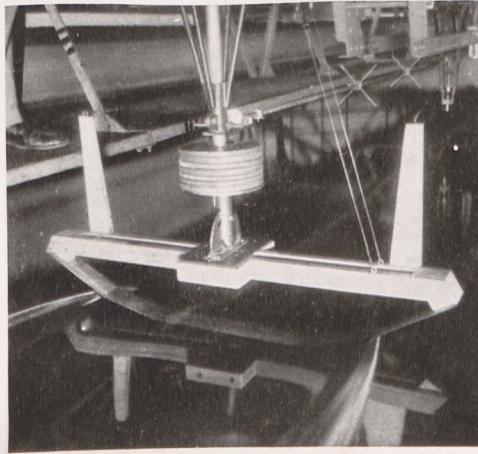


Abb. 7. Wassertragfläche mit Teilen einer Versuchseinrichtung zur Messung des Auftriebes und des Widerstandes.

möge nur kurz auf eine Tatsache hingewiesen werden: auf den Unterschied in der Druckverteilung bei einer Gleitfläche und einer Tragfläche. Abb. 9 zeigt von einer Gleitfläche die Druckverteilung, die der Arbeit über Gleitflächen von Sottorf⁵ entnommen ist, sowie die Druckverteilung einer Tragfläche⁶. In beiden Fällen ist gleiche Geschwindigkeit, gleicher Anstellwinkel (4°) und gleiche Flächentiefe angenommen. Die schraffierte Fläche entspricht ihrer Größe nach dem Auftrieb,

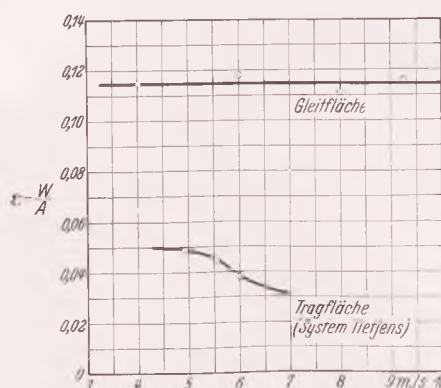


Abb. 8. Gleitzahlen einer Wassertragfläche (System Tietjens) sowie einer Gleitfläche. Die Gleitzahlen der Tragfläche sind etwa gleich einem Drittel derjenigen von Gleitflächen.

bezeichnet wurde, kann sich auch als eine Gefahrenquelle auswirken, freilich nur bei außerordentlich hohen Geschwindigkeiten. Das Unterdruckgebiet, und zwar besonders der Teil an der Flügelnase, kann nämlich die Ursache für das Eintreten von Kavitation werden. Auf diesen Punkt wird später noch kurz eingegangen.

Teilweise Austauchung.

Ist somit die Frage, ob Tragfläche oder Gleitfläche den besseren Wirkungsgrad besitzt, auch zugunsten der Tragfläche entschieden, so fangen die Schwierigkeiten erst an, wenn man darangeht, sich die Stabilitätsvorgänge zu überlegen, die bei einem vollständig aus dem Wasser gehobenen Bootskörper auftreten. Eine Anzahl der ersten Versuche, Wassertragflächen zu verwenden, beschränkt sich denn auch darauf, die Tragflächen im wesentlichen nur zur Entlastung des Boots-

³ Walchner, O.: Profilmessungen bei Kavitation. Hydrodynamische Probleme des Schiffsantriebs, S. 256. Berlin: Julius Springer 1932.

⁴ Martyrer, E.: Kraftmessungen an Widerstandskörpern und Flügelprofilen im Wasserstrom bei Kavitation. Ebenda S. 268.

⁵ Sottorf, W.: Versuche mit Gleitflächen. Werft Reed. Hafen 21 (1929) S. 425.

⁶ Tietjens, O.: Hydro- und Aerodynamik nach Vorlesungen von L. Prandtl. II. Bd. S. 170. Berlin: Julius Springer 1931.

gewichtes heranzuziehen. Die Stabilität sollte dann bei diesen Projekten in der üblichen Weise durch den restlich eingetauchten Bootskörper erfolgen. Durch größere oder kleinere Wassertragflächen kann ohne weiteres ein größerer oder kleinerer Teil des Gesamtgewichtes getragen werden, allerdings muß dann der zusätzliche Widerstand der Tragflächen mit in Kauf genommen werden. Ob man unter Berücksichtigung dieses zusätzlichen Widerstandes der Wassertragflächen eine Verminderung des Gesamtwiderstandes erzielt, hängt im wesentlichen von der Schiffsgleitzahl $\epsilon' = W/D$ des mehr oder weniger aus dem Wasser gehobenen Bootes ab, verglichen mit der Gleitzahl $\epsilon = W/A$ der benutzten Wassertragfläche.

Soviel ist von vornherein sicher: Für Boote, die eine Schiffsgleitzahl $\epsilon' = W/D$ haben, die an und für sich schon kleiner, d. h. günstiger ist als der entsprechende Wert ϵ für eine Wassertragfläche, kann eine Verminderung des Gesamtwiderstandes durch Anwendung von Tragflächen nicht in Frage kommen. Mit anderen Worten: Nimmt man für eine Wassertragflächenanordnung einschließlich der Abstützungsstreben eine Gleitzahl $\epsilon = 0,06 - 0,08$ an, so kann man Boote oder allgemein Wasserfahrzeuge, deren Wert ϵ' kleiner als etwa 0,06 ist, durch Wassertragflächen nicht mehr hinsichtlich des Widerstandes verbessern. Und da man Schiffsgleitzahlen von $\epsilon' = 0,06$ bei Froudeschen Zahlen von etwa $F = 0,7$ hat, so ergibt sich, daß für das Gebiet der kleinen und mittleren Froudeschen Zahlen bis etwa $F = 0,7$ oder noch etwas darüber die Anwendung von Wassertragflächen nicht zweckmäßig ist. Für größere Froudesche Zahlen und besonders für solche, die über $F = 1$ liegen, d. h. bei den eigentlichen Schnellbooten, liefert die Wassertragfläche auch bereits bei teilweiser Entlastung eine Verminderung des Gesamtwiderstandes. Diese Vorgänge hat erstmalig W. Graff untersucht und in einem Beispiel durchgerechnet. Die in Abb. 4 des Graffschen Artikels dargestellten Resultate sind allerdings wenig ermutigend für die Anwendung von Wassertragflächen. Es ergibt sich nämlich nach dieser Abbildung, daß lediglich für den fast

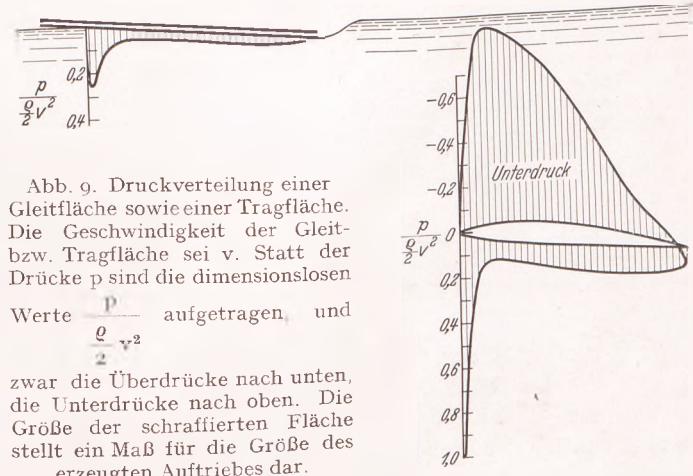


Abb. 9. Druckverteilung einer Gleitfläche sowie einer Tragfläche. Die Geschwindigkeit der Gleit- bzw. Tragfläche sei v . Statt der Drücke p sind die dimensionslosen Werte $\frac{p}{\frac{\rho}{2} v^2}$ aufgetragen, und zwar die Überdrücke nach unten, die Unterdrücke nach oben. Die Größe der schraffierten Fläche stellt ein Maß für die Größe des erzeugten Auftriebes dar.

vollständig ausgetauchten Bootskörper ein kleiner Gewinn durch die Anwendung von Wassertragflächen zu erzielen ist, daß im übrigen aber die Tragfläche den Gesamtwiderstand sogar noch erhöht. Das liegt aber in diesem Fall darin begründet, daß es sich hier sozusagen um einen Versuch am untauglichen Objekt handelt. Das gewählte Beispiel eines Torpedobootes von 1000 t Verdrängung hat bei der ange nommenen Geschwindigkeit von 40 kn eine Froudesche Zahl von nur 0,7 und eine Schiffsgleitzahl $\epsilon' = W/D$ von etwa 0,07. Derartig kleine Werte von ϵ' können aber nur noch wenig durch Anwendung von Wassertragflächen unterboten werden.

Die Verhältnisse beim teilweise ausgetauchten Tragflächenboot lassen sich leicht überblicken. Bezeichnet man mit $\epsilon'_0 = W_0/D$ die Schiffsgleitzahl ohne Tragflächen für die Froudesche Zahl $F = F_0$ und v_0 die Geschwindigkeit, die dieser Froudeschen Zahl entspricht, so ist der effektive Leistungsbedarf eines Bootes vom Gewicht D

$$EPS_0 = \frac{\epsilon'_0 \cdot D \cdot v_0}{75} \quad (1)$$

Der Leistungsbedarf für das mit Tragflächen versehene, teilweise ausgetauchte Boot von gleichem Gesamtgewicht setzt sich zusammen aus einem Teil, der zur Überwindung des Schiffswiderstandes W' des teilweise ausgetauchten Bootskörpers benötigt wird, und aus einem zweiten Teil, der zur Überwindung des Tragflächenwiderstandes verbraucht wird. Ist ϵ die Gleitzahl der Wassertragfläche und A der von ihr erzeugte Auftrieb, so ist also der Widerstand der Tragfläche gleich $\epsilon \cdot A$. Es ergibt sich somit für den effektiven Leistungsbedarf des teilweise ausgetauchten Tragflächenbootes:

$$EPS = \frac{W' \cdot v_0}{75} + \frac{\epsilon \cdot A \cdot v_0}{75} \quad (2)$$

und wenn man diesen Wert durch die Leistung des Bootes ohne Wassertragfläche dividiert:

$$\frac{EPS}{EPS_0} = \frac{1}{\epsilon'_0} \cdot \frac{W'}{D} + \frac{\epsilon}{\epsilon'_0} \cdot \frac{A}{D}.$$

Für den Schiffswiderstand W' des teilweise ausgetauchten Bootskörpers kann man nach Ergebnissen von Schleppversuchen annehmen, daß er der $\frac{2}{3}$ Potenz der jeweiligen Verdrängung proportional ist, d. h.

$$W' = \epsilon'_0 D \left(1 - \frac{A}{D} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

Diesen Wert von W' in die vorige Gleichung eingesetzt, ergibt:

$$\frac{EPS}{EPS_0} = \left(1 - \frac{A}{D} \right)^{\frac{2}{3}} + \frac{\epsilon}{\epsilon'_0} \cdot \frac{A}{D} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

In Abb. 10 sind nach Gl. (4) die Verhältnisse dargestellt, wie sie sich für ein Marineschnellboot mit einer Froudeschen Zahl von 1,2—1,4, entsprechend einer Schiffsgleitzahl von etwa $\epsilon'_0 = 0,16$, ergeben. Als Gleitzahl der Wassertragflächenanordnung ist $\epsilon = 0,08$ angenommen. Man erkennt, daß bei einer Austauchung von 70% des Bootsgewichtes eine Verminderung des Gesamtwiderstandes von 20% eintritt. Die größte Widerstandsverringerung ergibt sich jedoch immer bei vollständiger Austauchung.

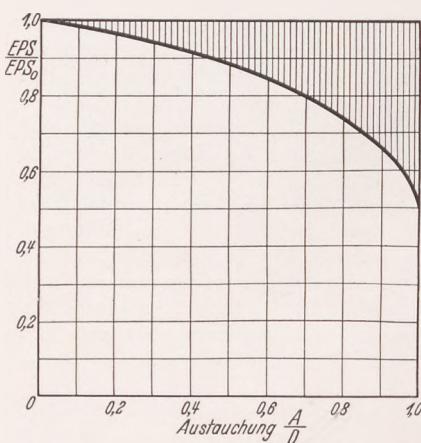


Abb. 10. Leistungsverminderung eines durch Wassertragflächen entlasteten Schnellbootes. Bei einer Austauchung von 0,7, d. h. bei einer Entlastung um 30% beträgt der Leistungsbedarf nur noch 80%.

geschwindigkeit $v = v_0$, entsprechend einer Froudeschen Zahl $F = F_0$,

$$EPS = \frac{\epsilon' \cdot D \cdot v}{75}$$

und durch Gl. (1) dividiert und unter Berücksichtigung von $\frac{v}{v_0} = \frac{F}{F_0}$

$$\frac{EPS}{EPS_0} = \frac{\epsilon'}{\epsilon'_0} \cdot \frac{F}{F_0}, \quad \text{Kurve I} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

wo ϵ' als Funktion der Froudeschen Zahl gegeben sein möge.

Für das Boot mit Tragflächen läßt sich für die jeweilige Geschwindigkeit v entsprechend Gl. (2) schreiben

$$EPS = \frac{W' \cdot v}{75} + \frac{\epsilon \cdot A \cdot v}{75}$$

und durch Gl. (1) dividiert:

$$\frac{EPS}{EPS_0} = \frac{W'}{\epsilon'_0 D} \cdot \frac{v}{v_0} + \frac{\epsilon}{\epsilon'_0} \cdot \frac{A}{D} \cdot \frac{v}{v_0}.$$

Wird wieder in Analogie zu Gl. (3)

$$W' = \epsilon' D \left(1 - \frac{A}{D} \right)^{\frac{2}{3}}$$

gesetzt, so ergibt sich

$$\frac{EPS}{EPS_0} = \frac{\epsilon'}{\epsilon'_0} \cdot \left(1 - \frac{A}{D} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{v}{v_0} + \frac{\epsilon}{\epsilon'_0} \cdot \frac{A}{D} \cdot \frac{v}{v_0}.$$

Wird ferner angenommen, daß der Bootskörper bei einer Geschwindigkeit $v = v^*$, entsprechend einer Froudeschen Zahl $F = F^*$, gerade aus dem Wasser kommt, so daß bei dieser Geschwindigkeit $A = D$ ist, so ergibt sich unter Berücksichtigung, daß der Tragflächenauftrieb dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist,

$$\frac{A}{D} = \left(\frac{v}{v^*} \right)^2 = \left(\frac{F}{F^*} \right)^2.$$

Mithin:

$$\frac{EPS}{EPS_0} = \frac{\epsilon'}{\epsilon'_0} \cdot \left[1 - \left(\frac{F}{F^*} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \frac{F}{F_0} + \frac{\epsilon}{\epsilon'_0} \cdot \left(\frac{F}{F^*} \right)^2 \cdot \frac{F}{F_0} \quad \dots \quad (6)$$

Kurve IIa

Kurve IIb

Hiermit ist $\frac{EPS}{EPS_0}$ als Funktion der Froudeschen Zahl F gegeben. Es möge noch bemerkt werden, daß die Unabhängige F in dem Ausdruck F^* höchstens den Wert F^* erreichen kann.

In Abb. 11 sind die in Gl. (5) und (6) dargestellten Beziehungen graphisch aufgetragen, und zwar für ein etwa 20 m langes Schnellboot

Kurve I: Schnellboot ohne Wassertragflächen. Der Leistungsbedarf bei einer der Froudeschen Zahl 1,2 entsprechenden Geschwindigkeit sei mit EPS_0 bezeichnet.

Kurve II: Schnellboot mit Wassertragflächen. Bei einer der Froudeschen Zahl 1,0 entsprechenden Geschwindigkeit sei der von den Wassertragflächen erzeugte Auftrieb gleich dem Bootsgewicht.

Kurve IIa: Anteil zur Überwindung des Bootswiderstandes.

Kurve IIb: Anteil zur Überwindung des Tragflächenauftriebes.

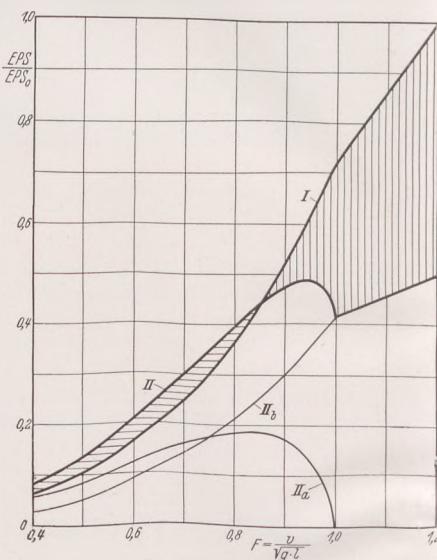


Abb. 11. Leistungsbedarf eines Schnellbootes bei zunehmender Geschwindigkeit bzw. bei zunehmender Froudescher Zahl.

mit einer Betriebsgeschwindigkeit von ungefähr 33 kn, entsprechend einem $F_0 = 1,2$ und einem $\epsilon'_0 = 0,16$. Es ist ferner angenommen, daß der Bootskörper bei einer Geschwindigkeit von $v^* = 27,5$ kn, entsprechend einem $F^* = 1,0$, gerade von den Wassertragflächen getragen wird und also vollständig austaut. Für die Gleitzahl der Tragflächenanordnung ist der Wert $\epsilon = 0,08$ angenommen. Wie zu erwarten, bewirken die Wassertragflächen im Gebiet der kleinen und mittleren Froudeschen Zahlen bis etwa $F = 0,85$ keine Leistungsverminderung, sondern eine, wenn auch nur unbedeutende, Leistungsvermehrung. Bereits im Zustand der vollständigen Austauchung ($F = 1,0$) ist jedoch schon eine beträchtliche Leistungsersparnis durch die Anwendung von Wassertragflächen zu erzielen, und diese Leistungsersparnis wird prozentual um so größer, je größer die Geschwindigkeiten und damit die Froudeschen Zahlen werden. Soll die Geschwindigkeitssteigerung in dem gebrachten Beispiel über $F = 1,0$ hinaus bei einem konstanten günstigsten Anstellwinkel der Wassertragfläche erfolgen, so läßt sich das dadurch erreichen, daß eine solche Tragflächenanordnung gewählt wird, bei welcher der im Wasser eingetauchte, d. h. der wirksame Teil der Wassertragfläche mit zunehmender Geschwindigkeit kleiner wird.

(Schluß folgt.)

Wege zur Erhöhung der Feuersicherheit auf hochwertigen Schiffen.

Das nachstehende Material ist uns vom Stahlwerks-Verband zur Verfügung gestellt worden. Wir bringen dasselbe als eine sehr zeitgemäße Äußerung zu dieser für die Schiffahrt und das Versicherungswesen wichtigen Frage, welche um so mehr Aufmerksamkeit verdient, als die Zahl der Schiffsbrände und Totalverluste trotz der gesteigerten Ausdehnung und Sorgfalt bezüglich der Feuererkennungs- und -bekämpfungseinrichtungen neuerdings nicht entsprechend abgenommen hat.

Chefredaktion.

Die Forderung weitestgehender Sicherung gegenüber der Feuergefahr muß an sich für jedes Schiff erhoben werden. Verschieden wird der zu verlangende Umfang der bautechnischen und der betriebs-technischen Maßnahmen sein, die der Verhinderung einer Brandentstehung oder -verbreitung oder dem Erkennungs- bzw. Feuerlösch-

dienst dienen. Das gewöhnliche Frachtschiff enthält in seiner Konstruktion verhältnismäßig wenig brennbare Stoffe. Die Hauptsache ist Stahl, und gegen Ladungs- oder Bunkerbrände ist kein Schiff gefeit — sei es aus welchem Material es wolle, und habe es alle nur denkbaren technischen Einrichtungen zur Feuererkennung und -bekämpfung an Bord.

Will man bei einem Frachtschiff die Tatsache berücksichtigen, daß Eisen bei $7-800^\circ$ Temperatur einen wesentlichen Teil seiner Festigkeit einbüßt und selbst schwere Verbände sich verwerfen, so

müßte man für die wasserdichten Hauptquerschotten zwischen den Laderäumen eine Betoneinkleidung in Aussicht nehmen, welche stark genug ist, um die Stabilität des Schotts gegen einen einseitigen Feuerangriff zu schützen.

Weder die Reeder noch die Aufsichtsbehörden oder die Versicherungen haben aber bisher zwischen den einzelnen Laderäumen feuersichere Schotten, d. h. etwa solche mit Betonummantelung, verlangt. In Sonderfällen hat man das Hilfsmittel der „Kofferdämme“, d. h. doppelter, in Spandistanz angeordneter Querschotten, deren Zwischenraum man gegebenenfalls auch mit Wasser füllen kann, und die dann eine gute Feuerisolierung darzustellen in der Lage sind. So sichert man heute z. B. Öltanks gegen Laderäume und Maschinenräume.

Mit dem Worte „hochwertig“ soll hier die Klasse von Schiffen bezeichnet sein, welche zahlreiche Menschen befördern, für deren Unterbringung und Bequemlichkeit der Einbau größerer Mengen von Holz unerlässlich erscheint, so daß schon allein aus diesem Grunde eine entsprechend verstärkte Sorge am Platze ist. Solche Schiffs-typen sind in der Tat durchweg wegen der großen Massen von brennbarem Holz, welche ihre Einrichtungen und Möblierung bilden, stärker gefährdet als einfache Frachtschiffe und bilden nach den bekannten mit großen Menschenverlusten verbundenen Schiffsbränden in neuerer Zeit tatsächlich den Gegenstand besonderer Sorge der Verantwortlichen. Schiffe, welche größere Anzahlen von Fahrgästen auf längeren Strecken befördern, haben fast immer starke Maschinenanlagen, weil mit der Beförderung größerer Fahrgastzahlen in der ganzen Welt-schiffahrt stets höhere Geschwindigkeiten verbunden werden. Infolgedessen befinden sich an Bord dieser Schiffstypen viel größere Mengen von Brennstoffen, und zwar bei den hochwertigen Fahrgastschiffen heute nur noch selten Kohle, sondern Heiz- oder Dieselsöl. Heizöl im Bunker ist noch ein verhältnismäßig harmloser Stoff, in den man auch brennende Gegenstände werfen kann, ohne daß die Oberfläche in Brand gerät. Bei Dieselsöl ist der Gefahrengrad aus der Entzündung schon höher. Die moderne Feuerlöschtechnik hat allerdings sehr erfolgreiche Kampfmaßnahmen zur Eindämmung und Lösung von Öl- und sogar Benzinbränden entwickelt. Immerhin aber besteht die Gefahr, daß ein Brennstoffbrand im Unterteil des Schifffes unterhalb der 3—8 Stockwerke hölzerner Kammer- und Saloneinbauten in der Einrichtung Fuß faßt und diesen wohlgeschichteten Scheiterhaufen zum Brennen bringt.

Während nun Bunkerbrände verhältnismäßig selten als Ursachen für Einrichtungsbrände von Oberschiffen festgestellt worden sind, so liegen mancherlei Möglichkeiten des Feuerfangens in den Einrichtungen selbst vor, welche hier nur kurz und nicht lückenlos genannt zu werden brauchen. Kurzschlüsse durch defekte oder feucht gewordene Isolierungen elektrischer Leitungen, Feuerentstehung in Wirtschaftsräumen oder Kühlräumen, Unvorsichtigkeiten einzelner Fahrgäste bezüglich des Rauchens usw. Bei mehreren Bränden, besonders bei der „Morro Castle“, wurde es klar, daß die Ventilationskanäle innerhalb der Einrichtungen die verhängnisvollste Rolle bei der Ausbreitung des Feuers gespielt haben, und man darf wohl sagen, daß es heute nur ein einziges Schiff gibt, bei welchem hieraus alle Konsequenzen gezogen worden sind: das ist die „Normandie“, welche man in bestimmte Feuerabteilungen eingeteilt hat, deren jede ein in sich geschlossenes System der künstlichen Lüftung und der Zuführung des elektrischen Stromes besitzt. Dadurch wird die Möglichkeit weiterer Feuerverbreitung durch die Lüftungskanäle ausgeschlossen. Beim Ausbruch von Feuer kann so auch das elektrische Leitungsnetz höchstens in der brennenden Abteilung ausfallen und nicht in der Nachbarschaft.

Es ist zuzugeben, daß auf allen großen Fahrgastschiffen heute ein mit Sorgfalt vorbedachtes und fachgerecht betreutes System der Feuererkennung und -bekämpfung vorliegt, aber gerade diese Tatsache unterstreicht, wie notwendig diese Betreuung ist, und mit welch großer Sorgfalt aufgepaßt werden muß, daß das in seinem gesamten Passagieraufbau durch sein Baumaterial gefährdete Schiff gar nicht erst in Brand gerät. Des Übels Wurzel liegt allen Ableugnungen zum Trotz darin, daß die sehr großen Mengen gestrichenen Sperrholzes der Kammerwände, Türen- und Deckenverschalungen jene ununterbrochene Gefahrenquelle bilden, welcher der Feuerdienst an Bord meist mit befriedigendem Erfolg begegnet, ohne daß aber die bekannten Katastrophen vermieden werden könnten.

In einem großen Schnelldampfer sind heute über 4000 m³ brennbares Holz von großem Holzwert eingebaut, wozu auch die holzbeplankten Aufbaudecks gehören. Die Temperaturentwicklung bei einem Brände so dichten Holzes ist so groß, daß dadurch die schwersten Verbandsteile großer Schiffe in ihrer Festigkeit entwertet werden können. So müßten bei der „Europa“ im Bereich der hölzernen Fahrgasteinrichtungen über 12000 t Stahl ausgebaut und durch neues Material ersetzt werden.

Die Gründe, aus denen an der Verwendung riesiger Holzmengen für den Ausbau der Fahrgasteinrichtungen festgehalten wird, liegen

auf der Hand. Einmal ist es der Technik der Metallverarbeitung in Verbindung mit ihren künstlerischen Experten heute nach Ansicht der Reeder und Fahrgäste noch nicht hinreichend gelungen, die Wohnlichkeit von Kammern und Gesellschaftsräumen in Stahl oder Leichtmetall so herzustellen, daß das Publikum den neuen Stil ohne weiteres annimmt, zumal noch viel herumexperimentiert wird (auch im Sinne der Möblierung!).

Auch die Preis- und Gewichtsfrage spielt eine wesentliche Rolle, und man muß zugeben, daß die angebotenen Ganzmetallkabinen gegenwärtig und besonders auch die stählernen Einrichtungsgegenstände mindestens im Preise noch nicht mit dem gewohnten Sperrholz und den Holzmöbeln konkurrieren können. Zuletzt, aber nicht zuwenigst, muß mit einem durch wirtschaftliche Erwägungen begründeten Widerstand auf Seiten der Bauwerften gerechnet werden, wie dieser sich auch bei jedem Versuch, Sperrholzkammern durch solche aus Stahl oder Leichtmetall zu ersetzen, mit großer Energie betätigt. Man muß bedenken, daß die Bauwerften aller Nationen durch ihre Einrichtungen, ihre Werkzeugmaschinen und ihre Organisation sowie auch das Personal auf das bequem zu bearbeitende Sperrholz eingestellt sind, und daß es bedeutende Kosten, Mühen und Umorganisation bedingt, hierin grundlegende Änderungen eintreten zu lassen. Seite an Seite hiermit kämpft verständlicherweise die Sperrholz-industrie, welche hinsichtlich Preis, Gewicht und Einbaukosten nicht leicht zu schlagen ist. Auch ist die Holzindustrie nicht untätig geblieben, um diesen Baustoff durch „feuersichere“ Imprägnierungen oder feuersichere isolierende Deckanstriche gegen den Angriff des Feuers unempfindlicher zu machen. Bis zu einem gewissen Grade und auf eine gewisse Zeit hinaus versprechen diese Maßnahmen auch Erfolg, aber es ist bekannt, daß die feuersicheren Imprägnierungen nicht auf lange Fristen halten.

Auch die Verwendung nichtbrennbarer Farben und deren Anwendung in ausgedehntem Maße ist geeignet, die Gefahr der hölzernen Einrichtungen herabzumindern.

Dieser Sachlage gegenüber besteht die Tatsache, daß einem intensiven Feuerangriff, also einem Großfeuer, das in den Einrichtungen entsteht oder durch einen Bunkerbrand unterlegt wird, die Einrichtung als Ganzes unter keinen Umständen widersteht, und daß nach wie vor die Erzielung größtmöglicher Sicherheit nur auf dem Wege der Ersetzung mindestens eines Teiles der Sperrholz- und Decksholzeinrichtungen durch solche aus Metall möglich erscheint.

Als vernünftiger Kompromiß bei diesem Vorgehen wäre nicht die Ersetzung der ganzen Sperrholzeinrichtungen, deren einstweilige Erhaltung aus den vorgenannten Gründen ja verständlich ist, anzustreben, sondern es erscheint vielmehr nur notwendig, feuersichere Zonen von hinreichender Ausdehnung an Bord zu schaffen, welche gewährleisten, daß ein entstehendes Großfeuer solche feuersicheren Zonen nicht „niederrennt“ und sich durch sie hindurch nicht auf die jenseitigen Holzeinrichtungen verbreitet.

Es ist klar, daß im Wettbewerb des Sperrholzes gegen den Stahl auch diese Konzession abgelehnt wird, und daß die Metallindustrie mit Bezug auf Konstruktion und Einrichtung alles daran setzen muß, um überzeugende Vorschläge für solche feuersichere Kammergruppen zu machen. Gelingt dies, so kann man den Fahrgästen solcher Kammergruppen ihre besondere persönliche Sicherheit in einem Maße klarmachen, daß das reisende Publikum nach diesen Kammergruppen hinstreben und das vielleicht zunächst geschmacklich etwas Ungewohnte im Gefüle der besonderen Sicherheit gern in Kauf nehmen wird. Vom Standpunkt der Hygiene aus ist im übrigen solchen Kammern der Vorzug zu geben, daß keine Ausdünstungen von Hölzern oder Imprägnierungen in Betracht kommen und etwaige Überflutungen, wie sie aus verschiedenen Gründen vorkommen können, keine durchfeuchteten Wände hinterlassen.

Sowohl in den Vereinigten Staaten wie auch in Frankreich, aber zuerst in Deutschland, sind diese Bestrebungen durch lebensgroße Versuchsausführungen in die Tat umgesetzt worden. Die Mauser-Werke (Waldeck, Harburg, Köln, New York, São Paulo) waren die ersten, welche in Deutschland auf einem Hapag-Schiff einige Stahlkammern III. Klasse mit Stahlmöblierung erstellt haben.

Dieser Vorgang hat die weitere Folge gehabt, daß die Mauser-Werke das Problem der leichten feuersicheren Doppelstahlwand mit feuerisolierender Füllung weiterbehandelt und zu Ergebnissen geführt haben, welche nunmehr bei einem der K.d.F.-Schiffe in großem Umfang angewendet werden. Die hier folgenden Abb. 1 u. 2 stellen die seinerzeit auf der „Deutschland“ der Hamburg-Amerika Linie gemachten ersten Ausführungen von Stahlkammerwänden und stählernen Einrichtungen der III. Klasse dar. Die hier ebenfalls nachstehende Zeichnung von Einzelheiten der Mauser-Stahlwände (Abb. 3) zeigt den heutigen Entwicklungsstand dieser Konstruktion. Innerhalb der Zeichnungen selbst sind die Gewichte vermerkt, welche man im Vergleich mit einfachen oder doppelten Sperrholzwänden im Hinblick auf ihre überlegene Schallsicherheit und ihre Feuersicherheit als wettbewerbsfähig durchaus ansprechen muß. Diese Wandkonstruktion ist

durch das Institut für Schall- und Wärmeforschung der Technischen Hochschule in Stuttgart im vergangenen Jahre untersucht worden und hat sehr günstige Ergebnisse gezeigt. Ferner wurden in der Feuerwache 12 zu Hamburg von Oktober bis Dezember 1936 Brandversuche ausgeführt, welche in einem eigens für diese Versuche errichteten, aus Eisenplatten bestehenden Versuchshaus durchgeführt wurden. Bei einer lichten Höhe von 2,50 m betrug die Grundfläche des Versuchs-



Abb. 1. Mauser-Stahlkammer von Außen.

hauses 9 m². Ein Mittelschott, aus 4 mm-Stahlblech mit Winkelversteifungen bestehend, teilte das Haus in zwei Einzelräume. Die durch den Schiffssicherheitsvertrag auf 815°C festgelegte Temperatur der Feuerseite wurde durch Verbrennen von trockenen Weichholzkloben in einem der beiden Räume erzielt. Für die Messung der

Temperaturen standen neben Segerkegel verschiedene Zusammensetzungen auch Graphit und elektrische Widerstandsthermometer zur Verfügung.

Die Durchführung der Versuche erfolgte durch die Feuerwehr. Die Temperatur der dem Feuer abgewandten Seite der Mauser-Wand steigerte sich von 33° nach der ersten Minute des Feuers auf

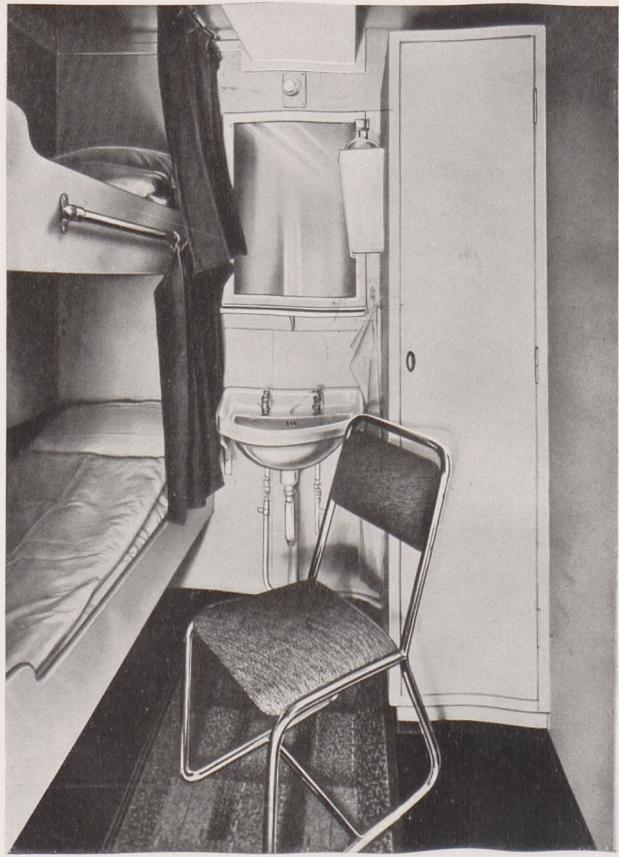


Abb. 2. Mauser-Stahlkammer, III. Klasse.

326°C in der 60. Minute. Diese Temperaturen sind gewiß höher als diejenigen, welche bei den französischen Versuchen mit mehrfach so dicken und unvergleichlich teureren und komplizierteren Konstruk-

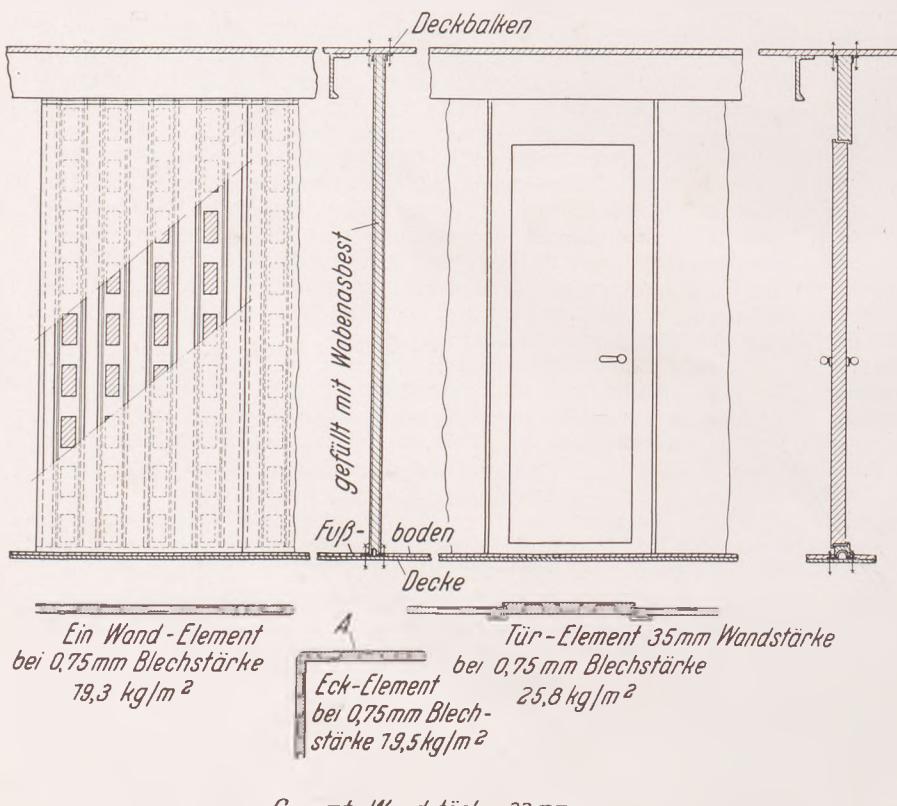


Abb. 3. Mauser-Stahlwände und -Tür.

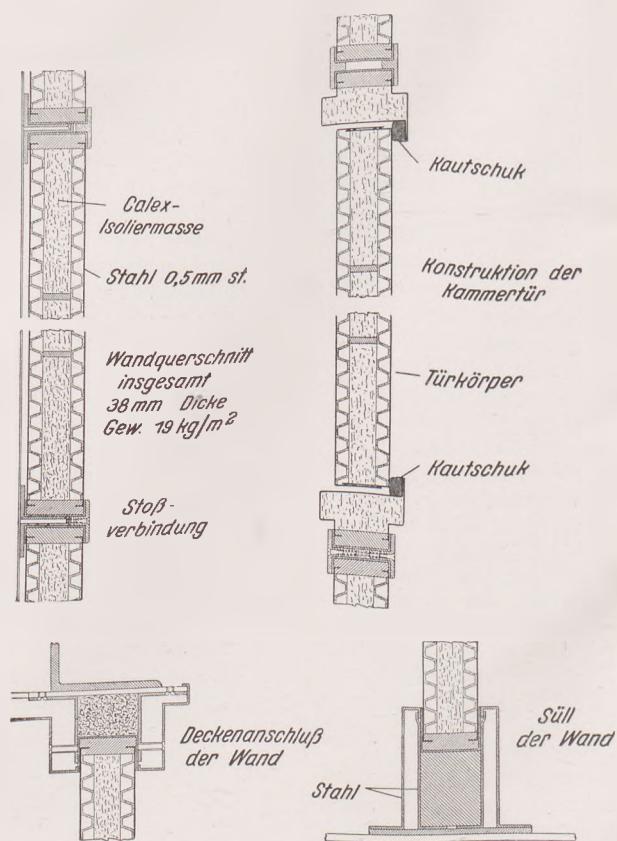


Abb. 4. Einzelheiten der Wandkonstruktion des Architekten Paul Brös mit der Fa. Krieg & Zivy.

tionen erzielt wurden. Jedoch gibt eine Temperatur von 326°C zu Bedenken noch keinen Anlaß — es sei denn, daß man die Wand an der Seite des dem Feuer abgewandten Raumes mit Holz oder brennbaren Stoffen belegt hat. Es handelt sich, wie die Konstruktionszeichnung zeigt, um eine doppelwandige isolierte Stahlwand. Die beiden äußeren Stahlblechplatten bestehen aus Spezialblech. Ge-

den Decksbalken laufen und mit diesen verbunden werden, können mit sog. Entlüftungsblechen abgedeckt werden.

Sehr weitgehend haben sich die Franzosen mit dieser Materie beschäftigt, und die einschlägigen Ingenieur- und Architektenkreise Frankreichs haben planmäßig an lebensgroßen Modellen die Möglichkeit von wirtschaftlich und gewichtsmäßig konkurrenzfähigen Kam-

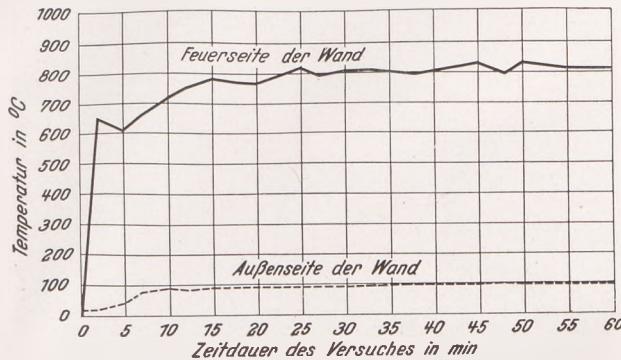


Abb. 5. Feuer-Versuchsdigramm zu Abb. 4.

trennt voneinander zwischen den beiden Stahlblechplatten eingebaute Kastenverstärkungen, gleichfalls aus Spezialblech, halten die beiden Wandplatten zusammen und bürgen für eine einwandfreie Stabilität. Die Zwischenräume werden mit Asbesteinlagen 20 mm stark ausgefüllt. Diese Räume sind besonders geformt und tragen dazu bei, die Stabilität der Wand zu erhöhen.

Die beiden Längsspannen jedes Wandplattenelements weisen eine halbelliptische Nute auf, und das Zusammensetzen zweier Wandplatten gegeneinander geschieht mittels eines in die beiden Nuten eingeführten Ovalrohrs. Für die Bodenbefestigung ist ein halbrundes Profil vorgesehen. Die Unterkante der Wandplatte wird nutenförmig ausgebildet und auf das halbrunde Bodenprofil aufgesetzt. Das Profil selbst ist mittels zwei Reihen Schrauben am Boden befestigt.

Die Deckenbefestigung erfolgt durch Verwendung von Winkel-eisenschienen an beiden Seiten der Wand, und zwar entweder, wenn die Wand parallel zum Decksbalken läuft, an den Decksbalken oder direkt an den Zwischendecks. Die Winkeleisenschienen werden mit dem Schenkel an den Decksbalken oder am Deck befestigt. Die Eckelemente werden mit verstärkten Eckeneinlagen versehen.

Die Konstruktion der Türen ist in gleicher Form durchgebildet wie die Wand. Die Tür ist an einen allseitig geschlossenen Rahmen angeschlagen, welcher durch die nutenförmige Ausbildung seiner



Abb. 6. Wandkonstruktion der Fa. G. A. Pingussen.

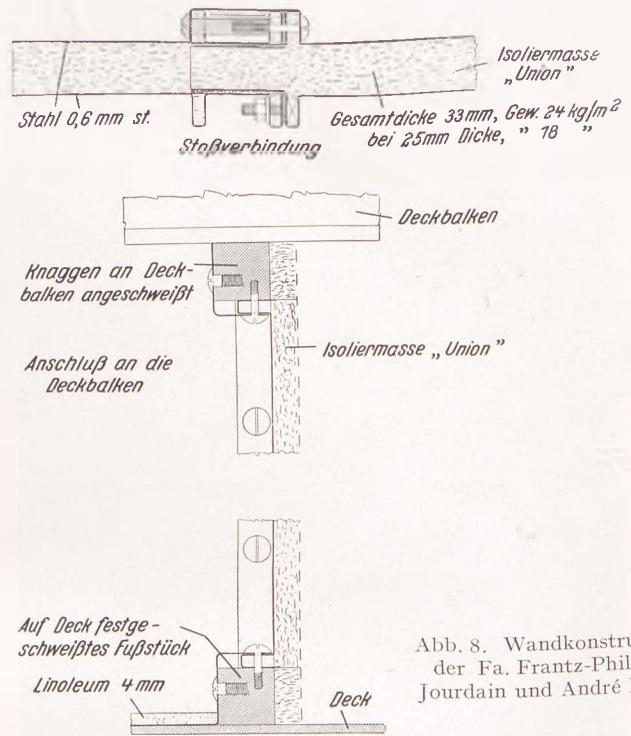


Abb. 8. Wandkonstruktion der Fa. Frantz-Philippe Jourdain und André Louis.

merwänden und Einrichtungen aufgezeigt und die Ergebnisse sorgfältiger Brandversuche veröffentlicht. Die Abb. 4—13 dieses Artikels, welche mit Zustimmung der Zeitschrift „Acier“ hier abgedruckt sind, beweisen dies. Die Vereinigten Staaten haben unter Vorantritt der Bethlehem Shipbuilding Corporation — einer Tochtergesellschaft der Bethlehem Steel Corporation — Modellkammern in Lebensgröße hergestellt, welche in der „Marine Review“ im Juli 1935 veröffentlicht wurden und einen durchaus wohnlichen Eindruck machen.

Der Gedanke, den Einbau von verhältnismäßig feuersicheren Kammergruppen nur zonenweise in jedem Wohndeck durchzuführen, ist in einem Artikel „Einrichtungsbrände auf Fahrgastschiffen“ in Werft Reed. Hafen 19 (1934) näher ausgeführt, wo an Hand einer Prinzipskizze, die hier als Abb. 14 wiederholt werde, eine zweckmäßige Anordnung solcher feuersicheren Zonen in einem größeren Fahrgastschiff angegeben ist, und zwar unter dem Gesichtspunkt, daß diese Zonen in jedem Wohndeck an der gleichen Stelle liegen müssen, so daß in den Wohndecks gleichsam ein Block von übereinanderliegenden relativ feuersicheren Kammern entsteht. Im übrigen wird gewiß niemand ableugnen wollen, daß heute aus zwei Stahlblechen von 0,6 bis 0,9 mm Dicke mit einer geeigneten feuersicheren Zwischenlage von 3—5 cm Dicke feuersichere Türen hergestellt werden können, die

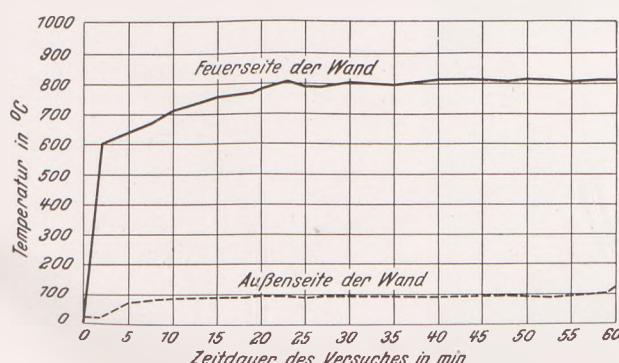


Abb. 7. Feuer-Versuchsdigramm zu Abb. 6.

Stoßkanten in gleicher Weise in die Wandplatten wie diese selbst eingeschlagen werden kann (Abb. 3). Die auf den Abbildungen angegebenen Gewichte von 19,3 bzw. 19,5 bzw. 25,8 kg schließen nicht das Profil für die Bodenbefestigung und nicht die Winkeleisenschienen für die Deckenbefestigung ein. Die zwischen den Decksbalken entstehenden Zwischenräume, die sich ergeben, wenn die Wandelemente parallel zu

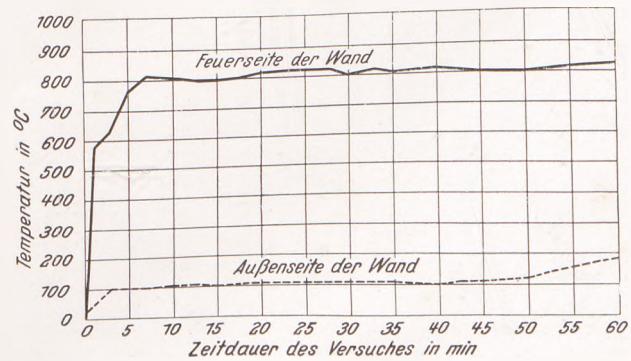


Abb. 9. Feuer-Versuchsdigramm zu Abb. 8.

gleiche Gewichte und ähnliche Preise haben wie die heute üblichen Sperrholztüren, und deren konstruktive Stabilität noch größer ist als bei jenen. Ferner ist kein Grund ersichtlich, warum man nicht sämtliche Deckenverschalungen in einem Fahrgastschiff aus Stahlblechen herstellen kann, deren Dicke hinreichend sein muß, um einen gerade so ebenen Verlauf der Decke zu gewährleisten wie bei der Sperrholz-

decke. Die Gewichts- und Preisunterschiede werden keineswegs nennenswert sein, und die „Entholzung“ würde bei einem großen Fahrgastschiff zwischen 20 und 30 000 m² Sperrholz liegen. Der Wohnlichkeit würde damit keinerlei Abbruch getan. In dieser Hinsicht ist in



Abb. 10. Rauchkabinett der Stahlfirma Fillod.

der Tat nur der ernsthafte Wille der Reedereien, evtl. eine Ermunterung durch die Seever sicherung und — wenn es nicht anders geht — die Stellung entsprechender Forderungen durch das reisende Publikum in der Welt presse erforderlich.

Es ist im übrigen nicht bei Versuchen geblieben, durch bautechnische Maßnahmen eine Erhöhung der Feuersicherheit herbeizuführen. Wie schon erwähnt, sind bei der „Normandie“ eine ganze Reihe von Verbesserungen angewendet worden, welche die horizontale Verbrei-



Abb. 12. Kammer III. Kl. (Architekten: Frantz-Philippe Jourdain und André Louis.) s. Konstruktion Abb. 8.

tung des Feuers abschwächen. Die französische Schiffahrt hat eben am eigenen Leibe in der letzten Zeit die Nachteile mangelhafter Feuersicherheit besonders hart spüren müssen, und dies hat sowohl das Verantwortungsgefühl wie den französischen Unternehmungsgeist stark angeregt. Gelegentlich des internationalen Kongresses der Schiffbauer und Schiffsmaschinenbauer in New York Mitte September 1936, beschäftigten sich mehrere Vortragende mit der Frage der Feuersicherheit, und u. a. berichtete Leslie Champness über eine Reihe von Maßnahmen, welche auf dem französischen Fahrgastschiff „Président Doumer“ getroffen worden sind. Vor allem haben sich diese auf Navigationsräume, Treppenhäuser, Elevatorschächte, Küchen, Büros, Vorratsräume und Verschalung von Gesellschaftsräumen erstreckt. In den Gängen wurde die Deckenverschalung aus galvanisiertem Eisenblech mit dekorativen Einprägungen hergestellt, und alle elektrischen Kabel wurden in Kabelkonsolen gefaßt. Insgesamt wurde durch diese Maßnahmen erreicht, daß statt 710 m² Verschalungsholz nur 325 m² eingebaut wurden. Über 500 m² brennbarer Gummifußböden wurden durch Mosaikplatten ersetzt. Alles Bettzeug, die Vorhänge, Gardinen in den Kammern und öffentlichen Räumen wurden mit feuersicheren Substanzen imprägniert und jede Kammer mit einem Handfeuerlöscher ausgerüstet. Im Bereich der elektrischen Kabelkanäle wurden automatische Temperatur-Fernmeldegeräte eingebaut. Die üblichen Feuerschotten in der Fahrgasteinrichtung wurden als Kofferdämme mit doppelten Stahl schotten in ca. 65 cm Abstand her gestellt und mit Einrichtungen ver-



Abb. 11. Stahlkammer III. Klasse (Flambo).

sehen, welche gestatten, den Kofferdamm in 6 Minuten mit Wasser zu fluten.

Nach angestellten Versuchen wurden auf dem „President Doumer“ auch hölzerne Kammergruppen mit Asbest gedeckt, welche einem intensiven Feuer eine halbe Stunde lang widerstanden haben.

Derartige Sicherungen sind bestimmt geeignet, innerhalb der hölzernen Einrichtungen wesentlich zur Verringerung des Gefahrenrisikos beizutragen, wenn es sich hier auch um einen Kompromiß handelt. Die Belegung der vorgeschriebenen stählernen Feuerschotten mit Asbest ist übrigens bei der „Normandie“ im Umfange von mehreren tausend Quadratmetern durchgeführt worden. Die Einrichtung von Sprinkler-Systemen mit selbsttätiger Auslösung bei Übertemperaturen gehört zu den bemerkenswerten Vorkehrungen der Feuerbekämpfung.

Alle Maßnahmen zur Feuererkennung und -bekämpfung müssen immer als sekundär betrachtet werden im Vergleich zu solchen bau-technischen Vorkehrungen, die auf dem Wege der Materialauswahl die Entstehung von Feuer weitestgehend zu vermeiden gestatten. Hier kommt in erster Linie das Stahlmaterial in Betracht, wobei in den Grenzgebieten zwischen stählernen feuersicheren Zonen und hölzernen Einrichtungen die äußeren Umgrenzungswände selbst noch in geeigneter Weise durch Auflagen z. B. von Asbest oder Asbestbeton zu schützen sind.

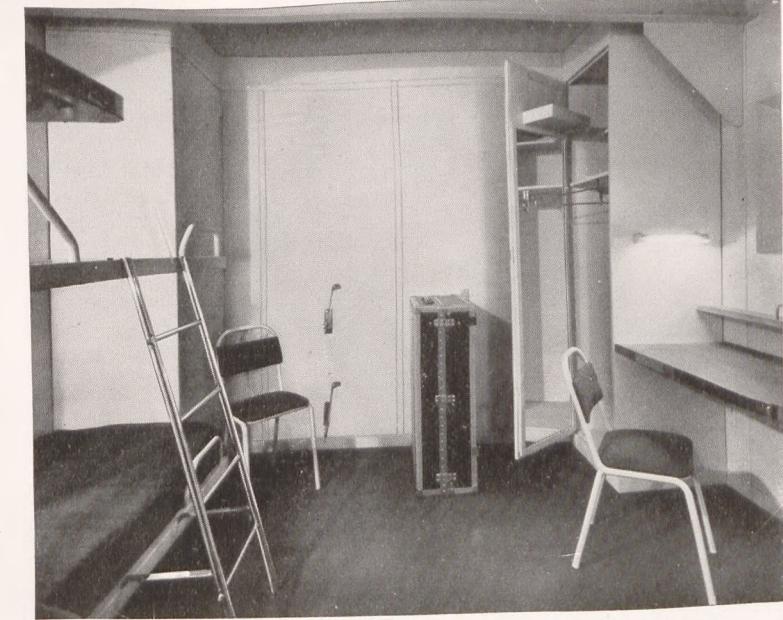
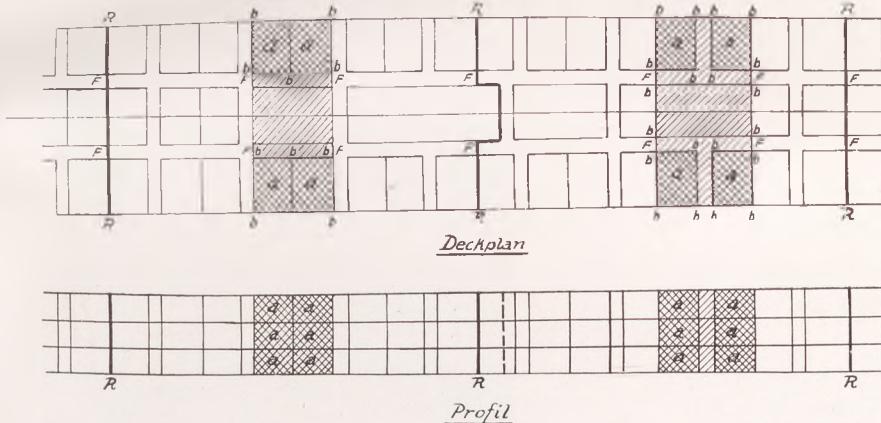


Abb. 13. Stahlkammer III. Klasse (frz. Ursprungs).



R = übliche Rauchschotte nach den Vorschriften.
a = feuersichere Kammerblocks (Endschotten mit verstärkter äußerer Isolierung).
b = leichte Stahlblechscharten in Sonderkonstruktion.
F = feuersichere Türen (Federkraftschluß nach zentraler Auslösung).

Abb. 14.
Prinzipskizze für die Durchsetzung hölzerner Fahrgasteinrichtungen mit feuerisolierenden Stahlkammerblocks.

Der Ausbau des Togokais am Südwesthafen in Hamburg.

Von Baurat Dr.-Ing. Bolle und Dipl.-Ing. Schütte, Hamburg.

(Schluß)

Die Spundwand des Togokai-Süd, die unter dem vorderen Teil dieser Mauer allein trägt, war aus einem besonders widerstandsfähigen Werkstoff herzustellen. Es wurde ein hochwertiger Stahl mit Kupferzusatz gewählt. Die Spundwand wird außer auf Biegung (1970 kg/cm^2) auch auf Achsdruck und damit auf Knickung (220 kg/cm^2) beansprucht, und bei einer Durchbiegung der Wand mußte die lotrechte Last noch zusätzliche Biegespannungen (100 km/cm^2) hervorrufen. Es kam daher neben der Biegefesteitigkeit, also dem Widerstandsmoment der Wand, auch auf die Steifigkeit, also das Trägheitsmoment an. Unter den deutschen Spundwandprofilen Nr. 5, die tabellarisch sämtlich gleiche Gewichte und Widerstandsmomente haben, weist das Larssen-Profil das größte Trägheitsmoment auf. Dies führte zur Wahl einer Larssen-Spundwand. Man machte sich bei Wahl dieses Systems die von der Herstellerfirma, dem Dortmund-Hörder Hüttenverein, behauptete Erfahrung zu eigen, daß der Tabellenwert des Trägheitsmoments der Larssen-Bohle trotz der Schloßfuge bei entsprechender Schweißung, Einspannung oder gleichwirkenden Umständen tatsächlich vorhanden ist.

Die Spundwand des Togokai-Nord wird ebenfalls auf Biegung und Achsdruck beansprucht; sie wurde aus Klöckner-Bohlen Nr. 3a in St. 37 ausgeführt. Die rechnungsmäßige Beanspruchung beträgt 1723 kg/cm^2 .

Die Rammarbeit wurde bei den Spundwänden beider Kaistreken mit Menk & Hambrockschen Universalrammen mit Bärgewichten von 4 t ausgeführt. Die Eindringung bei den letzten 10 Schlägen betrug am Togokai-Süd zwischen 15 und 1 cm, am Togokai-Nord zwischen 20 und 6 cm. In keinem Fall gab der Eindringungswiderstand oder irgendwelche andere Erscheinung beim Verlauf der Rammung Anlaß zu der Besorgnis, daß die Wand unten im Boden aus dem Schloß gesprungen und undicht geworden sei, oder auch daß ihre Tragfähigkeit ungenügend sei.

Bei der Rammung der Spundwände war den nachstehenden bekannten Erscheinungen Rechnung zu tragen: Dem „Voreilen“ des

Spundwandkopfes, dem „Auslängen“, dem „Mitziehen“ und dem „Ausweichen“ aus der Flucht.

Die 18,10 m langen Bohlen Larssen-Profil 5 des Togokai-Süd wurden zunächst jede Doppelbohle für sich unter die Ramme genommen und in einem Arbeitsgang in ganzer Länge eingeschlagen. Dabei wurden alle Vorsichtsmaßnahmen getroffen, um das Voreilen des Spundwandkopfes gegenüber dem Spundwandfuß in der Rammrichtung hintanzuhalten; die Köpfe der zuletzt gerammten 8–10 Doppelbohlen wurden mit Ketten und Zahnstangenbindung zusammengepreßt; der Kopf der unter der Ramme befindlichen Bohle wurde während des ganzen Rammvorganges mittels eines Drahtseiles und einer Bockwinde zurückgezogen. Trotzdem war ein „Voreilen“ nicht zu verhindern, so daß schon bald die Bohlen begannen, sich mit dem Kopf in der Rammrichtung überzuseigen. Sobald eine Neigung von etwa 100:1 erreicht war, verstärkte sich die Schräglage bei den folgenden Bohlen rasch. Es galt also, rechtzeitig Keilbohlen zu schlagen. Bei dieser Rammweise sind auf 134,7 lfd./m Spundwand 6 Stück Keilbohlen geschlagen worden, dadurch wurde der Spundwandfuß um 130 cm länger (in der Abwicklung gedacht) gemacht als der Spundwandkopf; dazu kommen etwa 24 cm Verlängerung durch Ausgleich in den Dehnungsfugen. Der Unterwagen der Spundwandramme lief bei der geschilderten Einzelrammung der Bohlen auf je einer Schiene vor der Spundwand und hinter der Bockpfahreihe, so daß zwischen den Trägern des Rammunterwagens nicht mehr als eine Doppelbohle zur Zeit gestellt werden konnte. Wegen des schlechten Rammverlaufs ging die Arbeitsgemeinschaft für den übrigen Spundwandteil zum „fachweisen“ Rammen über. Hierzu wurde zunächst das Rammgerüst hinter der Spundwand angeordnet (vgl. auch Abb. 11) und der Unterwagen der Ramme soweit verkürzt, daß die Träger nicht mehr in die Spundwandflucht hineinragten. Dann wurden Fache von jeweils 8–10 Doppelbohlen in der Rammrichtung fortschreitend gestellt und teilweise eingerammt, so daß die Köpfe zunächst etwa 2,50 m über der Endlage stehen blieben. Danach wurde, mit der vorletzten

Bohle beginnend, das Fach von der zurücklaufenden Ramme jetzt erst auf die endgültige Höhe geschlagen. Bei diesem Verfahren verhinderte sich das Voreilen stark, konnte jedoch nicht ganz verhindert werden. Auf 334 m Rammstrecke wurden noch 3 Keilbohlen mit 75 cm Längenunterschied zwischen Kopf und Fuß gebraucht, außerdem ein Ausgleich von 48 cm an den Dehnungsfugen.

Bei den 10,5 m langen Bohlen Klöckner Prof. 3a des Togokai-

Nord war die Rammung, der geringeren Tiefe entsprechend, leichter, und die Neigung zum Voreilen trat nicht so stark in Erscheinung. Durch Zurückpressen der Bohlenköpfe konnte das Voreilen hier ausgeglichen werden, so daß keine Keilbohlen verwendet zu werden brauchten.

Unter „Auslängen“ in der Rammrichtung soll hier das Bestreben der Spundwandbohlen verstanden werden, die ihnen durch die Walzung gegebene Wellenform während des Rammvorganges abzuschwächen. Diese Erscheinung unterliegt unkontrollierbaren Einflüssen; sie trat bei den einzelnen Abschnitten zwischen den Dehnungsfugen des Togokais nicht immer in gleicher Weise theoretischen Abschnitts-

Abb. 11. Pfahlramme und Führungsholme für die Spundwand Togokai-Süd.

auf. In der folgenden Tabelle sind die langen, die aus Zahl und Breite der Bohlen

theoretischen Abschnitts-

langen, die aus Zahl und Breite der Bohlen errechnet wurden, den gemessenen Längen gegenübergestellt.

Das „Mitziehen“ beruht darauf, daß der beim Rammen der Spundbohlen zu überwindende Widerstand nur zu einem Teil Eindringungswiderstand des Bodens, zum anderen Teil Reibungswiderstand im Schloß ist. Je nachdem, wie gut die Bohlen geradegerichtet sind und je nachdem sich Bodenteilchen in das Schloß einklemmen, kann dieser Widerstand sehr groß werden. Wird der Reibungswiderstand einer gerade unter der Ramme befindlichen Bohle größer als Reibungs- plus Eindringungswiderstand der letzten Bohle, so wird diese mitgerissen; sie zieht mit. Mitziehende Bohlen sind durch Anklemmen an die zuvor gerammten Bohlen nicht zu halten. Man muß daher von vornherein mit dem Mitziehen rechnen und die Bohlen etwas länger nehmen, als zeichnungsgemäß erforderlich wäre, damit der Kopf einer mitziehenden Bohle nicht unter die zulässige Tiefe gerät, bzw. die das Mitziehen verursachende Bohle nicht vor Erreichen der vorgeschriebenen Tiefe gekappt zu werden braucht.

Die Bauart des Togokai-Süd war besonders empfindlich hinsichtlich des Mitziehens, da auf den genau auf gleicher Höhe zu bringenden Spundbohlenköpfen über einer Eisenplatte Granitsteine zu verlegen waren (vgl. Abb. 14), die bis zu 30 t Last je lfd. m Wand zu übertragen hatten. Die Bohlen

waren mit 18,10 m ohne Überlänge gegenüber dem Zeichnungsmaß bestellt. Es stand daher nur die Toleranz des Lieferwerkes von durchschnittlich etwa 4 cm Überlänge zur Verfügung. Auf Anordnung der Bauleitung wurden die Bohlen allgemein etwa 4 cm

Tabelle 2. Übersicht über Auslängen der Spundwände.

Bauabschnitt	Theoretische Länge	Gemessene Länge	Unterschied %
Togokai-Süd	1 37,52	37,92	+ 1,07
	2 47,68	48,55	+ 1,82
	3 47,68	48,25	+ 1,20
	4 48,52	48,42	- 0,20
	5 48,52	48,38	- 0,29
	6 46,84	47,15	+ 0,66
	7 47,68	48,17	+ 1,02
	8 47,68	48,23	+ 1,15
	9 47,68	47,92	+ 0,50
	10 40,95	41,62	+ 1,63
Togokai-Nord	1 47,40	47,90	+ 1,05
	2 46,40	46,40	0,0
	3 43,40	43,55	+ 0,81
	4 45,60	46,30	+ 1,53

über der vorgeschriebenen Endlage des Kopfes stehen gelassen. Dies Maß erwies sich als reichlich knapp, denn trotz der 4 cm Toleranz wurden 8 Bohlen bis unter die nötige Kopfhöhe mitgezogen, so daß hier später Paßstücke aufgeschweißt werden mußten; 6 Bohlen mußten vor Erreichen der vorgeschriebenen Tiefe gekappt werden.

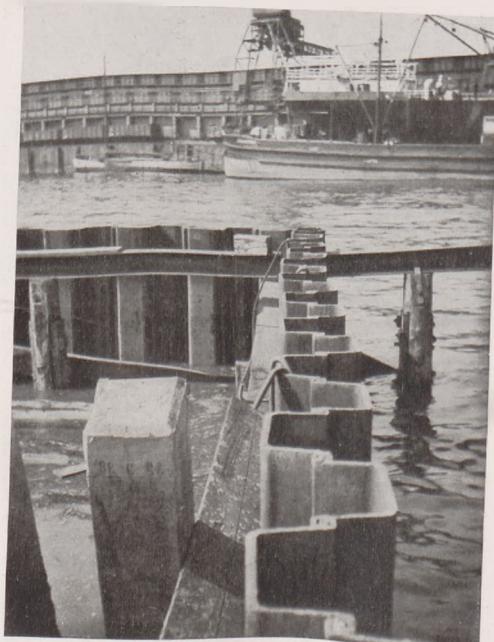


Abb. 13. Aufsicht auf die Spundwand Togokai-Süd.

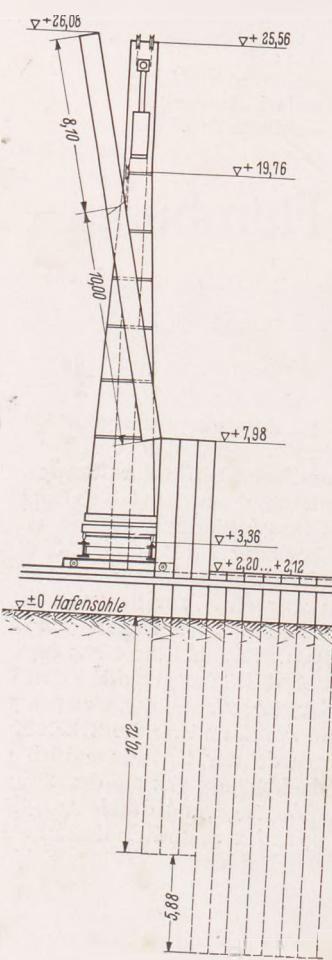


Abb. 12. Skizze für fachweises Rammen.

Beim Togokai-Nord war die Rammung leichter; durchschnittlich 125 m² Tagesleistung gegenüber 75 m² am Togokai-Süd, und die Bohlen zogen, von einer Ausnahme abgesehen, nur unbedeutend mit. Die Bauart des Togokai-Nord, der zufolge die Bohlenköpfe aufgeschlitzt und in den Beton eingebunden werden, weist übrigens den Vorzug auf, daß das Mitziehen der Bohlen hier keine große Bedeutung hat, da die Köpfe nicht genau auf gleiche Höhe gebracht zu werden brauchen.

Die hinsichtlich des Mitziehens genannten Gründe machten für den Togokai-Süd auch die Fluchtrechtheit der Spundwand besonders wichtig. Es wurde daher alle mögliche Sorgfalt daran gewendet, die Spundwand genau fluchtrecht zu führen. Doppelte Führungsholme wurden mit schweren eisernen Trägern in genau eingemessenem Abstand von den zuvor gerammten Bockpfählen gehalten (Abb. 11). Trotzdem gelang es nicht, besser, als Abb. 13 zeigt, die Spundwandköpfe in genauer Flucht zu bringen.

Verbindung zwischen gerammtem Grundbauwerk und Betonkörper.

Die Verbindung zwischen den Pfählen und dem Betonkörper wurde dadurch hergestellt, daß an den Pfahlköpfen die Bewehrungs-eisen freigestemmt und eingebunden wurden.

Die Verbindung zwischen Spundwand und dem Mauerkörper wurde bei den Bauwerken in verschiedener Weise bewerkstelligt. Die Spundwand des Togokai-Süd ist an dem Betonkörper mit Rund-eisenankern aus St. 52 befestigt. Die Anker sind so berechnet, daß sie vom Auflagerdruck des Erddruckes am Spundwandkopf mit nur 820 kg/cm² beansprucht werden, daß sie bei einer Beanspruchung von

2000 kg/cm² allerdings zugleich ein geringes Einspannmoment (4,74 mt) übertragen; im wesentlichen aber sollte diese Verbindung als freies, d. h. gelenkiges und bewegliches Auflager wirken.

Beim Entwurf waren zur Sicherstellung der Gelenkwirkung zunächst besondere Maßnahmen nicht vorgesehen. Nach dem Muster entsprechender Bauteile bei anderen Kaimauern waren die beiden in ihrer Lage zueinander veränderlichen Teile, nämlich die Spundwand mit der abdeckenden Eisenplatte einerseits und der Mauerkörper mit den

falt die Spundwand mit dem Schneidbrenner nicht völlig eben abschneiden; auch wiesen die in Längen von 9 m angelieferten Platten kleine Unebenheiten auf, die einer gleichmäßigen Berührung zwischen Wand und Platte im Wege standen.

Beim Togokai-Nord wurde die in der statischen Untersuchung vorausgesetzte Einspannung der Spundwand in den Betonkörper auf die durch Abb. 15a u. b veranschaulichte Weise bewirkt. Der Spundwandkopf wurde auf 90 cm Länge durch eine Reihe von Brennschnitten ge-

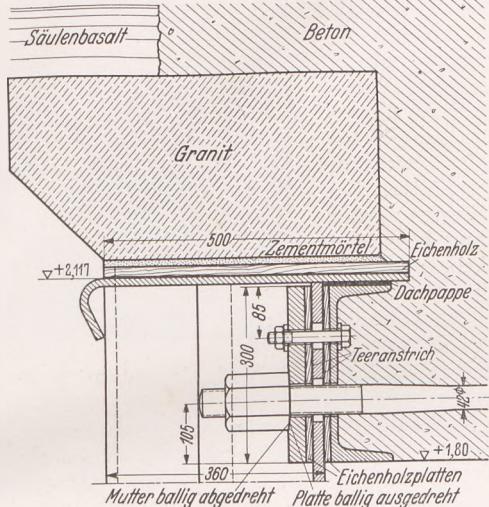


Abb. 14. Verbindung zwischen Spundwand und Betonkörper Togokai-Süd.

einzubetonierenden Ankern andererseits, ohne bewegliches Zwischenglied aneinandergefügt worden. Bei den in Frage kommenden Ausführungen haben sich auch Schäden bisher nicht gezeigt. In Anbetracht der beim Togokai-Süd verhältnismäßig hohen lotrechten Belastung der Spundwand von bis zu 30 t/lfd. m entstanden jedoch Befürchtungen, ob nicht eine, wenn auch nur geringe, Durchbiegung der Wand und Winkeländerung am Kopf mit der daraus folgenden Anhäufung der Druckspannungen über den vorderen Bohlenwellen zu Zerstörungen an den Granitsteinen führen könnte. Die Bauleitung suchte daher nach einem in gewissen Grenzen nachgiebigen Stoff, der als Futter dienen und den Druck besser verteilt an den Granit abgeben sollte. Bei Quetschprüfungen verschiedener Bitumen-Faserstoffe quetschte sich das Bitumen zwischen den Fasern heraus; diese Stoffe boten daher auf die Dauer keinen genügenden Widerstand. Dagegen zeigte Eichenkernholz bei dem Versuch die gewünschte Fähigkeit, daß es sich bei einer Spannung von 200 kg/cm² auf etwa $\frac{3}{4}$ der ursprünglichen Dicke zusammendrücken ließ, ohne darnach bei gleichbleibender Spannung noch weiter nachzugeben. Die Futterstücke wurden aus Vakuumverfahren getrocknetem und unter Druck mit Teeröl ge-

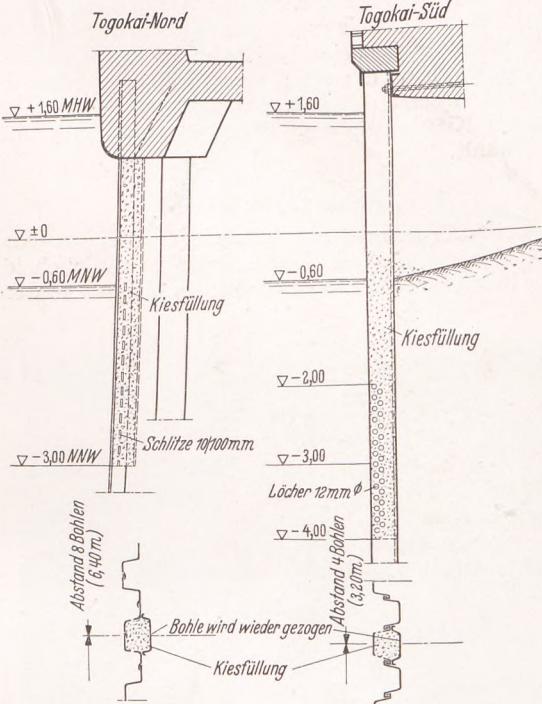


Abb. 16. Kiesfilter der beiden Ufermauern.

schlitzt und so gewissermaßen in Bewehrungsseisen des Betons aufgelöst. Unvermeidbar war es dabei, daß für die Durchführung einer Reihe von quer zum Wandkopf verlaufender Bewehrungsseisen Teile der Spundwand herausgeschnitten werden mußten, so daß der Spundwandquerschnitt an der Stelle des Einspannmomentes geschwächt ist und die rechnerischen Spannungen des St. 37 hier bis auf 2100 kg/cm² steigen.

Ausgleich des Wasserstandes vor und hinter der Spundwand.

Die Schlösser von Stahlspundwänden weisen kurz nach der Rammung feine Undichtigkeiten besonders in der Nähe von Schweißstellen auf, durch die Wasser durch die Wand dringen kann. Später muß man

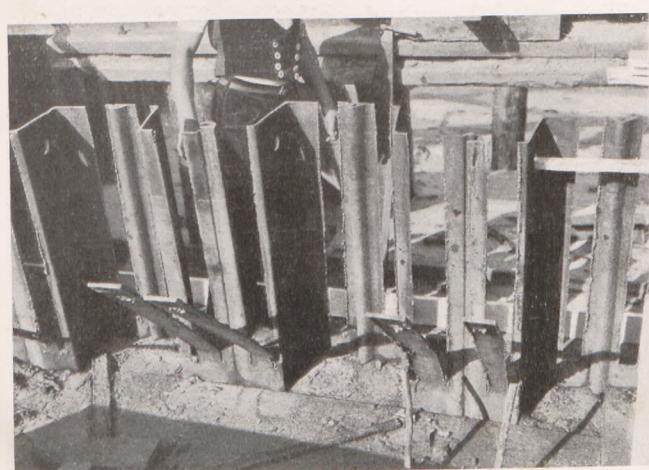


Abb. 15a.
Aufschlitzten des Spundwandkopfes für die Einspannung im Betonkörper bei Togokai-Nord.

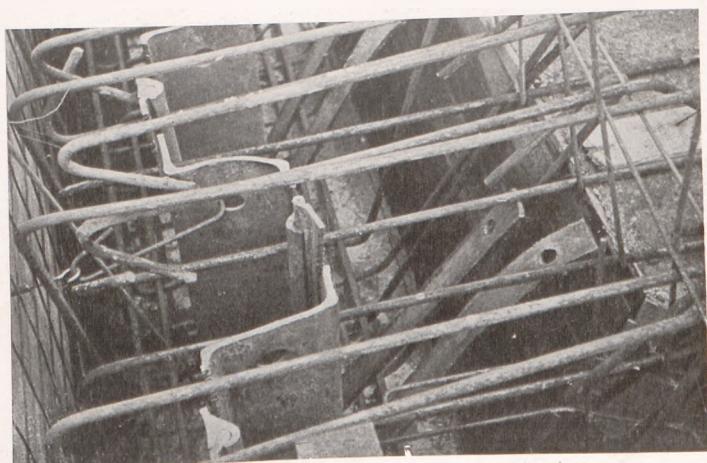


Abb. 15b.

tränktem Eichenkernholz hergestellt und, wie in Abb. 14 dargestellt, angeordnet; nach Fertigstellung des Baues war im Eigengewichtszustand noch keine Quetschung oder sonstige Veränderung des Eichenholzes zu bemerken.

Bei der Ausführung des beschriebenen Bauteiles war besonderer Wert auf ebenmäßiges Aufliegen der eisernen Abdeckplatte auf der Spundwand zu legen. Es ließ sich aber trotz aller angewandten Sorg-

jedoch, da sich diese Stellen mit Bodenteilchen bzw. Rost dicht setzen, mit einer praktisch wasserdichten Wand rechnen und damit auch mit der Möglichkeit, daß nach einer Sturmflut, besonders wenn diese die Kaimauer überspült, und bei nachfolgendem schnellem Außenwasserabfall ein gefährlicher Wasserüberdruck hinter der Mauer entsteht. Deshalb sind bei den Wänden beider Kais in der Höhe zwischen NW und NNW Öffnungen in der Spundwand angeordnet, hin-

ter denen Kiesfilter dafür sorgen, daß das austretende Wasser keinen Boden mit in den Hafen spült.

Die Ausführung der Öffnungen und der Kiesfilter der beiden Kai-bauten unterscheidet sich, wie Abb. 16 zeigt, dadurch, daß in einem Falle gebohrte Löcher, im anderen Falle gebrannte Schlitze als Öffnungen hergestellt wurden. Den Schlitzten ist wahrscheinlich der Vorzug zu geben, da sie auf der Baustelle und billiger herzustellen sind und außerdem größere Sicherheit gegen Verstopfung und Dichstrosten bieten. In beiden Fällen wurde der Kiesschacht durch eine vorläufig hinter die Wand gerammte Bohle gegen den dahinterliegenden Boden abgeschlossen. Dann wurde beim Togokai-Süd mit Druckwasserspülung, beim Togokai-Nord mittels einer Schlammbuchse der Boden aus dem Schacht entfernt, Kies eingebracht und die Bohle wieder gezogen. Für den Kies wurde eine Körnung zwischen 5 und 15 mm Korngröße gewählt.

Betonierungsarbeiten.

An den Betonkörpern der hier beschriebenen Kai-bauten sind die „Platte“ und das „aufgehende Mauerwerk“ zu unterscheiden, zwei Teile, die nur in getrennten Arbeitsvorgängen hergestellt werden kön-

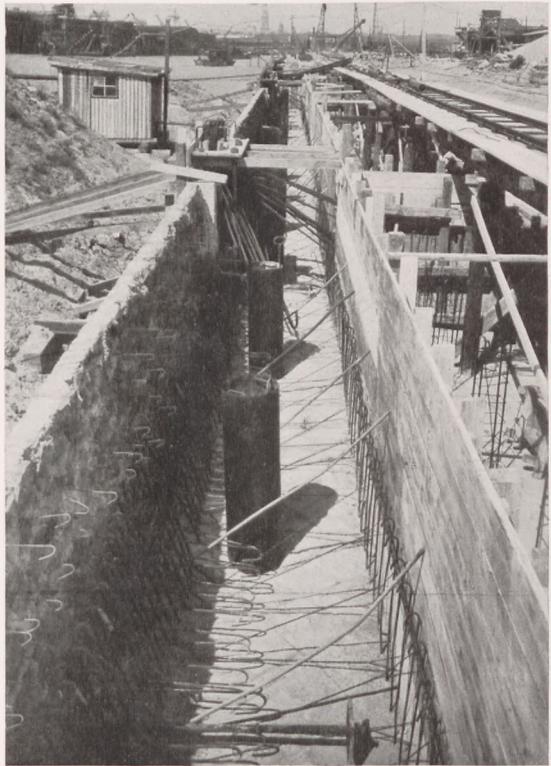


Abb. 17. Blick in die Schalung des aufgehenden Mauerwerks Togokai-Süd.

nen, die aber auch statisch verschiedene Aufgaben zu übernehmen haben.

Die Platte des Togokai-Süd ist mit starken Einlagen aus St 52 bewehrt; sie ist auf Grund einer Betondruckspannung von 65 kg/cm² berechnet. Der ausführenden Firma war im Vertrag vorgeschrieben, nur Kies von einer Kornzusammensetzung nach dem günstigsten Bereich der bekannten Sieblinie in einem Mischungsverhältnis von 300 kg Zement auf 1000 l losen Kiessandes zu verwenden. Der angelieferte Bittkauer Elbkies wies ohne besondere Zuschläge die verlangte Kornzusammensetzung auf und ergab mit dem verwendeten Hoesch-Eisenportlandzement einen Beton mit Festigkeiten von

84 bis 214 kg/cm² nach 7 Tagen
und 162 bis 350 kg/cm² nach 28 Tagen.

Beim Einbringen des Betons war aus bekannten Gründen die Tidebewegung zu berücksichtigen. Mit Rücksicht darauf war schon die Höhenlage der Platte so festgelegt, daß sich die Herstellung bei normalen Tiden so einrichten ließ, daß erst nach etwa 8 Stunden nach Einbringen des Betons Wasser von außen gegen die Schalung anzuordnen brauchte. Der tiefliegende Teil der Platte, ihr Auflager auf den Pfählen, lag 20 cm unter MHW. Die Arbeitsgemeinschaft entschloß sich jedoch, sich von den Wasserständen weitgehend unabhängig zu machen. Sie schloß die Baugrube in der Querrichtung abschnittsweise durch Dämme ab, kalfaterte die bis 50 cm über MHW reichende Spundwand und hielt nun in diesen Baugrubenabschnitten den Wasserstand mit einer Pumpe unter die Schalungsunterkante gesenkt.

Zum Fördern des Betons von der Mischmaschine zum Baukörper

benutzte die Arbeitsgemeinschaft teilweise eine Betonpumpe System Torkret mit 150 mm Rohrleitung. Das Aggregat aus Mischmaschine, Betonpumpe und Preßluftanlage war in der Mitte der 466 m langen Kaistrecke aufgestellt, so daß die größte Förderlänge 230 m betrug. Obwohl der Kies sehr scharfkörnig und frei von jeglichen lehmigen Bestandteilen war, und obwohl das Mischungsverhältnis für die gewählte Förderart nicht sehr fett war, wurde ziemlich steifer Beton — Ausbreitmaß 48—52 cm — gepumpt. Es zeigte sich kein Anzeichen von Entmischung. Im Anfang dieses Betonierbetriebes traten zweimal Störungen infolge Überbeanspruchung der Maschinen durch den Widerstand der über 200 m langen und nicht krümmungsfreien Leitung ein. Für die letzten beiden Bauabschnitte, bei denen die Leitung wieder über 200 m lang geworden wäre, ging die Arbeitsgemeinschaft deshalb zum Lorenbetrieb über. Die Leistung der Betonpumpe betrug bei 225 m Leistung 14 m³/Stde. 40 m Leistung 21 m³/Stde.

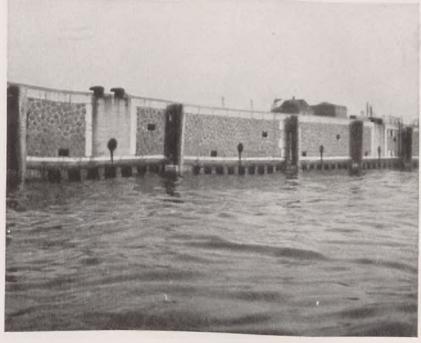


Abb. 18. Gesamtansicht der Kaimauer.

Über der Platte wurde das aufgehende Mauerwerk in drei Lagen, deren Höhe von der Widerstandsfähigkeit des als Schalung benutzten Basaltmauerwerks bedingt war, teils mit der Betonpumpe, teils im Lorenbetrieb eingebracht. Abb. 17 zeigt die Schalung des aufgehenden Mauerwerks mit den blechernen Schalungsrohren für die Beobachtungslöcher.

Der Betonkörper des Togokai-Nord unterscheidet sich von dem des Togokai-Süd durch geringere Beanspruchung ($\sigma_b/\sigma_e = 40/1200$), tiefere Lage der sog. „Schürze“ der Platte und durch Vorsatzbeton an Stelle der Basaltverblendung. Der verwendete Gruenkies war nicht ganz frei von lehmigen Bestandteilen und in der Körnung wenig gleichmäßig und weniger gut abgestuft. Der Zementanteil betrug 260 kg/m³ losen Kiessandes. Die Festigkeitsergebnisse schwankten zwischen

58 kg/cm² und 184 kg/cm² nach 7 Tagen,
122 kg/cm² und 348 kg/cm² nach 28 Tagen.

Der Beton konnte hier nicht gänzlich unabhängig vom Wassерstand eingebracht werden.

Die Ingenieurbaugesellschaft verwandte aber eine gut dichtende gehobelte Schalung und wählte die Zeiten für das Betonieren so, daß das Hochwasser frühestens 4 Stunden nach Einbringen des Betons von außen gegen die Schalung drang.

Der Beton sowohl der Platte als auch des aufgehenden Mauerwerks wurde im Lorenbetrieb von einer fahrbaren Betonieranlage herabgekippt. Dabei wurde zum Einbringen des Vorsatzbetons ein zweiteiliger Schütt-Trichter verwandt, dessen einer Teil den Beton des Hauptkörpers und dessen anderer Teil den Vorsatzbeton in die Schalung abgab. In der Schalung wurden beide Betonarten durch quadratische Eisenplatten von 30 cm Kantenlänge so lange getrennt gehalten, bis an beiden Seiten dieser Platten der weiche Beton gleich hoch stand. Danach wurden die Platten gezogen und ein im Vorsatzbeton angebrachtes Baustahlgelebe durch Rundeisenhaken in der Hauptbetonmasse verankert. Über diesen Rundeisenhaken wurden die eisernen

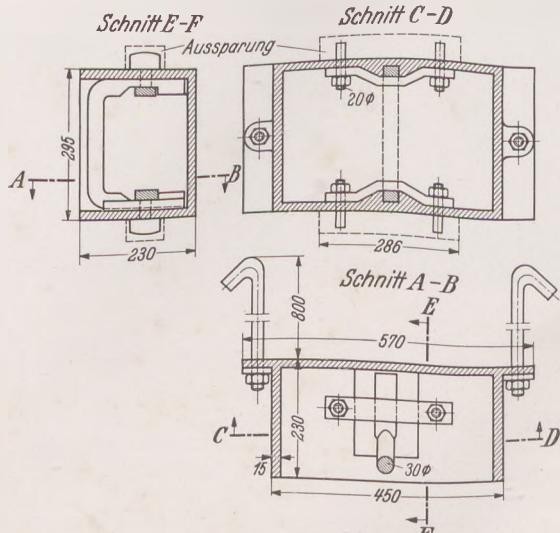


Abb. 19. Schutthalter.

Trennungsplatten von neuem aufgestellt und so fortgefahren, bis der ganze Körper betoniert war. In der Horizontalen weist die Mauer nur eine Tagesfuge, und zwar über dem Plattenbeton auf.

Ausrüstung.

Beide Kaimauern sind mit Streichpfählen, Leitern und Schutthaltern ausgerüstet, Togokai-Süd als Seeschiffskaai außerdem mit Pollern, Halteketten und je einem Streichbalken neben den Leitern.

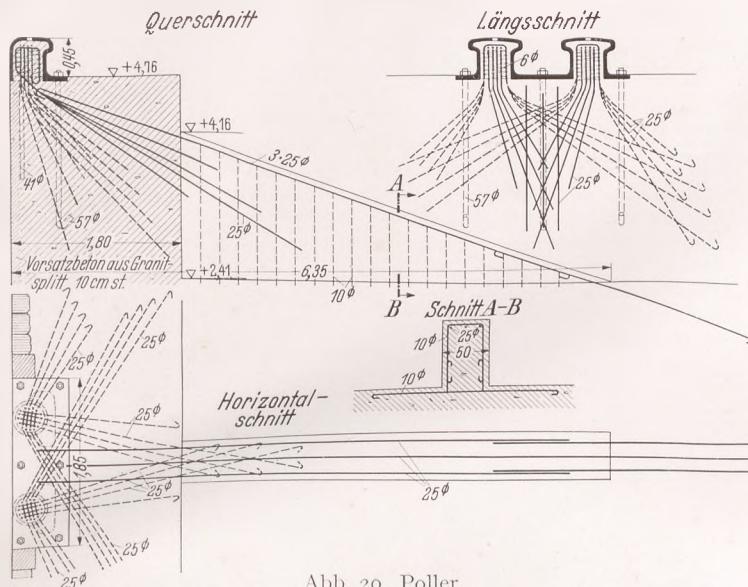


Abb. 20. Poller.

Von den nachstehend aufgeföhrten Einzelheiten abgesehen, entspricht die Ausrüstung im großen Ganzen der im Hamburger Hafen üblichen.

Als Neuerung ist zu erwähnen, daß die Bügel der Schutthalter (Abb. 19) auswechselbar sind, was für die spätere Unterhaltung Erleichterungen verspricht und in manchen Fällen eine Wiederherstellung beschädigter Schutthalter überhaupt erst ermöglichen wird.

Die Poller (Abb. 20) sind nicht mehr wie bei den bisherigen Ausführungen als übergroße Stahlgußkörper ausgeführt, sondern es ist nur für die Pollerhauben noch Stahlguß verwendet, während der größte Teil des Pollers, die Verbindung der Haube mit dem Mauerbeton, aus gewöhnlichen Rundisen hergestellt wurde. Die Doppelhaube erleichtert das häufig vorkommende Festmachen von 2 Trossen verschiedener Schiffe an ein und demselben Poller.

Halteketten, die dem Festmachen kleinerer Fahrzeuge dienen, wurden bisher an Ankerösen befestigt, die einfach durch einen durchbohrten Granitstein gesteckt und in den Beton eingelassen waren. Diese Ösen brachen leicht ab, da sie auf Biegung beansprucht wurden und dabei größeren Beanspruchungen ausgesetzt waren als die Ketten. Die am Togokai erstmals verwendete neue Ausführung (Abb. 21) schafft durch einen trichterförmigen Kettenkasten einen allmählichen Übergang von der Zugrichtung der Kette zur Ankerrichtung. Die Öse

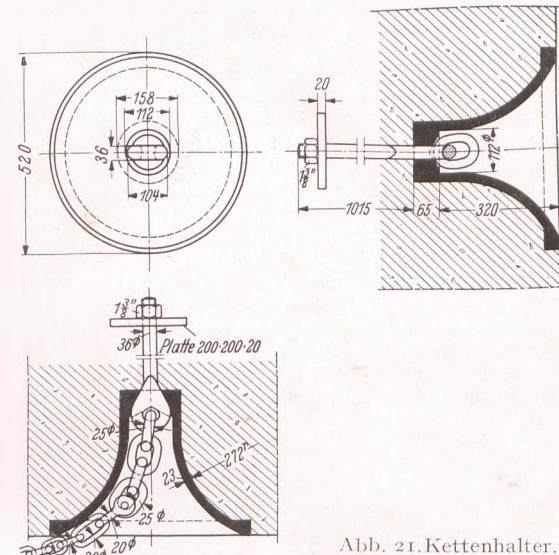


Abb. 21. Kettenhalter.

selbst ist besonders stark gehalten, und die anschließenden ersten Ket tenglieder sind so bemessen, daß sie größere Beanspruchungen vertragen als die Schäkel, mit denen die eigentlichen Halteketten befestigt sind. Es ist also zu erwarten, daß im Falle eines Bruches der leicht auswechselbare Schäkel, nicht aber die Ankeröse zerstört wird.

Für den Togokai-Süd ist der Bau großer Portal-Wippträne mit solcher Ausladung vorgesehen, daß Güter über einen an der Mauer liegenden Dampfer hinweg in Schuten abgesetzt werden können. Die Ausladung der vorgesehenen Kräne beträgt 28 m, die Tragkraft 7 t. Am Togokai-Nord werden Halbportal-Wippträne aufgestellt, die an anderer Stelle im Hamburger Hafen entbehrlich wurden; die Ausladung dieser Kräne beträgt 13,5 m, die Tragkraft 3 t.

Nachrichten über den Kriegsschiffbau.

NK 37—7. Italienische Schlachtschiffe.

Der im laufenden Jahre, dem XV. des faschistischen Staates, bevorstehende Stapellauf der beiden im November 1934 begonnenen Schlachtschiffe „Littorio“ und „Vittorio Veneto“ gibt Veranlassung zu einem Überblick über die bisherigen Leistungen und Entwicklungsphasen des italienischen Schlachtschiffbaus. Einleitend sei festgestellt und im folgenden näher ausgeführt, daß die italienische Marine unter hervorragenden Konstrukteuren schon frühzeitig einen erheblichen Einfluß auf die allgemeine Entwicklung des Kriegsschiffbaus ausgeübt hat. Als wesentlich richtunggebende Konstruktionen sind in den früheren Entwicklungsepochen die der ersten Zitadellschiffe („Dandolo“, „Duilio“), das Übergehen auf für die damalige Zeit große Displacemente („Italia“-Klasse), um die Jahrhundertwende die Vorschläge von Cuniberti¹ zum Bau schneller Schlachtschiffe mit Einheitsbewaffnung („monocalibra“, „Dreadnought“-Typ) und die entsprechenden italienischen Bauten („Vittorio Emanuele III“), später der Bau leichter Aufklärer („Esploratori“) mit relativ starker Bewaffnung und schließlich der Bau leichter, besonders schneller Kreuzer anzuführen. Auch in Einzelheiten, wie der umfangreichen Verwendung hochfester Stähle für den Bau der Schiffskörper, der erstmaligen Anwendung von Drillingstürmen (Konstruktion Cuniberti) und der Ausbildung des bekannten Unterwasserschutzsystems von Pugliese, haben die italienischen Konstrukteure eine Reihe von Anregungen gegeben.

Hovgaard hebt an den derzeitigen italienischen Konstrukteuren die Kühnheit und Originalität des Entwurfs, das Abweichen von der Routine und das Bestreben hervor, die Konstruktion den besonderen strategischen Bedingungen Italiens anzupassen:

The Italian constructors, however, who in the design of the „Duilio“ and „Italia“ had shown so much courage and originality, soon again departed from the routine of other navies and adapted their designs to the peculiar strategical conditions of their country.² Dementsprechend ist auch die Wichtigkeit dieser auf einem geschulten Verständnis für die militärischen

Belange und hohen technischen Fähigkeiten beruhenden bahnbrechenden Tätigkeit in der Marine und der Regierung anerkannt worden. Dies dokumentiert sich u.a. darin, daß einer der bedeutendsten Konstrukteure, Benedetto Brin, Marineminister geworden und ein Schlachtschiff nach ihm benannt ist.

Wenn hier im Anschluß an einen kürzlichen Aufsatz des Generalinspektors des Marinegenewesens Pugliese³ auch auf einige ältere Konstruktionen eingegangen wird, so mag das um so mehr berechtigt erscheinen, als die betreffenden Schlachtschiffstypen nicht nur Beispiele einer bemerkenswerten geistigen Durchdringung der ihnen zugrunde liegenden strategischen und taktischen Probleme sind und in ihrer technischen Gestaltung einen präzisen, zuweilen in seiner Ausschließlichkeit sogar extremen Ausdruck der militärischen Leitgedanken darstellen, sondern weil sie auch zum mindesten teilweise als Merkmale und Vorläufer von neuen Epochen des Kriegsschiffbaus gelten können.

So leitete der Bau der „Dandolo“-Klasse 1873/76, auf welchen sich auch Pugliese bezieht, die Epoche des Zitadellschiffes ein. Seine Konstruktion durch Benedetto Brin entstand aus dem wesentlich durch Admiral de Saint Bon und Brin geförderten Bestreben, der jungen italienischen Marine überragende Geltung im Mittelmeer zu verschaffen und sie hierzu mit schwerbewaffneten und gepanzerten Schlachtschiffen von ausreichender Geschwindigkeit und genügender Dampfstrecke zu Operationen in allen Teilen des Mittelmeers zu versehen.

Nach dem aus dem Aufsatz von Pugliese wiedergegebenen Diagramm (Abb. 1), welches die Displacementsentwicklung der Schlachtschiffe der hauptsächlichsten Seemächte für einen längeren Zeitraum wiedergibt, waren die Schwester-Schiffe „Dandolo“ und „Duilio“ die größten derzeitigen Kampfschiffe. Das Displacement wird allerdings von den einzelnen Quellen verschieden angegeben⁴. Als Bewaffnung waren ursprünglich 4 Stück 30,5 cm L/14 (12") 35 ts Rohrgewicht vorgesehen. Entsprechend dem raschen Fortschreiten des Geschützbau wurde aber sehr bald eine Um-

¹ Cuniberti, Vittorio E., Colonnello del Genio Navale: „An ideal Battleship for the British Fleet.“ Fighting Ships 1903.

² Hovgaard, William: Modern History of Warships. S. 117. E. u. F. N. Spon, London 1920.

³ Pugliese, Umberto, Generale Ispettore del Genio Navale: „Navi da Battaglia“. Riv. Maritt. (Januar 1937) S. 42 f.

⁴ Nach Pugliese 10 400 t (im Diagramm 12 000 t), nach Hovgaard 10 650 t, nach Weyer (1903) 11 140—12 260 t.

konstruktion auf das 60 ts-Geschütz vorgenommen. Kennzeichnend für die derzeitigen Verhältnisse ist die nun folgende gegenseitige Überbietung der Geschützbewaffnung der italienischen „Dandolo“ und der englischen „Inflexible“, wobei letzteres Schiff, das zunächst ebenfalls 60 ts-Geschütze erhalten sollte, auf das 80 ts-Geschütz (40,6 cm L/18 Vorderlader, 770 kg Geschossgewicht, 490 m/sec Mündungsgeschwindigkeit, Durchschlagsleistung 550 mm Schmiedeeisenpanzer auf 1000 Yards) umkonstruiert wurde worauf die Italiener die noch im Bau begriffene „Dandolo“ für das 100 ts-Geschütz (45 cm L/20,5) aptierten.

Der schweren Bewaffnung entsprach eine außerordentlich starke Panzerung: 550 mm Gürtelpanzer (Creusot-Stahlpanzer in einer Dicke) in der Wasserlinie über den vitalen Teilen und 45 cm Panzer im Bereich des die beiden diagonal aufgestellten Türme umfassenden Unterbaus sowie der Türme selbst.

Die Anordnung so schwerer Geschütze in Verbindung mit den als notwendig betrachteten Panzerdicken bei einem immerhin beschränkten Displacement ermöglichte Benedetto Brin durch die Erfindung eines auf sachgemäßen Erwägungen über den Schutz des Displacements und der Stabilität beruhenden neuartigen Panzerungssystems. Die bisher übliche vollständige Panzerung der Wasserlinie wurde auf den für die Erhaltung der Schwimmfähigkeit und Stabilität erforderlichen Teil, die sog. Zitadelle, beschränkt und diese durch Panzerquerschotte gegen die Schiffsenden abgeschlossen. Dem leitenden Gedanken, die Panzerfläche möglichst einzuschränken, entsprach auch die hier erstmalig angewendete Diagonalaufstellung der schweren Türme und im Zusammenhang damit die Teilung der Kesselanlage in eine vordere und hintere Gruppe. Mit der Verlegung der schweren Artillerie in das Mittelschiff als auf den in mancher Beziehung bestgeeigneten Platz wurde so eine Anordnung getroffen, wie sie später dem Prinzip nach bei modernen Großkampfschiffsbauten („Nelson“), wenn auch entsprechend modifiziert, wiederholt worden ist. Im Falle der „Dandolo“-Klasse ermöglichte ferner die Zusammenziehung der schweren Artillerie nach der Schiffsmitte die Einhaltung eines niedrigen Freibords mit entsprechender Ersparnis am Schiffskörpergewicht ohne den sonst bei einer Aufstellung an den Schiffsenden vorhandenen Nachteil starker Behinderung durch überkommendes Wasser, wie er sich bei den gleichaltrigen und späteren englischen Schiffen gezeigt hat.

Im ganzen zeigt der „Dandolo“-Typ in seinen charakteristischen Eigenschaften — schwerste Artillerie, schwerster Panzer, Reduzierung der gepanzerten Fläche durch Verzicht auf die Panzerung nicht vitaler Teile und durch sinngemäße raumsparende Anordnung derselben — grundsätzliche Ähnlichkeit mit modernen Großkampfschiffsbauten, wie ihm auch in bezug auf die Bewertung des schweren Artilleriefeuers ähnliche taktische Gesichtspunkte zugrundeliegen.

Die Konstruktion der „Dandolo“ rief bei den anderen Marinen, so der englischen, deutschen, amerikanischen und chinesischen, den Bau einer größeren Zahl ähnlicher Schiffe hervor, von denen die beiden chinesischen in Deutschland gebauten Schlachtschiffe in der Seeschlacht bei Wei-hei-wei eine bemerkenswerte Standkraft zeigten.

Den Eindruck, den die Konstruktion der „Dandolo“-Klasse auf die anderen Mächte machte, kennzeichnet folgender Auszug aus dem Bericht des Marineat-Ausschusses der französischen Deputiertenkammer vom Jahre 1879: „Italien, das zuletzt gekommene, enthüllt durch seine ersten Schritte (ses premières tentatives) die Größe seines Strebens (ambitions). Es will mit einem Schlag (à la fois) unverwundbare Schiffe und die mächtigste Artillerie haben ...“⁵

Auch bei der auf die „Dandolo“-folgenden, ebenfalls von Brin konstruierten „Italia“-Klasse konnte es scheinen, als ob hier in der militärisch-technischen Konzeption des Entwurfs ein im Schlachtkreuzer viel später wieder aufgekommenes Prinzip vorweggenommen wird. Tatsächlich stimmt die „Italia“-Klasse mit dem Extremtyp des Schlachtkreuzers vollständig überein, soweit unter der selbstverständlichen Beiseitellassung der durch 40 Jahre dazwischenliegende Entwicklung bedingten technischen Modifikationen die Grundzüge verglichen werden: hohe Geschwindigkeit — bei „Italia“ 18,5 kn gegen 15 der gleichaltrigen Schlachtschiffe, d. h. 23 % Geschwindigkeitsüberschuss; „Furious“⁶ 31 kn gegen

⁵ Vgl. zu 2, S. 45.

⁶ Die obige Typcharakteristik bezieht sich auf die ursprüngliche Konstruktion dieser leichten Schlachtkreuzer („hush-hush ships“, „large lihgt

25 kn, d. h. 24 % Geschwindigkeitsüberschuss — schwerste Bewaffnung — „Italia“ 4 Stück 43 cm L/27 gegen 2 Stück 45,7 cm L/42 der „Furious“ — leichte bzw. keine Panzerung des Rumpfes: „Italia“ kein Seitenpanzer, Schutz des Unterschiffs durch gewölbtes 70 mm-Unterwasserpanzerdeck, Schutz der Schwimmfähigkeit und Stabilität lediglich durch enge Unterteilung der Räume über dem Panzerdeck und Schutzfüllung mit Kohlen, bei „Furious“ leichte 76 mm dicke Seitenpanzerung und leichte Deckpanzerung, dagegen bei beiden Typen stärkere Panzerung der als wichtiger betrachteten Bewaffnung, bei beiden relativ großer Brennstoffvorrat und große Dampfstrecke. Sie betrug beispielsweise bei der „Italia“-Klasse mit rd. 12 000 sm etwa das dreifache des sonst üblichen. Diese

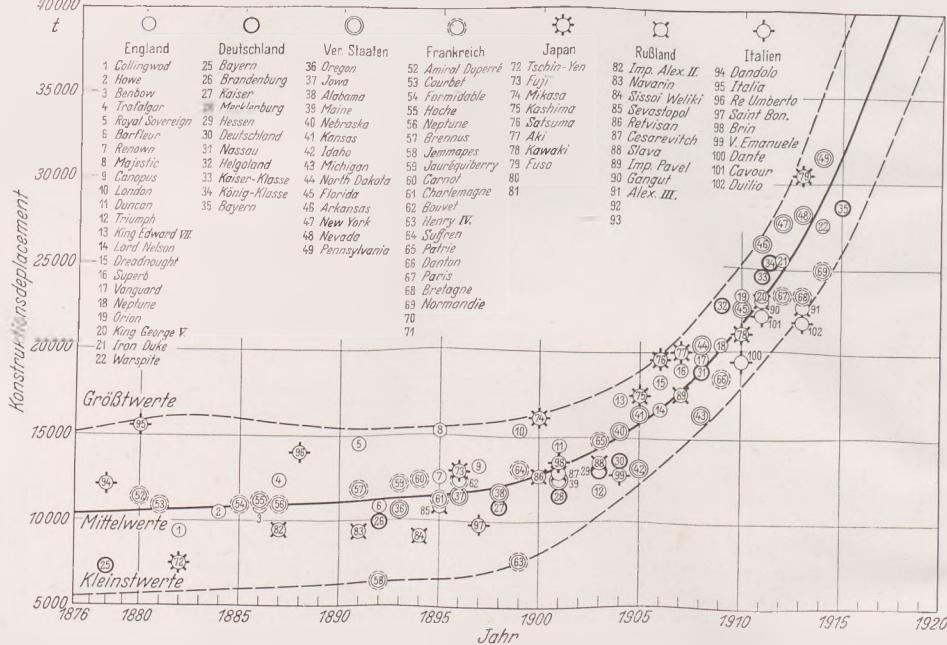


Abb. 1. Die Displacementsentwicklung der Schlachtschiffe.

Schiffe blieben ebenfalls mit ihren 15 600 t für längere Zeit die größten Kriegsschiffe der Epoche.

Während allerdings unzweifelhaft die „Furious“-Klasse als Verkörperung einer extremen Überspitzung des taktischen Prinzips des „speed-armament gauge“, d. h. der Kombination überlegener Geschwindigkeit mit überlegener, also auch unter den derzeitigen artilleristischen Anschauungen praktisch an Schußweite überlegener Artillerie zu werten ist, kann das Vorliegen einer ähnlichen taktischen Grundlage für die Konstruktion von 1880 zweifelhaft sein. Zum mindesten ist sicher, daß die auch damals schon möglichen erheblichen Schußweiten der schweren Kaliber in der Praxis noch erheblich weniger ausgenutzt wurden, als es beispielsweise auch bei der Artillerie der Weltkriegsepochen der Fall war; hierzu fehlten vor allem geeignete Feuerleitung- und Visiergeräte (Fernrohrvisiere). Bestimmend für die Kaliberbemessung war vielmehr wohl ausschließlich die Durchschlagsleistung gegen den Panzer bei dem Festhalten an relativ geringen Gefechtsentferungen. Maßgebend für den zum mindesten kühnen Entschluß, vom schwerepanzerten auf das ungepanzerte Schiff überzugehen, sind daher wohl Erwägungen über die bei der geringen Feuergeschwindigkeit zu erwartende geringe Trefferdichte und auch die geringe Sprengwirkung der auf Panzerdurchschlag konstruierten, mit nur kleinen Sprengladungen versehenden schweren Geschosse gewesen.

Das Panzerungssystem der „Italia“-Klasse wurde bei der folgenden „Andrea Doria“-Klasse (1884, $D_k = 11\ 200$ t, 16–17 kn, vier 43 cm L/30, zwei 15 cm L/26, vier 12 cm, Zitadellpanzer und Barbatten 450 mm) zu Gunsten eines der „Dandolo“ ähnlichen Zitadellpanzersystems aufgegeben. Nachdem Brin indessen Marineminister geworden war, wurde es dem Prinzip nach, allerdings unter Hinzufügung eines 100 mm dicken Wasserlinienschutzes gegen die Sprenggranatwirkung der inzwischen entwickelten schnellfeuernden Mittelartillerie, bei der „Re Umberto“-Klasse (1888, $D_k = 13\ 900$ t, 18 kn, vier 34,3 cm, acht 15 cm, acht 12 cm, Gürtel 100 mm, Barbatten 350 mm) nochmals angewendet. (Fortsetzung folgt.)

H. Evers.

cruisers“). Inzwischen sind die Schiffe der „Furious“-Klasse zu Flugzeugträgern umgebaut worden.

besondere auch von empfindlichen Ladungen, wie frische Früchte, Tabak, Wein u. a. m. Die Laderäume werden mit elektrisch angetriebener Lüftung versehen. Das Schiff erhält 14 elektrische Ladewinden, eine Ankerwinde und eine Verholwinde, sowie 14 Ladebäume von 5 t, einen von 30 t und einen von 50 t Tragf.

Auf dem Bootsdeck sind geschmackvolle Fahrgasteinrichtungen vorgesehen, die eine schöne und behagliche Ausstattung erhalten werden.

Hauptdaten der „Belgrad“: Kl.: Germ. Lloyd — 100 A 4 (E); Länge über Steven 121,40 m; Gr. Breite a. Sp. 16,92 m; Seitenhöhe bis zum Aufbaudeck 10,50 m; Tiefgang auf Sommerfreibord 7 m

Maschinenanlage: Zwei sechszyklindrig einfachwirkende Zweitakt-Tauchkolben-Dieselmotoren, die mittels eines Rädergetriebes die Schraubenwelle antreiben. Maschinenleistung 4000 PSe.