

# Der Bau

von

# Schiffen aus Eisenbeton

Von

**A. A. BOON,**

Zivilingenieur  
Oberingenieur der Amsterdamsche Fabriek van Cementijzerwerken  
Amsterdam

---

Zweite neubearbeitete Auflage

Mit 177 Textabbildungen



BERLIN 1918  
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.



CG 54.153  
62



---

Nachdruck verboten.

---

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung  
in fremde Sprachen, vorbehalten.

---

Copyright 1918  
by Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag, Berlin.

---

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300365



# Der Bau von Schiffen aus Eisenbeton

Von

**A. A. BOON,**

Zivilingenieur  
Oberingenieur der Amsterdamsche Fabriek van Cementizerwerken  
Amsterdam

Zweite neubearbeitete Auflage

Mit 177 Textabbildungen



BERLIN 1918

Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.



xx  
475

~~62.84~~  
y. 54. 153

---

Nachdruck verboten.

---

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung  
in fremde Sprachen, vorbehalten.

---

Copyright 1918  
by Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag, Berlin.

---

III 16930



Akc. Nr.

5177/50



## Vorwort zur zweiten Auflage.

Die erste Auflage dieser Schrift erschien als Sonderdruck eines in Beton u. Eisen 1917, Heft 7/8 bis 12/13 veröffentlichten Aufsatzes. Infolge des dem Bau von Eisenbetonschiffen allseitig entgegengebrachten Interesses zeigte sich nach diesem Sonderdruck eine so rege Nachfrage, daß die Auflage innerhalb weniger Monate vergriffen war.

Die vorliegende zweite Auflage ist erheblich erweitert und vor allem mit einer großen Anzahl neuerer Bilder und textlicher Ergänzungen ausgestattet, so daß das Buch in seiner neuen Fassung eine ziemlich vollständige Uebersicht darüber gibt, was auf diesem Gebiete in den letzten Jahren geleistet worden ist.

Zum ersten Male ist hier ein Versuch gemacht, auch die konstruktiven Einzelheiten der Eisenbetonschiffe einer näheren Betrachtung zu unterziehen.

Der Verfasser ist zwar davon überzeugt, daß auch jetzt noch seine Arbeit nicht frei von Lücken ist, hofft aber, daß seine Werbeschrift dem Eisenbetonschiffbau gute Dienste leisten wird, und bittet, diese zweite Auflage mit demselben nachsichtigen Wohlwollen aufzunehmen wie die erste.

Amsterdam, im Juni 1918.

Ing. **A. A. Boon.**



# Inhaltsverzeichnis.

## Erster Abschnitt.

	Seite
Einleitung . . . . .	1
Vor- und Nachteile des Eisenbetons für Schiffbau . . . . .	1
Wasserdichtheit des Betons . . . . .	9
Das Eigengewicht von Eisenbetonschiffen . . . . .	11
Das Bewachsen von Eisenbetonschiffen . . . . .	12
Der Preis von Eisenbetonschiffen . . . . .	16

## Zweiter Abschnitt.

Geschichtliche Entwicklung des Eisenbetonschiffbaues.	Beschreibung von	
Bauarten und Herstellungsverfahren . . . . .		19
Italien, Bauweise Gabellini . . . . .		20
Holland, Bauweise des Verfassers . . . . .		25
Deutschland . . . . .		40
Bauweise Rüdiger . . . . .		43
Schweiz . . . . .		47
Frankreich, Bauweise Lorton . . . . .		51
Bauweise Roux . . . . .		55
Bauweise Hennebique . . . . .		55
Bauweise Marelle . . . . .		57
England . . . . .		58
Bauweise Pollock Sons & Co. . . . .		59
Amerika . . . . .		61
Bauweise Mac Donald und Kahn . . . . .		65
Bauweise Weber . . . . .		67
Bauweise Lee Heidenreich . . . . .		68
Skandinavien . . . . .		69
Bauweise Alfsen . . . . .		70
Bauweise Fougner . . . . .		75
Dänemark . . . . .		78
Schweden . . . . .		79
Bekleidung von alten Schiffen mit Eisenbeton . . . . .		80
Neues Verfahren zum Bauen von Eisenbetonschiffen . . . . .		80
Andere Vorrichtungen zum Umdrehen von Eisenbetonschiffen . . . . .		84

## Dritter Abschnitt.

Konstruktion der Eisenbetonschiffe . . . . .	88
Die Haut . . . . .	89
Der Längsverband . . . . .	92
Der Kiel . . . . .	94
Kimmkiele . . . . .	96
Kimmbalken und Bordbalken . . . . .	96
Stringer . . . . .	97
Spanten . . . . .	98
Der Vordersteven . . . . .	103
Der Hintersteven . . . . .	104
Laderäume . . . . .	107
Das Schanzkleid . . . . .	108
Wasserballastschiffe mit doppeltem Boden . . . . .	109
Wasserdichte Schotten . . . . .	110
Stützen . . . . .	112
Maschinenfundament . . . . .	113
Die Mastspuren . . . . .	115
Befestigung von Gegenständen an Eisenbetonschiffen . . . . .	116
Die Notwendigkeit des Bauens von Eisenbetonschiffen . . . . .	118



## Erster Abschnitt.

### Einleitung.

#### Vor- und Nachteile des Eisenbetons für Schiffbau.

Nachdem durch die U-Boote der Mittelmächte ein großer Teil der Handelsflotte der Gegner und auch der Neutralen versenkt worden ist, hat sich ein empfindlicher Mangel an verfügbarem Schiffsraum eingestellt, der eine außerordentliche Erhöhung der Frachtpreise zur Folge gehabt hat. Es entsteht nun die Frage, auf welche Weise man jetzt und nach dem Kriege wohl den verloren gegangenen Schiffsraum wieder ergänzen könnte. Diese Frage ist sowohl vom wirtschaftlichen als auch vom technischen Standpunkte zu erörtern. Zu berücksichtigen ist dabei der fast täglich steigende Preis der Baustoffe, die für Kriegszwecke in Anspruch genommen werden, sowie ferner der große Mangel an geschulten Arbeitern.

Der Krieg hat übrigens so tief eingreifende Aenderungen im Gütertransport verursacht, daß die Frage des Schiffsraums nicht nur für den überseeischen Verkehr, sondern auch für die Binnenfahrt eine brennende geworden ist, und zwar gilt dies nicht nur etwa von den Kriegführenden, sondern überall in Europa hört man die gleiche Klage über Mangel an Frachtraum.

In der gegenwärtigen Zeit ist natürlich an den Bau von stählernen Schiffen nicht zu denken. Es muß also ein Ersatzbaustoff gefunden werden, und da ist nun zu überlegen, ob etwa Eisenbeton an Stelle des Stahls in Betracht kommt. In der Tat liegt die Vermutung nahe, daß überall da, wo man schon früher, oft mit Erfolg, Versuche gemacht hat, Schiffe aus Eisenbeton zu bauen, jetzt wohl die Zeit gekommen sein könnte, diese Bauweise im großen in Anwendung zu bringen.

Der Verfasser hat sich schon jahrelang hindurch mit einer gewissen Vorliebe auf diesem Gebiete beschäftigt und hält sich daher für berechtigt, durch die nachfolgenden Mitteilungen etwas zur Förderung des Eisenbetonschiffbaues beizutragen.



Bekanntlich war eine der ersten Anwendungen des Eisenbetons ein kleiner Kahn\*) (Abb. 1), der im Jahre 1854 von Lambot in Carces (Departement Var in Frankreich) hergestellt war und der auf der Weltausstellung 1854 in Paris die Aufmerksamkeit vieler Besucher auf sich zog. Die Absicht bestand bereits damals darin, das Holz im Schiffbau durch Planken aus Eisenbeton zu ersetzen, die durch eine auf ein Eisennetz aufgelegte Mörtelschicht hergestellt wurden. Lambot hatte also schon das Gefühl, daß durch Eisenlagen die Festigkeit des Betons erhöht wird. Der Lambotsche Kahn war im Jahre 1904 noch im Park von Miraval in Benutzung, wodurch die Dauerhaftigkeit des Baustoffes wohl hinreichend bewiesen erscheint. Nach dieser ersten Anwendung ist jedoch der Eisenbeton für den Schiffbau lange Jahre hindurch nicht gebraucht worden, da man meinte, daß er für diesen Zweck nicht geeignet sei.



Abb. 1. Kahn von Lambot.

Soweit mir bekannt, hat man erst im Jahre 1887 einen zweiten Versuch gemacht, ein Eisenbetonboot zu bauen, und zwar war dies ein Versuch der Zement-eisen-Fabrik Gebrüder Picha-Stevens in Sas van Gent, Holland. Die Schaluppe „De Zeemeeuw“ (die Seemöwe), die jetzt im Besitze der Amsterdamer Fabrik von Zement-eisenwerken in Amsterdam ist, befindet sich noch heute in gutem Zustande, obgleich sie verschiedene Stöße von großen Schiffen erfahren und solche auch ausgeteilt hat, und obgleich sie mehrmals auf Basalhböschungen heraufgezogen wurde und in jedem Winter im Eis festgefroren war. Sie wurde jahrelang für die Entenjagd in kleinen Buchten u. dergl. benutzt und zeigte sich hierzu als sehr brauchbar, denn während man mit anderen Booten beim Hereinholen der Hunde sehr vorsichtig sein muß, um nicht um-

\*) Handbuch f. Eisenbeton, 2. Aufl., Bd. I, S. 12, Abb. 1.  
 Beton u. Eisen 1902, S. 82.  
 Le Béton armé 1902, Nr. 55.



zukippen, hatte man damit bei „De Zeemeeuw“ keine Last, da dieses Boot eine größere Stabilität besaß. In Abb. 2 ist die Schaluppe nach einem Lichtbilde dargestellt, das im Jahre 1910 aufgenommen wurde.

Nach dem Jahre 1887 hat man vielleicht noch hier und da kleine Boote hergestellt, aber die ersten ernsthaften Anwendungen des Eisenbetons im Schiffsbau stammen aus dem Jahre 1896, als Carlo Gabellini in Rom begann, sich mit dem Bau von Eisenbetonschiffen zu beschäftigen.

Bevor aber ein geschichtlicher Ueberblick über die Entwicklung des Eisenbetonschiffbaues gegeben wird, soll zunächst gezeigt werden, aus welchen Gründen der Eisenbeton ein für den Schiffbau so vorzüglich geeigneter Baustoff ist.

Dies verdankt der Eisenbeton drei wichtigen Eigenschaften, nämlich daß der Beton sich vollkommen wasserdicht herstellen



Abb. 2. Schaluppe „De Zeemeeuw“ (die Seemöwe).

läßt, ferner daß die Eiseneinlagen von dem Beton vollkommen rostfrei umschlossen werden und daß endlich der Beton und damit auch der Eisenbeton durchaus feuersicher ist.

Die Wasserdichtheit wird erreicht durch eine richtige Wahl der Betonmischung und durch zweckmäßige Verteilung der Bewehrung, wozu natürlich auch eine sachverständige Ausführung und Leitung gehört. Vor allem sollte der letztere Umstand nicht unterschätzt werden, denn davon hängt das Gelingen in erster Linie ab, und die Wasserdichtheit bedarf bei einer guten Konstruktion keiner besonderen Hilfsmittel.

Bei der Beschaffung von Schuten oder Pontons soll man nicht zum ersten Besten gehen, der mit ihrer Herstellung keine genügende Erfahrung besitzt, sondern zu einem zuverlässigen Sonderfachmann. Unterläßt man dies, so darf man sich nicht wundern, wenn man die Erfahrung bezahlen muß, die jeder Unerfahrene zu machen genötigt ist.

Beton verbessert, wie jeder Sachkundige weiß, seine Eigenschaften mit wachsendem Alter, während Holz und Eisen mit der



Zeit immer schlechter werden. Insbesondere das Holz ist bald der Fäulnis und Zerstörung ausgesetzt, vor allem an jenen Stellen, wo es abwechselnd unter Wasser und in der Luft liegt.

Stählerne und eiserne Schiffe verkehren in günstiger Lage, aber sie müssen sehr gut unterhalten werden, sonst verringert sich bald ihr Wert. Besonders der starke Anwuchs und die Rostbildung müssen möglichst kräftig bekämpft werden. Der Anwuchs, der namentlich in den Tropen in stärkerem Maße stattfindet, übt einen schlechten Einfluß auf die Fahrt des Schiffes aus. Die Rostbildung ist ein noch schlimmeres Uebel, weil sich dadurch die Stärke des Schiffes vermindert. Das Eisen muß daher mit der größten Sorgfalt regelmäßig gereinigt und gestrichen werden, sonst ist es bald verrostet.

Eiserne Schiffe müssen alle zwei Jahre auf die Helling, d. h. man muß beim Kauf eines eisernen Schiffes den Betrag für diese regelmäßige wiederkehrenden Reinigungen mit in Betracht ziehen. Und trotz dieser Vorsorge kann bei eisernen Schiffen doch nur von einer beschränkten Lebensdauer gesprochen werden.

Beton dagegen ist ein Baustoff, der mit der Zeit immer besser wird und dessen Lebensdauer wir heute nicht abschätzen können. Er wird von Insekten nicht angegriffen, Schimmel, Ungeziefer und Bakterien finden dort keinen Boden zur Entwicklung, so daß Eisenbetonschiffe leicht rein gehalten werden können. Die Schiffshaut, wenigstens wenn dagegen die nötigen Maßregeln ergriffen werden, wächst nicht an, sodaß die Schiffe zum Reinigen nicht auf die Helling gezogen zu werden brauchen.

Da Eisenbetonschiffe aus einem Stück gegossen werden, so findet man an ihrer äußeren Oberfläche keine einzelne Naht wie bei Schiffen aus anderen Baustoffen.

Die monolithische Bauart bietet ferner den Vorteil einer großen Festigkeit des Schiffskörpers im allgemeinen; insbesondere zeigt sich diese bei einem Anprall. Alle Einzelteile der Schute bilden ein unzertrennliches Ganzes und sind fest aneinander gegossen.

Es ist schon lange bekannt, daß die Festigkeit eines Eisenbetonbaues überraschend groß ist, und selbst bei den im Schiffbau in Betracht kommenden kleinen Abmessungen ist der Widerstand des Eisenbetonkörpers gegen äußere Kräfte erstaunlich groß. Die Zweifler können in dieser Hinsicht ruhig sein. Die Unterhaltungskosten der Eisenbetonschiffe sind so gut wie null; auch in dieser Hinsicht sind sie eisernen und hölzernen Schiffen vorzuziehen.

Auf Grund der verfügbaren, wohl noch wenig umfangreichen Erfahrungszahlen seien diese Verhältnisse durch einige Beispiele weiter veranschaulicht.



Eine Anzahl Eisenbetonpontons, die in Italien gebaut worden sind und für eine Schiffbrücke über den Po dienten, stammen vom Jahre 1900.\*) Sie haben bisher keinen Pfennig für Unterhaltung gekostet und befinden sich noch immer im besten Zustande. Sie hatten dabei Stöße von Kähnen und Eisschollen auszuhalten. Hölzerne Pontons dagegen, die auch in großer Zahl auf dem Po angetroffen werden, müssen nach etwa fünf Jahren vollständig erneuert werden und sind nach neun oder zehn Jahren der Mühe des Kalfaterns nicht mehr wert.

Es darf im Zusammenhange mit dieser Tatsache nicht wundernehmen, daß allmählich alle hölzernen Pontons in den Provinzen Pavia, Reggio Emilia und Mantua durch solche aus Eisenbeton ersetzt wurden, so daß sich davon jetzt Hunderte im Gebrauch befinden.

Alle Mitteilungen in technischen Zeitschriften stimmen in dieser Beziehung vollkommen überein. Auch die vom Verfasser seit 1910 gebauten Pontons und Schuten haben noch keine Unterhaltungskosten erheischt. Nur einige hölzerne Nebenteile, die vom Anprallen zersplittert oder unklar geworden waren, sind erneuert worden, aber das hat mit der eigentlichen Betonkonstruktion nichts zu tun.

Eisenbetonschiffe können überall hergestellt werden, denn die Baustoffe, aus denen sie bestehen, nämlich Zement, Sand, Kies und Rundeisen, sind allerwärts leicht zu haben und können leicht zugeführt werden. Außerdem hat ihre Ausführung den wesentlichen Vorteil, daß dazu keine Sonderwerkzeuge und -maschinen nötig sind, und daß die für ihre Herstellung erforderliche Zeit ziemlich kurz ist.

Wie schon eingangs dargelegt, übertrifft die Widerstandskraft der Eisenbetonschiffe jede Erwartung, und zwar muß die Leistung als eine Folge der monolithischen Bauart erklärt werden. Schwache Punkte, wie sie sich bei eisernen und hölzernen Schiffen finden, trifft man hier nicht oder doch weit weniger an. Die Schiffshaut, die mit den Spanten ein Ganzes bildet, ist genügend plastisch und dadurch in stande, ziemlich große Formänderungen zu ertragen, bevor schädliche Knicke oder Risse entstehen. Die Behauptung, daß schon bei schwachem Anprall des Schiffes die Haut leck gestoßen werde, ist nicht richtig. Durch die Wirkung des Stahlnetzes und durch die monolithische Bauweise verteilt sich vielmehr der Stoß über eine große Oberfläche, was bei eisernen und hölzernen Schiffen nicht zutrifft, wo allein der gestoßene Teil den Stoß zu ertragen hat.

Bei heftigem Anprall muß natürlich diese Grenze überschritten werden, und es entstehen Risse. Nun ist es eigentümlich, daß durch die Anhaftung des Betons an dem Eisennetz kein Loch, sondern

\*) Giornale del Genio civile, Maggio 1906.



eine örtliche Zerbröcklung entsteht. Alle lose gewordenen Betonstücke bleiben an der Bewehrung haften, so daß das Leck sich auf die entstandenen Risse beschränkt. Das Wasser dringt deshalb nicht mit voller Kraft ein, und so ist die Wunde leichter zu heilen. Natürlich liegen noch wenige Angaben über das Leckwerden bewehrter Schiffe vor, aber ich kann doch Einzelheiten dazu anführen, die nicht ohne Interesse sind.

Die italienische Flottenverwaltung, die im Jahre 1906 zur Anschaffung eines Prahms von 90 Tonnen übergegangen ist, hat diesen im Hafen von Spezia einer sehr schweren Probe unterworfen. Man ließ ihn z. B. gegen einen steinernen Pfeiler stoßen und von einem Schiffe von 150 Tonnen anfahren. Der Erfolg war, daß bloß die Brüstung verdrückt wurde; sonst waren keine sichtbaren Risse festzustellen.

Auf Grund dieses günstigen Erfolges hat die italienische Flottenverwaltung vier gleiche Prahme nachbestellt. Diese sind 17 m lang und 6 m breit und haben einen Tiefgang von 2,20 m. Sie alle haben eine doppelte Wand, in der die Spanten verborgen sind, so daß im Zusammenhange mit den Deckbalken der Länge des Schiffes nach für den Verband in dieser Richtung ein System von kleinen wasserdichten Kassetten gebildet ist. Das Schiff kann demnach nicht sinken, im schlimmsten Falle laufen nur einige Teile voll. Wenn man eine Schute am Sinken verhindern will, so muß man eine doppelte Wand anbringen. Auch kann man durch ein System wasserdichter Querwände dafür sorgen, daß bei einem Leck die Schute schwimmend verbleibt.

Ein anderes Beispiel ist ein Boothaus, das im Jahre 1887 in Rom gebaut und auf drei schwimmenden bewehrten Pontons, die durch Eisenbetonbalken verbunden sind, errichtet wurde. Bei Südwind werden die Pontons stromaufwärts getrieben und sind dann bei angespannten Ketten plötzlichen und sehr starken Stößen ausgesetzt. Obgleich diese Stöße sich während vieler Jahre viele tausend Male wiederholt haben, haben sie keinerlei Schaden verursacht.

Aus der technischen Literatur\*) ist noch ein anderes Beispiel bekannt geworden, nämlich ein Unfall, den die schwimmende Badeanstalt zu Mannheim (s. a. S. 42) erlitt. Im Frühjahr 1911 wurde ein großes, mit Korn beladenes Rheinschiff flott und trieb auf die Badeanstalt, die dadurch teilweise auf das Ufer geschoben, teilweise sogar zerschmettert wurde. Obgleich zugegeben werden muß, daß die Eisenbetonpontons beim Anfahren nicht unmittelbar getroffen wurden, waren sie doch übel dran. Der eiserne Rahmen, der für die gegenseitige Verankerung der Pontons angebracht war und zugleich als

\*) Technisches Gemeindeblatt 1912, Nr. 7.



Tragfläche diente, wurde losgeschlagen. Die Anker, mit denen die Ausleger auf den Pontons befestigt waren, waren 20 bis 25 cm tief einbetoniert und schoben sich beim Anprall ganz hinaus. Die Pontons kamen dadurch frei und wurden weiter unter das Bad geschoben, während der hölzerne Oberbau zum großen Teil zerschmettert wurde. Die Pontons selber blieben vollkommen wasserdicht und erforderten außer dem Wiedereinbetonieren der Anker keine weiteren Wiederherstellungsarbeiten.

Eines der ersten vom Verfasser erbauten Schiffe hatte eine große Kraftprobe zu bestehen. Als die Schute vom Stapel lief, entgleiste sie auf der Helling gerade in dem Augenblick, wo sie mit dem Vorderende aus dem Wasser herausragte.

Der frei herausragende Teil betrug etwas weniger als die Hälfte der Länge der Schute. Als diese mit vieler Arbeit und Mühe ruckweise ins Wasser gelassen war, stellte sich heraus, daß sie bei der Entgleisung auf ein hervorragendes Pfählchen geraten war, auf dem sie stehen blieb. Die Schute hatte keinen sichtbaren Schaden erlitten, im Gegenteil, sie war vollkommen wasserdicht und wird noch heute, nach acht Jahren, gebraucht.

Eine andere vom Verfasser gebaute Schute stieß, als sie, mit Zement vollgeladen, von einem Schlepper gezogen wurde, beim Umfahren einer Bucht in vollem Laufe gegen ein dort liegendes Kriegsschiff. Das Reibholz zerschmetterte, aber am Beton selbst war kein Schaden zu sehen. Das Kriegsschiff dagegen erhielt in der Haut einen Knick von ungefähr 1 m<sup>2</sup> Größe.

Später kommen wir auf die überraschend große Widerstandskraft von Eisenbetonschiffen nochmals zurück.

Das Ausbessern einer gequetschten Stelle geschieht in sehr einfacher Weise. Befindet sich das Loch über der Wasserlinie, so legt man die Bewehrung frei, d. h. man entfernt den gequetschten Beton und bringt, wenn nötig, in der Oeffnung ein neues Flechtwerk an, das man mit dem bestehenden verbindet und mit einer frischen Betonschicht versieht. Sitzt das Loch unter der Wasserlinie, dann ist die Wiederherstellung etwas schwieriger, doch kann man sich sehr gut mit folgender Arbeitsweise helfen. Man bringt zunächst außen als Form ein Brett oder Blech an, das man nach innen mit einem Draht festzieht. Alsdann pumpt man den Raum leer und bringt nun einen ziemlich dicken Mörtelkuchen ein, den man durch Bretter und eine hölzerne Stütze fest abschließt, d. h. man legt ein Pflaster auf die Wunde und wartet, bis dieses Pflaster genügend erhärtet ist.

Wir haben uns bei dieser Frage etwas lange aufgehalten, weil gerade hierüber die meisten Zweifel geäußert werden.



Der Widerstand einer Schute im Wasser hängt hauptsächlich von der Form des Schiffskörpers, von der Art der Oberfläche und vom Tiefgang ab. Die Form des Schiffskörpers ist unserem Belieben vorbehalten, und alle Schiffe, aus welchem Baustoff sie immer bestehen mögen, sind in dieser Beziehung gleich. Die Reibung der befeuchteten Oberfläche gegen das Wasser muß aber bei Eisenbetonschuten geringer sein als Eisen und Holz, weil man die Oberfläche glätter herstellen kann. Die Oberfläche aus Beton bleibt auch dauernd glatt, während Pflanzenwachstum und Ansatz von Muscheln bei hölzernen und eisernen Schuten vielfach vorkommen. Dadurch ist der Widerstand der Eisenbetonschuten im Wasser ziemlich unveränderlich, ein Vorteil, der das Mehr an Energie aufwiegt, das für die Fortbewegung wegen des größeren Tiefganges nötig ist.

Der Beton kann bei zweckmäßig gewählter Zusammensetzung dem Seewasser widerstehen, so daß seiner Anwendung für Seeschiffe, Schwimmdocke und Bojen nichts im Wege steht. In Italien und Skandinavien sind schon verschiedene Schuten auf dem Meere im Dienst, in Holland fahren verschiedene in brachigem Wasser.

Oft hört man die Meinung aussprechen, daß Beton dem Einfluß des Seewassers keinen Widerstand leistet. Die Berichte, die auf den verschiedenen Kongressen des Internationalen Verbandes für die Materialprüfung der Technik erstattet worden sind, kommen nicht zu bestimmt ermutigenden Folgerungen, so daß Vorsicht rätlich erscheint. In Holland hat man aber mit dem Gebrauch von Beton in Seewasser im allgemeinen günstige Erfahrungen gemacht. Ohne Zweifel können auch Schiffe für die Seefahrt gebaut werden, wenn nur dafür gesorgt wird, daß ein sehr dichter Beton verwendet wird und daß die Erhärtung in der Luft möglichst lange Zeit dauert. Ueberall da, wo man diesen beiden Umständen Rechnung getragen hat, haben sich die Bauwerke im Seewasser gut gehalten. Dabei soll der Zement möglichst keine freie Tonerde, freien Kalk oder Gips enthalten.

Das in der letzten Zeit sich bemerkbar machende Bestreben, Betonschiffe für den Seetransport möglichst bald nach ihrer Herstellung ins Wasser zu lassen, ist meiner Ansicht nach verwerflich.

Der Preis von Eisenbetonschiffen ist geringer als der eiserner Schiffe. Wenn man dabei in Betracht zieht, daß bei ersteren die Unterhaltung so gut wie ganz entfällt, dann bedeutet dies einen weiteren Vorteil zugunsten der Eisenbetonschiffe.

Wenn man die aufgezählten Vorteile würdigt, dann könnte man daraus schließen, daß mit einem Eisenbetonschiff eigentlich das Ideal für den Transport im Wasser erreicht wäre. Soweit ist es aber noch nicht. Die Anwendung des Betons hat auch Nachteile, die hauptsächlich in dem großen Gewicht und dem damit verbundenen größeren



Tiefgang zu suchen sind. Es ist aber bei der Konstruktion einer Eisenbetonschute immer zu untersuchen, wie sich das geringste Gewicht bei einem Meistbetrage an Tragfähigkeit erzielen läßt.

Im Vergleich mit eisernen Schuten muß man, um bei einer Eisenbetonschute dieselbe Tragfähigkeit zu erreichen, die Höhe, Breite oder Länge größer wählen. Ist man an einen bestimmten Tiefgang gebunden, wie dies bei vielen Kanälen der Fall ist, dann muß also die Breite oder die Länge größer werden. Aber da man durch die Lichtweite der Brücken oft auch an eine bestimmte Breite gebunden ist, so muß in diesem Falle allein die Länge größer werden, und das kann, wenigstens bei Schiffen mit größerer Tragfähigkeit, zu Schwierigkeiten beim Drehen in den Buchten Veranlassung geben.

Diese Nachteile zeigen sich indessen nur in besonderen Fällen und sind jedenfalls von so untergeordneter Bedeutung, daß sie dem Gebrauch von Eisenbetonschiffen nicht ernstlich im Wege stehen. Das größere Gewicht kann sogar bisweilen ein Vorteil sein, nämlich für solche Schuten, die zum Beladen und Entleeren größerer Schiffe dienen. Diese sind oft heftigem Schlingern durch Wellenschlag und Dünung ausgesetzt, so daß die Stabilität infolge des höheren Eigengewichts insofern einen Vorteil bietet, als dadurch die Ladung besser gegen Verschiebung gesichert ist.

Im vorstehenden sind die Vor- und Nachteile des Eisenbetons im Schiffbau auseinandergesetzt worden. Daß im Eisenschiffbau vom Beton bei Wiederherstellungen und für andere Zwecke schon seit Jahren reichlich Gebrauch gemacht worden ist, darf als bekannt vorausgesetzt werden.

Einige der bisher erwähnten Punkte, die für den Betonschiffbau von Bedeutung sind, werden im folgenden noch ausführlicher erörtert werden.

### **Wasserdichtheit des Betons.**

Weil der Beton für Eisenbetonschiffe vor allem wasserdicht sein muß, erscheint es angebracht, an dieser Stelle darauf etwas näher einzugehen.

Wasserdichtheit kann auf verschiedene Weise erreicht werden:

1. durch eine bestimmte Wahl der Betonmischung,
2. durch das Anbringen eines wasserdichten Putzes auf nicht wasserdichtem Beton,
3. durch Hinzufügung von fremden Stoffen in die Betonmischung.

Der Verfasser hält für die Herstellung von Schiffen nur das erstgenannte Mittel für brauchbar.

Der Beton kann als Gußbeton, Putz- oder Schmierbeton oder als Spritzbeton verarbeitet werden.



Es ist möglich, aus Zement, Sand und Kies einen Beton zu mischen, der beim Gießen zwischen Schalungen oder beim Auftragen auf einer Fläche eine durchaus wasserdichte Konstruktion ergibt. Dazu braucht man aber viel Zement. Die Erfahrung hat mich gelehrt, daß für sehr dünne Wände nur ein Beton in Betracht kommt, der aus 1 Teil Zement auf 1 Teil Sand und  $1\frac{1}{2}$  Teile sehr feinen Kies besteht, was mit einer Menge Zement von ungefähr 600 kg für  $1\text{ m}^3$  Beton übereinstimmt.

Dieser Beton widersteht auch dem Einflusse des Meerwassers. Solch fetter Beton zieht sich beim Erhärten zusammen; dadurch entstehen in ihm Zugspannungen, die zur Ribbildung Anlaß geben, wenn nicht für die Aufnahme dieser Spannungen eine Bewehrung mit kleinen Maschen angebracht wird.

Eine aus diesem Beton hergestellte Wand — gute Bauart und Ausführung vorausgesetzt — ist durch ihre volle Dicke hindurch wasserdicht und bekommt keine Risse; sie ist solchen Wänden vorzuziehen, die durch einen wasserdichten Putz wasserdicht gemacht sind und deshalb bei der ersten besten mechanischen Beschädigung leck werden. Sobald der wasserdichte Putz auf die eine oder andere Weise durch Anprall oder Eisgang oder durch irgend welche anderen Ursachen abfällt, wird die Wand Wasser durchlassen. Es ist klar, daß für die Schiffshaut hier ein Baustoff in Betracht kommt, der durch seine volle Dicke hindurch wasserdicht bleibt. Das Anbringen eines wasserdichten Putzes auf diese wasserdichte Betonhaut darf aber trotzdem nicht vernachlässigt werden. Zunächst bildet er eine Sicherheitsmaßregel für den Fall, daß etwa in der Haut porige Stellen vorkommen sollten, ferner aber ist er durchaus notwendig, um der Schute eine genügend glatte Oberfläche zu geben, was — wie noch später ausgeführt werden wird — für eine gute dauerhafte Arbeit bestimmt gefordert werden muß. Auch das Hinzufügen von fremden Stoffen in die Betonmischung behufs Erzielung der Wasserdichtheit empfiehlt sich wenig, da keine genügenden Erfahrungen darüber vorliegen, ob diese Stoffe auf die Dauer etwa einen schädlichen Einfluß auf den Beton oder das Eisen ausüben. Die Anwendung von solchen Zusätzen hat nur Zweck bei mageren Mischungen, wodurch die Konstruktion billiger wird, indessen geht, wie Proben gezeigt haben, die Güte des Betons dadurch zurück.

Man kann auch durch das Anbringen von verschiedenen Putzlagen aufeinander, bei sachgemäßer Ausführung, eine wasserdichte Wand bekommen (Kies kann hierbei nicht gebraucht werden). Bei dieser Arbeitsweise ist man aber sehr abhängig von der Geübtheit der Arbeiter, denn bei weitem nicht jeder ist imstande, einen wasserdichten Putz herzustellen. Für große Bauten muß man also viel geübte Mannschaft haben, und darin würde wohl eine



Schwierigkeit für die Verwendung dieser Arbeitsweise bestehen können.

Welches Verfahren verwendet wird, das unmittelbare Gießverfahren oder das Putzverfahren, hängt teilweise ab von der Art und Weise, wie die Schalungen der Schute gemacht werden.

Bei dem ersten Verfahren ist meist eine doppelte Schalung notwendig, das zweite erfordert nur eine einfache oder gar keine Schalung.

Ein drittes Verfahren beabsichtigt, die langsame Handarbeit beim Putzen durch schnellere Maschinenarbeit zu ersetzen. Dieses Verfahren das vornehmlich in Amerika angewendet wird, kann vielleicht für den Schiffbau eine Zukunft haben, wenn es möglich ist, den Beton durch eine bestimmte Wahl der Mischung für Wasser ganz undurchläßig zu machen. Der Beton wird dabei mit Hilfe der Zementkanone aufgebracht. Mittels Luftdrucks wird das trockene Gemisch der Mörtelbestandteile durch einen Schlauch zur Verwendungsstelle geführt, dort kurz vor dem Austritt aus einer Düse mit Wasser befeuchtet und mit erheblichem Druck (1 bis 2 Atm.) an die Verwendungsstelle geschleudert.

Nach angestellten Versuchen scheint sowohl die Zug- als die Biegezugfestigkeit des gespritzten Betons größer zu sein als die des von Hand aufgetragenen Betons. Ueber dieses Verfahren kann indessen zur Zeit noch kein endgültiges Urteil ausgesprochen werden.

### Das Eigengewicht von Eisenbetonschiffen.

Gegen den Gebrauch von Eisenbetonschiffen wird allgemein geltend gemacht, daß diese zu schwer und dadurch nicht handgerecht seien.

Es läßt sich nicht leugnen, daß dieser Einwand häufig berechtigt ist. Fast alle bisher ausgeführten Betonschiffe sind meiner Ansicht nach zu schwer gebaut. Da aber die Verwendung von Eisenbetonschiffen nur dann gerechtfertigt sein kann, wenn ihr Eigengewicht nicht allzugroß ist, so muß der Konstrukteur vor allem bestrebt sein, das Gewicht möglichst herabzumindern. Das größere Eigengewicht der Eisenbetonschiffe hat aber seine Ursache hauptsächlich in der allgemein als erforderlich geltenden großen Dicke der Haut.

Der Verfasser ist nun zu dem Ergebnis gekommen, daß die Schiffshaut von Eisenbetonschiffen bei auf eine bestimmte Tiefe nicht dicker zu sein braucht als 3 bis 4 cm, was mit einem Gewicht von ungefähr 70 bis 95 kg/m<sup>2</sup> übereinstimmt. Stählerne Schiffe mit einer Hautdicke von 8 bis 9 mm haben ein Hautgewicht von 60 bis 70 kg/m<sup>2</sup>, woraus ohne weiteres folgt, daß die durch Herstellung der Schiffshaut aus Eisenbeton sich ergebende Gewichts-



vermehrung bei zweckmäßiger Bauweise nur unbedeutend zu sein braucht. Die meisten Eisenbetonschiffe sind allerdings mit Hautdicken von ungefähr 6 bis 15 cm entworfen; in diesem Regelfall muß allerdings das Eigengewicht solcher Schiffe notwendig groß ausfallen.

Es trifft also nicht zu, daß, wie oft behauptet wird, Betonschiffe um 35 bis 50 vH. schwerer sein müssen als stählerne Schiffe.

Derartige Angaben sind meiner Ansicht nach nur insoweit richtig, als sie auf zu schwer konstruierten Schiffen beruhen.

Da sowohl für kleine als auch für größere Schiffe eine Wanddicke von 3 bis 4 cm genügt, so spielt besonders bei kleinen Fahrzeugen das Eigengewicht eine wichtige Rolle. Je größer das Schiff ist, umso weniger Bedeutung hat das Eigengewicht. Vor allem darf man nicht übersehen, daß auch große stählerne Schiffe ein bedeutendes Konstruktionsgewicht haben. Ein Blick auf die Zeichnung des Hauptspantes eines stählernen Ozeandampfers lehrt schon, daß solch ein Spant in Eisenbeton konstruiert ungefähr eben so viel, ja vielleicht noch weniger wiegen würde.

Das spezifische Gewicht des Eisenbetons ist mehr als dreimal so gering als das spezifische Gewicht von Stahl. Bei den großen stählernen Schiffen wird Beton in reichlichem Maße verwendet, um die innere Haut gegen Rost zu schützen. Die Dicke dieser Zementlage nimmt im allgemeinen nach den Kimmen ab. In der Mitte ist sie so groß, daß die Spantwinkleisen unter den Zement kommen, wodurch dann glatte Flächen entstehen. Im Vorder- und im Hinterschiff werden gewöhnlich die Spielöcher in den Wrangen hoch angebracht, sodaß dort bisweilen Betondicken von mehr als 1 m vorkommen. Bei Eisenbetonschiffen ist diese Betonfüllung überflüssig, und es besteht kein Zweifel darüber, daß hierdurch eine große Gewichtersparnis erzielt wird.

Es ist sogar noch sehr die Frage, ob große Betonschiffe, was das Eigengewicht betrifft, nicht mit stählernen Schiffen in Wettbewerb treten können. Um ein kleines Eigengewicht zu erhalten, hat M. Rüdiger (Hamburg) Betonschiffe mit einem Beton von besonders kleinem spezifischen Gewicht gebaut. Bei der Besprechung der Bauweise Rüdiger (S. 43) kommen wir darauf zurück.

### **Das Bewachsen von Eisenbetonschiffen.**

Die Erfahrungen, die in bezug auf das Bewachsen des Betons gemacht wurden, sind der Natur der Sache nach hauptsächlich bei Bauwerken gesammelt worden, die im Wasser stehen, wie z. B. Kaimauern, Bretterwände, Betonblöcke für Wellenbrecher usw. Es liegt auf der Hand, daß sich bei Betonfahrzeugen ungefähr dieselben



Tatsachen zeigen, und daß die Erfahrungen bei Betonbauteilen, die in strömendem Wasser stehen, mit einiger Beschränkung auch für schwimmende Betonkörper gelten werden. Man kann also erwarten, daß Betonoberflächen, die schalungsrauh gelassen wurden, sich bald mit einem dichten Algenwuchs bedecken werden, daß dagegen auf Betonoberflächen, die glatt geputzt sind, sich fast gar keine Anwüchse bilden.

Um zu zeigen, daß das Bewachsen von Betonschuten praktisch keine Bedeutung hat, hat der Verfasser die im Jahre 1909 gebaute Betonschute „De Juliana“, nachdem sie fünf Jahre in Fahrt gewesen war, auf den Helling ziehen lassen, wobei kein Anwuchs festgestellt werden konnte. Das Bild der Schute (Abb. 3) auf der Helling läßt an Klarheit nichts zu wünschen übrig. Nur an einigen Stellen ist ein sehr leichter, unbedeutender Anwuchs zu finden, auf dem weit-aus größten Teil der Betonoberfläche, der immer mit dem Wasser



Abb. 3. Betonschute „De Juliana“ auf der Helling.

in Berührung gewesen ist, war sogar keine Spur eines Anwuchses zu beobachten. Der Boden, der nicht verputzt worden war, da Verfasser im Jahre 1909 noch nicht über eine genügende Helling verfügte, ist mit weißen Muscheln besetzt. Das hölzerne Ruder ist nur wenig angegriffen. Die Ursache davon aber ist, daß dieser Teil inzwischen erneuert werden mußte, da das erste Ruder durch ein Anfahren unklar geworden war.

Aus der Untersuchung folgt also, daß Betonschuten beinahe nicht bewachsen, wenn die Oberfläche glatt verputzt ist, daß aber, wenn die Oberfläche schalungsrauh gelassen wird, sich gewiß ein Anwuchs einstellen wird.

Bei der Herstellung von Betonbooten muß also der Behandlung der Oberfläche die erforderliche Aufmerksamkeit geschenkt werden. Glatt polierte Oberflächen, obgleich an sich nicht unbedingt nötig, stellen eine entscheidende Abwehr gegen das Be-



wachsen dar. Um noch bei einer anderen Schute zu beobachten, ob ein Bewachsen stattgefunden hat, habe ich im Jahre 1916 die im Jahre 1910 gebaute Schute „Antoon“ auf die Helling ziehen lassen. Es stellte sich heraus, daß dies überflüssig war, denn von Anwuchs war nichts zu sehen. Der Teil der Schute unter der Wasserlinie war nur ein wenig fettig vom Schlamm, der sich daran



Abb. 4. Betonschute „Antoon“ auf der Helling.

festheftete, im übrigen war nichts zu sehen, das einem Anwuchs ähnlich war. Abb. 4 gibt einen Eindruck davon, wie die Schute an dem Vorsteven aussieht.

An dem zerschmetterten Reibholz ist zu erkennen, daß man nicht sanft mit der Schute verfahren ist.

Wie schon (auf S. 7) mitgeteilt wurde, ist diese Zertrümmerung vorgekommen, als die vollbeladene Schute heftig gegen ein Krieg-

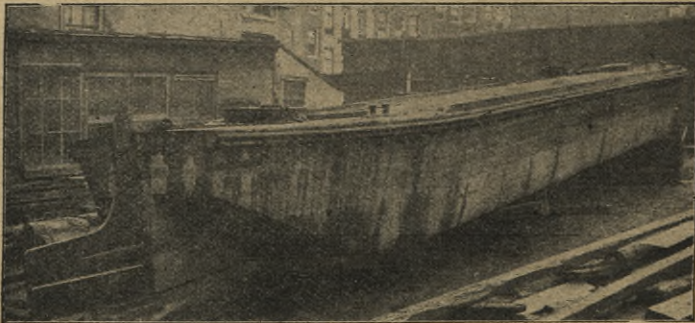


Abb. 5. Betonschute nach Reinigung zum Ablauf bereit.

schiff stieß, wobei die eiserne Haut des Kriegsschiffes einen tüchtigen Knick bekam. Die Eisenbetonschute aber kam gut davon. An der Eisenbetonkonstruktion selbst war nichts zu sehen. Die wagerechten Streifen auf der Haut zeigen noch deutlich, daß mehrere Male Schiffe längs der Haut scheuerten, ohne daß dies zu einem Leck Veranlassung gab. An der feuchten Stelle auf dem



Bilde ist durch ein Anfahren ein Stückchen von dem Putz losgegangen.

Nachdem die Schute auf die Helling gezogen war, wurde sie mit einem nassen Besen rein gerieben und am nächsten Tage wieder ins Wasser gelassen (Abb. 5). Wenn die Schute also auch nichts Besonderes darbot, weil solch ein günstiger Zustand im voraus erwartet werden konnte, so war sie doch in einer Hinsicht sehr beachtenswert; man konnte nämlich jetzt auch feststellen, wie ein wiederhergestelltes Loch aussieht, das unter der Wasserlinie saß und auch unter Wasser ausgebessert worden war. Dieses Loch sehen wir in Abb. 6. Zunächst sei bemerkt, daß ein Loch, das



Abb. 6 zeigt ein unter Wasser ausgebessertes Loch.

eine Schute bei einem Anprall erhält, infolge meiner Bauweise nur klein ist; weiter kann festgestellt werden, daß das Loch nur örtlich ist und sich keine weitgehenden Risse gebildet haben, und daß keine Verbiegung oder Zertrümmerung des umliegenden Betons stattgefunden hat.

Dieses Bild ist auch sonst recht lehrreich. Die Maserung der Brettchen, die dazu gedient haben, um den Beton zurückzuhalten, ist deutlich sichtbar, ferner auch, daß der Beton nur 1 cm aus der Schute hervorragt. Man sieht auf dem Bilde auch sehr gut die dünne Schlammschicht, die links über dem früheren Loch schon zu trocknen anfängt und die nichts ist als feiner Staub, der mit der



Hand weggerieben werden kann. Auch mache ich noch aufmerksam auf die wagerechten Schrammen, die auf der Schutenwand durch das Scheuern an anderen Schiffen entstanden sind.

Das gründliche Polieren der Betonoberfläche hat außer als Mittel gegen Bewachsen und, als Folge davon, zur Verminderung des Widerstandes im Wasser noch den Vorteil, daß alles Eisen sicher gegen Rostbildung geschützt ist.

Wenn dies schon bei jeder Eisenbetonkonstruktion erforderlich wird, so ist es beim Schiffbau von noch größerer Bedeutung als die Konstruktion der Schute selbst. Denn sobald sich Rost bildet, kann die Schute nur eine kurze Lebensdauer haben, es sei denn, daß das Uebel zeitig entdeckt und beseitigt wird.

Der Verfasser wurde im Jahre 1916 um Rat gefragt, wie sich die Ursache feststellen lasse, wodurch ein Eisenbetonponton mit Boothaus gesunken war. Es betraf einen Ponton, der in Gent gebaut war und der in einer gewissen Nacht, nachdem er einige Jahre im Dienst gewesen war und in einem Nothafen geborgen lag, plötzlich gesunken war.

Infolge einer unzuweckmäßigen Hebung, wodurch das Boot mit dem Boothause verschiedene Risse bekommen hatte, konnte die wahre Ursache des Unfalls nicht mehr festgestellt werden, aber es stellte sich doch heraus, daß die ganze Bewehrung des Bodens entblößt und das Eisen größtenteils verrostet war, und daß sich an einigen Punkten Rostblasen gebildet hatten, wodurch schwammige Stellen entstanden waren. Wenn dieser schlechte Boden des Pontons nicht in der Tat die Ursache des Unfalls war, dann wäre er gewiß später die Ursache eines Unfalls geworden. Diese Untersuchung war sehr lehrreich, weil sie zur Vorsicht bei der Ausführung von Eisenbetonschiffen mahnt.

### **Der Preis von Eisenbetonschiffen.**

Es sind heute noch keine genügenden Angaben über die Kosten von Eisenbetonschiffen bekannt. Man liest in den technischen Blättern oft die leidenschaftlichsten Betrachtungen hierüber. Gewöhnlich gipfeln sie in der Feststellung, daß die Kosten eines Eisenbetonschiffes ungefähr die Hälfte derjenigen einer aus Eisen konstruierten Schute betragen sollten.

Nun lassen sich diese Angaben oft nicht nachprüfen. Alles hängt hier von den Preisen der Rohstoffe und der Arbeitslöhne ab, die in den verschiedenen Ländern und in den verschiedenen Gewerben oft bedeutend voneinander abweichen. Dazu kommt noch, daß die in den letzten Jahren veröffentlichten Ziffern sehr unzuverlässig sind, da der Krieg ungewöhnliche Preise hervorgerufen hat



und der eine Rohstoff verhältnismäßig teurer geworden ist als ein anderer. Diese Schwankungen haben sich bisweilen stufenweise, dann und wann auch sehr plötzlich dargeboten, uns fehlt also eine feste Grundlage für den Vergleich. — Wenn Gabellini vor dem Kriege angab, daß die Preise von Eisenbetonschiffen in Italien ungefähr die Hälfte von denen eiserner Fahrzeuge betragen, dann hat der Verfasser diese günstige Erfahrung nicht gemacht. Die vor dem Kriege von mir gebauten Schuten waren nur um 10 bis 20 vH. billiger als eiserne Schiffe, wobei allerdings in Betracht gezogen werden muß, daß das Eisen in Holland für die Schiffbau-Industrie billig zu bekommen war. Dieselbe Erfahrung hat Perrey bei den Pontons gemacht, die er für die Badeanstalt in Mannheim gebaut hat (siehe S. 41). Diese waren 10 vH. billiger als eiserne. Vor dem Kriege kosteten kleinere Eisenbetonfahrzeuge ungefähr 70 bis 80 Mark für 1 Tonne Ladefähigkeit. Diese Preise sind jetzt bedeutend andere geworden.

Ein Prahm von 200 Tonnen, der im Jahre 1917 zu Porsgrund gebaut ist, kostet ungefähr 375 nordische Kronen für 1 Tonne Ladefähigkeit, gegen 800 Kronen für einen eisernen Prahm von derselben Ladefähigkeit.\*)

In einer Veröffentlichung über den Neubau einer großen Anzahl Fahrzeuge in Kalifornien, alle von demselben Typ, nämlich 120 Fuß lang, 28 Fuß breit und 8 Fuß hoch, und alle von 400 Tonnen Ladefähigkeit, finden wir folgende Angaben:\*\*)

Lebensdauer in Jahren (geschätzt)	Schiffe aus		
	Eisenbeton	Holz	Eisen
	35	15	25
	amerikanische Dollars		
Baukosten . . . . .	8 567,—	8 171,—	18 466,—
Gesamte Ausbesserungskosten . . . . .	855,—	2 432,—	1 847,—
Zinsen auf Baukosten zu 5 vH. . . . .	15 000,—	6 128,—	23 082,—
Zinsen auf Ausbesserungskosten zu 5 vH. . . . .	750,—	912,—	1 154,—
Gesamtkosten . . . . .	25 152,—	17 643,—	44 549,—
Jährliche Kosten . . . . .	718,63	1 176,20	1 781,96

Die Eisenbetonschute ist also bedeutend billiger als eine eiserne Schute und auf die Dauer auch viel billiger als eine hölzerne Schute derselben Ladefähigkeit.

Diese Ziffern können natürlich nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse anderer Länder bezogen werden, aber sie geben immerhin

\*) Norsk Tidsskrift for Haandverk og Industri 1917, August, Nr. 35.

\*\*) Marine Engineering 1917, Juli.



eine gewisse Richtschnur. Dazu kommt, daß diese Eisenbetonschiffe viel zu schwer entworfen sind (259 t in Beton gegen 135 t in Holz und 151 t in Eisen). Daß insbesondere heute der Bau von Eisenbetonschiffen vorteilhaft ist, erhellt aus einer öffentlichen Verdingung, die am 13. Dezember 1916 zu Stettin für den Bau von 10 eisernen Baggerprahmen zu 200 m<sup>3</sup> Ladefähigkeit stattfand. Das billigste Angebot in Eisenkonstruktion war 870 000 Mark; das Angebot von Christiani & Nielsen, Kopenhagen, für diese Schuten aus Eisenbeton betrug 630 000 Mark, das sind 435 Mark in Eisen gegen 315 Mark in Eisenbeton für 1 m<sup>3</sup> Ladefähigkeit.\*) Alle zuverlässigen Angaben stimmen aber darin überein, daß die eigentlichen Baukosten in Eisenbeton billiger als in Eisen sind; ferner ist bekannt, daß Eisenbetonschiffe länger aushalten und fast keine Unterhaltung erheischen.

Wenn wir sehr vorsichtig schätzen und die ersten Kosten der Anlage auf 10 vH. geringer als die der eisernen Schuten stellen und weiter die Lebensdauer von Eisenbetonfahrzeugen auf 35 Jahre und von eisernen auf 25 Jahre berechnen, dann wird mit Eisenbeton doch noch ein jährlicher Vorteil von 25 vH. erreicht.

---

\*) Cement 1917, Nr. 18.



## Zweiter Abschnitt.

### Geschichtliche Entwicklung des Eisenbetonschiffbaues. Beschreibung von Bauarten und Herstellungsverfahren.

Es versteht sich fast von selbst, daß von den verschiedenen Sonderfachleuten, die sich mit dem Bau von Eisenbetonschiffen beschäftigt haben, so ungefähr jeder seine eigenen Wege gegangen ist, um ein gutes Ergebnis zu erzielen.

Sowohl in der Konstruktion als in der Ausführung von Eisenbetonschiffen werden daher erhebliche Unterschiede angetroffen. Von vornherein kann aber mitgeteilt werden, daß, bis auf einige Ausnahmen, die Unterschiede in der Bauart nicht so außerordentlich groß sind. Zu der Verwendung von Spanten und deren notwendigen Längsverbindungen in der Form von Kielbalken, Deckbalken usw. sind fast alle von selbst gekommen; die Art der Bewehrung bietet aber schon deshalb Verschiedenheiten, weil auch die Form der Schute oft in bezug auf die Ausführung oder die Bauart absichtlich abweichend von den sonst üblichen Formen gewählt wird.

Ein großer Unterschied aber liegt — wie wir gesehen haben — in der Art und Weise, wie der Beton aufgebracht wird. Man kann in dieser Hinsicht unterscheiden: geputzte Schiffe, gegossene Schiffe und gespritzte Schiffe.

In technischen Zeitschriften\*) wird auch wohl von der italienischen, der holländischen und der nordischen Bauweise gesprochen, aber diese Unterscheidung besagt nicht viel, da es noch viel mehr Bauweisen gibt und der Unterschied sich bald mehr in der Konstruktion selbst, bald mehr in der Art der Ausführung zeigt. Eine befriedigende systematische Einteilung scheint daher zur Zeit noch nicht gut möglich.

Wir wollen uns darum damit zufrieden geben, darauf hinzuweisen, daß geputzte Schiffe zum erstenmal in größerer Zahl von der Firma Gabellini zu Rom, gegossene Schiffe vom Verfasser und gespritzte Schiffe erst seit dem letzten Jahre in Amerika ausgeführt

\*) Teknisk Tidskrift Skeppbyggnadskonst 1916, Heft 6.



worden sind. Da der Eisenbetonschiffbau in den letzten Jahren einen großen Aufschwung genommen hat, so trifft man jetzt schon Schiffe an, bei denen mehrere der genannten Arbeitsweisen vereinigt verwendet sind, die also z. B. teils geputzt, teils gespritzt sind.

Wir werden nunmehr eine kurze Uebersicht darüber geben, wie der Bau von Eisenbetonschiffen sich in den verschiedenen Ländern entwickelt hat, und bei dieser Gelegenheit auch die verschiedenen Bauweisen selbst besprechen.

### Italien.

#### Bauweise Gabellini.

Die ersten ernsthaften Versuche, Schiffe aus Eisenbeton zu bauen, hat Carlo Gabellini (Rom) im Jahre 1896 gemacht.

Aus dem Bau einiger kleiner Nachen, deren Widerstand von Gabellini erprobt wurde, hat sich allmählich eine große Industrie



Abb. 7. Nachen von Gabellini erbaut.

entwickelt, so daß die Società Cemento armato è retinato Gabellini jetzt eine der größten Unternehmungen auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues ist.

Der erste von Gabellini gebaute Nachen (Abb. 7), der Platz für vier oder fünf Ruderer bietet, ist in Beton u. Eisen 1909, S. 15, veröffentlicht worden.\*) Er ist auch heute noch im Gebrauch. Nicht nur der Schiffskörper, sondern sogar das Steuer und die Sitzbänke bestehen aus Eisenbeton. Das Hauptgerippe besteht aus einem Netzwerk von Stäben mit mehr oder weniger großer Maschenweite, an dem ein feines Drahtgitter mit Maschen von 5 bis 10 mm

\*) Siehe auch Handb. f. Eisenbetonbau, 2. Aufl., Bd. IV, S. 189, „Schiffsgefäße“



festgemacht wird. An zwei Seiten wird dieses Drahtgitter mit einer Mischung von Zement und Kiessand abgeputzt. Sobald der Mörtel sich festgesetzt hat, wird eine zweite fette Schicht angebracht, die kräftig mit der Kelle gedrückt und poliert wird. Die Wanddicke beträgt insgesamt 25 mm.

Nach Fertigstellung solcher kleinen Boote verlegte sich Gabellini auf den Bau größerer schwimmender Körper. Vor allem waren es in der ersten Zeit Pontons. So baute Gabellini im Jahre 1896 in Rom zwei Pontons von 18 m Länge, auf denen ein Boothaus aufgerichtet wurde (Abb. 8). Ferner sind die Pontons zu erwähnen, die im Jahre 1900 für die Schiffbrücke auf dem Po in der Provinz Pavia konstruiert wurden und die so ausgezeichnete Dienste leisteten, daß die Firma den Auftrag erhielt, die Auswechslung der hölzernen

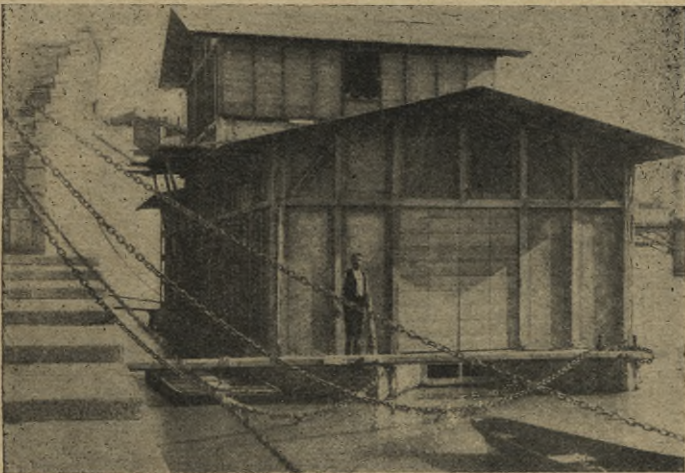


Abb. 8. Ein auf zwei Eisenbetonpontons errichtetes Boothaus.

Pontons für die Schiffsbrücke von Viadana und von Casalmaggiore vorzunehmen, für die die Werften in Mezzanacorti dienen. Seitdem sind von der genannten Firma mit ebenso großem Erfolge hunderte Pontons angefertigt worden. Die Ueberlegenheit der Eisenbetonpontons über die aus Holz und Eisen ist eine solche, daß eine Zeit kommen muß, in der die Konstruktion hölzerner oder eiserner Pontons nur noch geschichtliche Bedeutung haben wird.

Gabellini beschäftigt sich außer mit Pontons auch mit der Anfertigung von Schuten und Prahmen. Was er auf diesem Gebiete bisher geleistet hat, verdient unsere volle Beachtung. Die ersten Prahme von 25 m Länge, 3 m Breite und 1 m Tiefe wurden auf dem Tiber bei Rom ins Wasser gelassen und dienen, durch eine Plattform vereinigt, als schwimmendes Dock. Darauf folgten Schiffe



von verschiedener Bauart, deren große Anzahl uns verbietet, hier auf Einzelheiten einzugehen. Darum beschränken wir uns auf die Mitteilung, daß der erste größere Entwurf im Jahre 1902 ausgeführt wurde, nämlich ein Schiff „Il Ettore“ von 50 Tonnen (Abb. 9). Darauf folgte im Jahre 1904 u. a. der Bau von acht Prahmen, jeder von 60 Tonnen, die in Sardinien hergestellt wurden, und im Jahre 1905 ein Frachtschiff von 150 Tonnen für die Firma Belléttieri in Civitavecchia, das für die Löschung von Steinkohle und Tabakballen verwendet wurde.

Die Firma hat sich mit dem Schiffe sehr zufrieden erklärt. Dieses Schiff, die „Liguria“,\*) stellt eine technische Berühmtheit dar und ist in Rom gebaut, von dort nach Livorno und Genua zu Savona und dann zurück von Genua nach Civitavecchia geschleppt

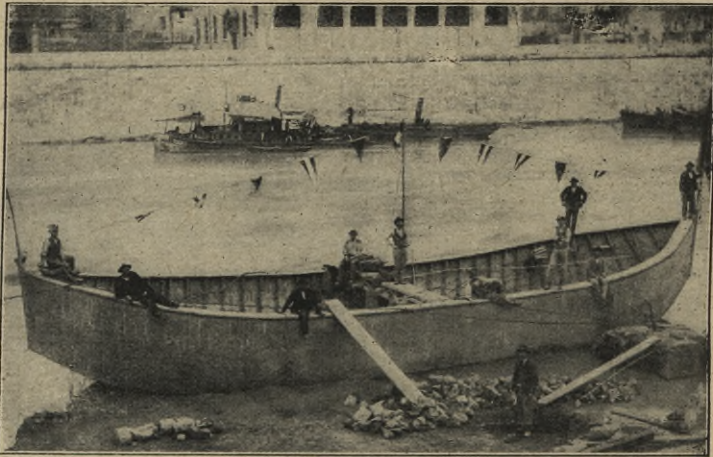


Abb. 9. Frachtschiff „Il Ettore“ von 50 Tonnen, Bauart Gabellini.

worden, so daß es einen Seeweg von 1000 km zurückgelegt hat.

Später wurde ein Fahrzeug für die italienische Kriegsflotte gebaut, das zum Steinkohlentransport für das Königliche Arsenal in Spezia bestimmt war. Es ist dasselbe Boot, das die italienische Flottenverwaltung, wie bereits auf S. 6 mitgeteilt, mit gutem Ergebnis ziemlich anspruchsvollen Proben unterworfen hat, auf Grund deren dann vier weitere Stück desselben Musters nachbestellt wurden. Seitdem sind Eisenbetonschiffe in Italien immer mehr in Gebrauch gekommen, ja die Firma Gabellini kann sogar auf die Verwendung von Fährbooten hinweisen, die für den Transport von Eisenbahnwagen eingerichtet sind, so z. B. eins von 47 m Länge für eine Fähre zu Venedig und für den Transport von sechs Eisenbahnwagen.

\*) Beton u. Eisen 1909, S. 14.



Die Konstruktion der Schiffe ist meistens anders als die der Pontons. Während letztere eine gewöhnliche Wand besitzen, erhalten erstere eine Doppelwand mit dazwischen liegenden Querrippen und Spanten, so daß sich daraus ein Schiffstyp entwickelt hat, von dem man sagen darf, daß er unversinkbar ist (Abb. 10). Von den in den verschiedenen technischen Zeitschriften erschienenen Beschreibungen der von Gabellini gebauten Fahrzeuge und Pontons ist die in Beton u. Eisen 1909, Heft 1 u. 2 erschienene die lesenswerteste. Aus dieser Veröffentlichung ist zu ersehen, in welcher Weise Gabellini seine Schiffe baut. Beim Bau einer 150 Tonnen-Barke ist folgendes Verfahren benutzt worden. Der Kiel der Barke ist mit acht Quadrateisen 24 mm stark ausgestattet, die sich je nach

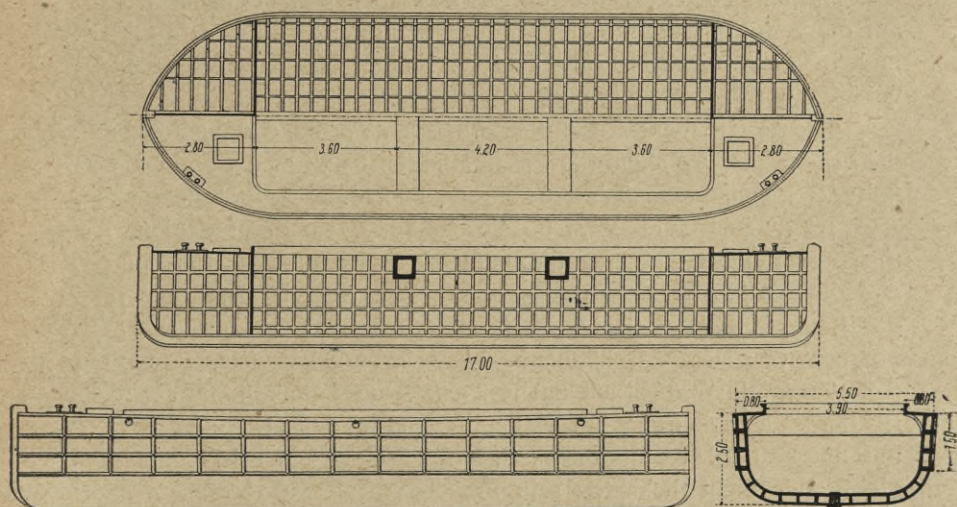


Abb. 10. Typ eines unversinkbaren Eisenbetonschiffes, Bauart Gabellini.

den vorhandenen Längen übergreifen. Sie sind in die richtige Form gebogen und durch Drahtverbindungen festgehalten. Nunmehr werden die Bewehrungen der Spanten quer unter die Kielbewehrungen gelegt. Diese bestehen aus Rundeisen von entsprechender Form. Sie sind in Abständen von 1,50 m angeordnet und durch Längsverbindungen an den Enden in ihrer Lage festgehalten. Nunmehr wird eine ganze Schar von Längsbewehrungen verlegt und an den Spantenbewehrungen befestigt, und so entsteht ein vollständiges Gerippe der Barke. Dieses wird mit einem feinen Drahtgitter von etwa 0,5 cm Maschenweite umhüllt und mit ihm befestigt.

Das Ganze wird dann mit einer Mörtelschicht von etwa 25 mm Dicke bedeckt. Die Anbringung des Mörtels geschieht in derselben Weise durch Bewerfen wie beim Verputzen eines Rabitznetzes von unten. Nachdem dieser erste Verputz vollständig abgebunden hat,



wird eine zweite, dünnere Lage von innen aufgebracht, die nur die Verbindungsdrähte freiläßt, die an den Kreuzungsstellen der Längs- und Quereisen angebracht sind.

So wird die äußere Schale dieser Schiffe hergestellt. Nachdem dies geschehen ist, schreitet man zum Bau der inneren Schale, und zwar in folgender Weise. Zunächst wird ein System von Längs- und Querträgern betoniert, die etwa 5 cm breit und 15 cm hoch sind. Diese schließen sich an die erwähnten Verbindungsdrähte an. Die Herstellung dieser Teile geschieht mit besonderer Sorgfalt mit bezug auf ihre Verbindung mit der äußeren Schale. Um nun schließlich auf diese Kassetten die zweite Schale aufzusetzen, wird ein noch feineres Netz von etwa 3 mm Maschenweite darübergelegt und durch eine sorgfältig aufgebrachte Mörtelschicht bedeckt. Schließlich wird auf diese Mörtelschicht noch ein drittes gröberes Drahtnetz verlegt und in die weiche Mörtelschicht versenkt. Die ganze Oberfläche wird dann sorgfältig verputzt.

Die beschriebene Arbeitsweise hat den Vorteil, daß die Schalung, die bekanntlich vor allem die Eisenbetonkonstruktionen verteuert, entfällt; demgegenüber muß die Ausführung mit größter Sorgfalt geschehen.

Im „Génie civil“ vom 6. Februar 1909, wo der Ingenieur Lemaire eine Uebersicht über Gabellinis Bauweise gibt, wird behauptet, daß die Ausführungsweise die einzig mögliche sei, da, wenn man gösse, das Ergebnis sehr ungewiß sein würde und die Haut sicherlich viel schwerer werden müßte, um den erforderlichen Widerstand und die nötige Wasserdichtheit zu besitzen. Dieser Standpunkt ist nicht richtig. Die Erfahrung hat vielmehr gelehrt, daß sich mit dem unmittelbaren Gießen ausgezeichnete Erfolge erreichen lassen, und daß die Wände nicht dicker zu sein brauchen als etwa 30 mm. Später wollen wir auf diese Frage der Ausführung nochmals zurückkommen. Das Schiff mit Doppelwand hat den Nachteil, daß das Eigengewicht ziemlich beträchtlich ist, womit ein großer Tiefgang und weniger Ladefähigkeit verbunden ist (vergl. S. 8 u. 9). Die Vorteile wägen diesen Nachteil bisweilen auf. Die Doppelwand gewährt jedenfalls die größte Sicherheit beim Anprall und wenn das Schiff selbst angefahren wird. Für eiserne Schiffe scheidet diese Bauweise, wie gern man sie auch anwenden möchte, an praktischen Schwierigkeiten, die in der schwierigen Konstruktion und vor allem in der schwierigen Unterhaltung (Leckwasser) liegen. Für Pontons, Fährboote, im allgemeinen für die Fahrzeuge, die wenig von Stößen anderer Schiffe zu leiden haben, bleibt die Bauweise mit einfacher Wand die richtige. Die günstigen Erfahrungen, die man mit Schiffen nach dieser Bauweise gemacht hat, gaben schließlich den Anlaß, die doppelwandige Bauweise fallen zu lassen, wie dies auch der Verfasser getan hat. Wir können damit auf das italienische Muster verzichten.



## Holland.

### Bauweise des Verfassers.

Weil man bei dem Putzverfahren völlig von der Gewandtheit der Arbeiter abhängig ist und demzufolge nie des beabsichtigten Ergebnisses ganz sicher ist, hat der Verfasser Schiffe durch unmittelbares Gießen zwischen Schalungen hergestellt. Dabei wird zugleich die bessere Beschaffenheit des Gußbetons benutzt und ein besseres monolithisches Ganzes erzielt.

Da die Hautdicke zum Eigengewicht der Schute am meisten beiträgt, so kommt es besonders darauf an, die Haut so dünn wie irgend möglich zu machen, wobei aber noch genügende Sicherheit in bezug auf die Widerstandsfähigkeit und die Wasserdichtheit bestehen bleibt.

Auf Grund der angestellten Proben ist festgestellt, daß diese Dicke 2,5 bis 3 cm betragen muß und daß dabei eine kleine Spantenentfernung nötig ist.

Eine Betondicke von 3 cm kann unbedenklich beibehalten werden für Wasserdrücke bis zu 2 m; von 2 bis 4 m Wasserdruck genügt eine Wanddicke von 4 bis 5 cm.

Bei so dünnen Wänden ist noch eine besondere Maschenbewehrung von dünnem Rundeisen erforderlich. Das Kennzeichnende dieser Wand ist noch, daß sie nur ein Netzwerk besitzt, das die Steifheit, den Widerstand und die Wasserdichtigkeit erhöhen soll.

Wenn wir die geputzten Schuten von Gabellini, die 2,5 cm Wanddicke haben, und die ganz kleinen Ruder- und Motorboote außer Betracht lassen, so finden wir bei allen Schuten Wanddicken von 4 bis 10 cm, oft noch mehr. Wanddicken von 6 bis 10 cm sind nach meiner Ansicht für die kleineren Schiffe zu groß und müssen daher möglichst vermieden werden, wenn auch die Konstruktion dadurch teurer wird. Von allen mir bekannten gegossenen Schuten und Pontons haben die von mir entworfenen die geringste Wanddicke.

Ein kleiner Spantenabstand hat Spanten von kleinen Abmessungen zur Folge, mit anderen Worten, im Vergleich zu den bis jetzt gebauten Schiffen haben die des Verfassers ein kleines Eigengewicht.

Längsbalken, wie Gabellini sie verwendet hat und bei vielen Schiffen noch gebraucht werden, gehören nicht zu diesem System. Sie sind auch für die kleineren Schiffe ganz überflüssig. Alle überflüssigen Balken müssen also weggelassen werden (s. a. S. 29). Nur lege ich besonderen Wert auf einen guten Längsverband, also auf Verwendung eines Kielbalkens oder Kielschweins und von Kimm-balken und Bordbalken. Diese leisten nicht nur ausgezeichnete Dienste bei der Ausführung, sondern auch beim Inswasserlassen von einer Längshelling.



Nachdem die Schalung für den Boden und die äußere Schalung für die Wände aufgestellt sind und das Flechtwerk für Boden, Wände und Spanten angebracht ist, wird die innere Schalung für die Bodenwangen, den Kielbalken und die Kimmbalken, dadurch hergestellt, daß man rechtwinklige, hölzerne Rähmchen auf die Bewehrung des Bodens aufstellt (s. Abb. 15). Danach wird der Boden aus einer breiartigen, wasserdichten Betonmasse gegossen. An Stellen, wo der Boden unter Neigung liegt, muß der Beton etwas trockener gehalten werden, damit er nicht herabfließt. Bei sehr scharf gebauten Schiffen wird man oft noch eine besondere Schalung anbringen müssen.

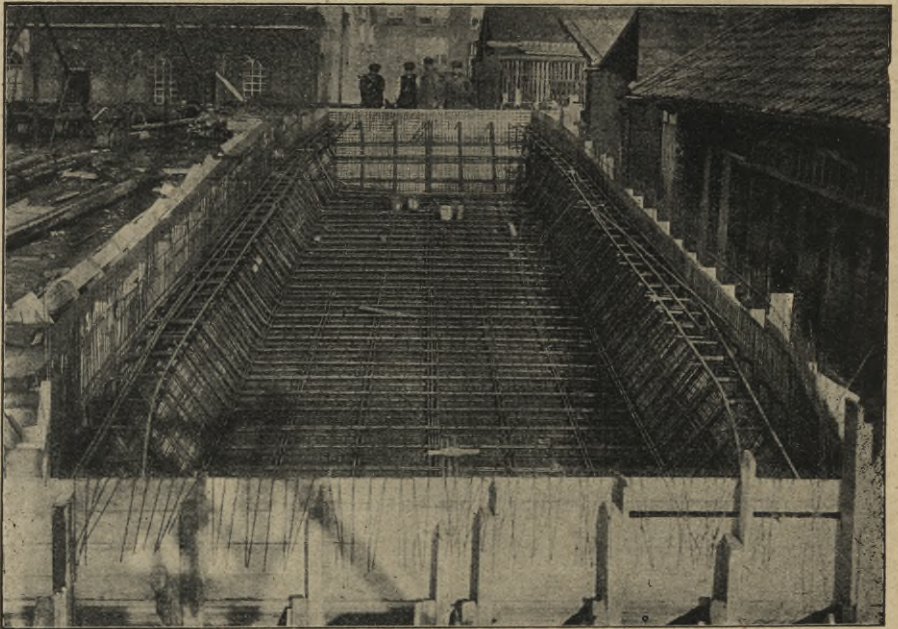


Abb. 11. Doppelwandige, offene 50-Tonnen-Schute.

Wenn der Beton genügend erhärtet ist, wird die Schalung für die Spanten und die innere Schalung der Wände und des Decks angebracht, wobei diese in einem Stück gegossen werden; hierbei muß natürlich für eine feste Verbindung zwischen dem schon einige Tage alten und dem neuen Beton gesorgt werden. Der Anschluß findet auf den Kimmbalken statt und muß mit größter Sorgfalt ausgeführt werden. In der Praxis hat aber diese Verbindung niemals zu einem Lecken Anlaß gegeben.

Im Anschlusse hieran seien einige Type von Schuten beschrieben, die der Verfasser in Holland entworfen und gebaut hat.



Der erste Versuch zu größeren Entwürfen wurde vom Verfasser im Jahre 1910 gemacht. Er betraf eine offene Schute von 50 Tonnen für den Transport von Asche u. dergl. Nach dem Gabellinischen Vorbilde wurde eine Schute mit Doppelwand gewählt, die, wenn sie angefahren wird, nicht sinken kann (Abb. 11 u. 12). Im übrigen ist aber das Bauverfahren anders als das von Gabellini geübte. Die Außenhaut ist hier nämlich gebildet worden, indem man zwischen die Schalungen wasserdichten Mörtel goß, während die Innenhaut auf ein feines Drahtgitter aufgetragen wurde. Die Schute tut täglich Dienst und hat bis jetzt noch keiner Ausbesserung bedurft. Bei der Bauart der Schute ist mehr als von Gabellini auf eine völlig monolithische Bauart und eine möglichst einheitliche Betonierung Wert gelegt worden.

Das Hauptgerippe besteht aus einer großen Zahl Querspannten in gleichen Abständen. In dem für die Ladung bestimmten Teil der Schute sind offene Spannten verwendet, und im Vorschiff und in der Hinterkajüte, wo sich auch ein Deck befindet, sind zur Stützung des Bodens, der Seitenwände und des Decks sogenannte geschlossene

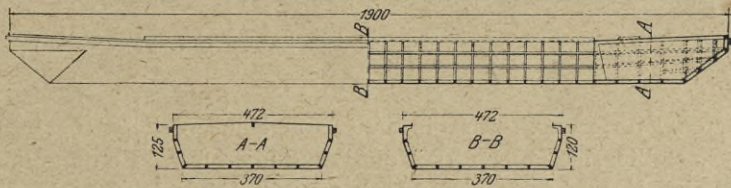


Abb. 12. Doppelwandige, offene 50-Tonnen-Schute.

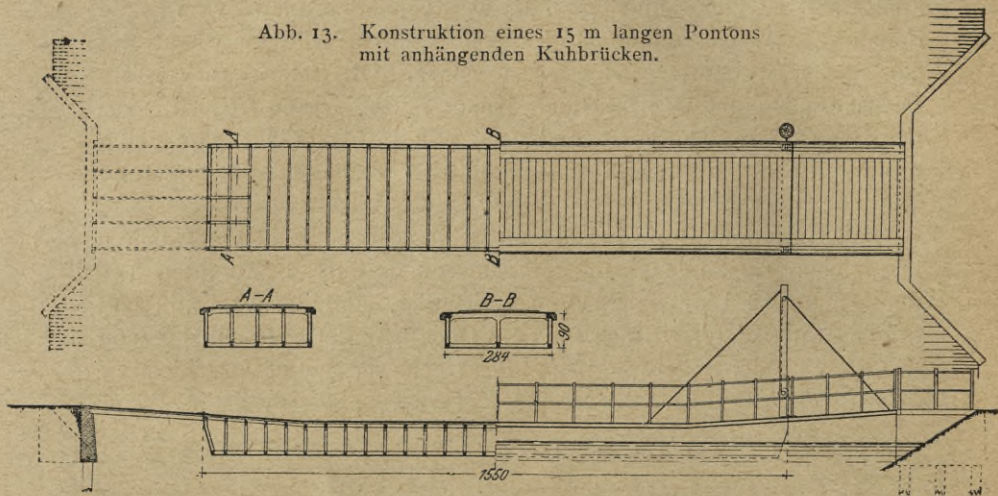
Spannten mit dazwischen liegenden Säulen angebracht. Die offenen Spannten stützen sich gegen den Gangbord, während die Gangborde sich gegenseitig durch einen Querbalken abstützen. Die Spannten sind untereinander durch eine Reihe von Längsbalken verbunden, so daß zahlreiche Kassetten entstanden sind. Gegen die Quer- und Längsspannten stützen sich der Boden und die Seitenwände (Abb. 12). Die Länge der Schute über alles beträgt 19 m, die Breite oben 4,72 m und unten 3,70 m, die Gesamthöhe 1,32 m. Der 11,80 m lange mittlere Teil ist für die Ladung bestimmt, während der Vorder- und der Hinterteil durch Querwände von dem Laderaum getrennt und überdeckt sind, wodurch sie als Luftkammer und zur Aufbewahrung der Geräte dienen. Die Querschnitte der Bauteile der Schute sind aus den Kräften bestimmt worden, die während des Betriebes und während des Stapellaufs auf die Wände und auf den Boden wirken. Ich mache darauf aufmerksam, daß insbesondere die beim Stapellauf auf die Schute wirkenden Kräfte sehr bedeutend sein können, wenn die Schute auf einer Längshelling gebaut worden ist, wie dies hier der Fall war. Wie bereits erwähnt, gestaltete sich



die Ausführung wesentlich anders als bei der Bauweise von Gabellini. Es ist nämlich ganz vom Putzen abgesehen worden, vielmehr wurde die Schute aus sehr dünnflüssigem Mörtel zwischen einer äußeren und inneren Schalung gegossen.

Die Wanddicke beträgt nur 3 cm. Daß diese Wanddicke nur durch besondere Bewehrung zu ermöglichen war, bedarf keiner

Abb. 13. Konstruktion eines 15 m langen Pontons mit anhängenden Kuhbrücken.



weiteren Erörterung. Als die innere und äußere Schalung entfernt waren, stellte sich heraus, daß die Wand überall mit Beton ausgefüllt war, eine Folge der guten Mischung des Mörtels und der sachverständigen Ausführung. An den Stellen, wo ein Anfahren am meisten zu befürchten ist, wurde über die innere Seite der Spanten nach dem Stapellauf ein dünnes Drahtgitter befestigt. Gegen dieses wurde ein Putz angebracht, wodurch die obengenannten wasserdichten Abteile gebildet sind. Die Außenseite der Schute wurde, um einen geringen Widerstand im Wasser zu erhalten, glatt geputzt. Als die Schute ins Wasser gelassen war, zeigte sie sich vollkommen wasserdicht, und es wurden keine

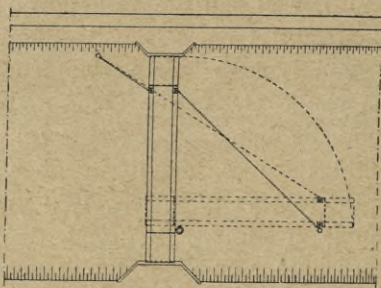


Abb. 14.

Lecke festgestellt. Die Schute ist nun acht Jahre im Dienst und hat völlig dem Zweck entsprochen, zu dem sie gebaut wurde. Ihr Tiefgang im ungeladenen Zustande beträgt 46 cm, das Eigengewicht 36 Tonnen. Dieser Tiefgang ist viel zu groß. Darum ist bei den später gebauten Schuten vor allem daran gedacht worden, das Eigengewicht zu verringern, weil erst dann, wenn das Eigengewicht der Eisenbeton-



schuten nicht viel von dem Gewicht eiserner Schuten abweicht, auf ihre häufigere Anwendung zu rechnen sein wird. Den meisten bisher angefertigten Schuten haftet aber dieses Uebel an. Daß die meisten Konstrukteure noch nicht auf dem richtigen Wege sind, zeigen deutlich die hier und da in technischen Zeitschriften abgedruckten Konstruktionszeichnungen.

Eine Ursache des allzugroßen Tiefganges ist in der Doppelwand zu suchen. Bei den folgenden Entwürfen sind Doppelwände denn auch nur verwendet worden, wenn Fälle von starkem Anfahren zu befürchten sind, und ich bin zu der Ansicht gelangt, daß es viel wirtschaftlicher ist, ein gut durchdachtes System wasserdichter Querwände anzuordnen, welche die Schute in wasserdichte Abteile

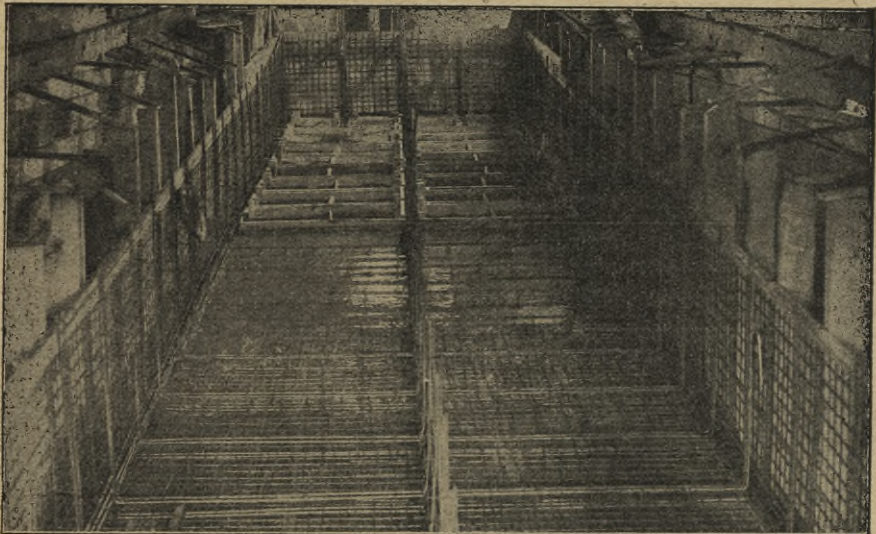


Abb. 15. Ponton von 15 m Länge während der Ausführung.

unterteilen, die erforderlichenfalls von oben her durch Mannlöcher erreichbar sind. Durch das Wegfallen der Kassetten kann auch das System der Längsbalken entfallen und dadurch eine ansehnliche Ersparnis an Gewicht erzielt werden. Man darf aber hierbei nicht übersehen, daß jede gut konstruierte Schute einen kräftigen Längsverband besitzen muß, der im Boden, im Kielbalken und in den Kimmen angebracht werden muß, ferner auch an der Oberseite in den Bordbalken. Dieser Verband ist unbedingt nötig für die Aufnahme der Momente, die durch den Unterschied in dem Auftriebsvermögen der verschiedenen Teile der Schute besonders bei einseitiger Belastung entstehen, sowie auch der beim Stapellauf der Schute auftretenden Momente.



Es sei nunmehr etwas über einen Ponton mitgeteilt, dessen Ausführung zu großen Schwierigkeiten Veranlassung gab. Dieser Ponton, der quer in einen Kanal gelegt werden sollte und für den Verkehr zwischen dessen beiden Ufern dient, war ursprünglich mit einer Länge von 18 m mit zwei an beiden Seiten angeordneten beweglichen 1,5 m



Abb. 16. Ponton von 15 m Länge in gedrehter Lage.

langen Kuhbrücken geplant. Da aber später besondere Vorschriften gegeben wurden in bezug auf den Tiefgang, der hier 35 cm, und die Breite, die höchstens 3 m betragen durfte, ferner eine Länge von nur 15 m zulässig sein sollte, welche Forderungen mit dem Wasserabfluß durch den Kanal zusammenhängen, so sah man sich genötigt, an dem Eisenbetonponton zu beiden Seiten bewegliche Kuhbrücken von 3 m Stützweite anzuordnen. Daß die Bewegungseinrichtung zum Aufziehen

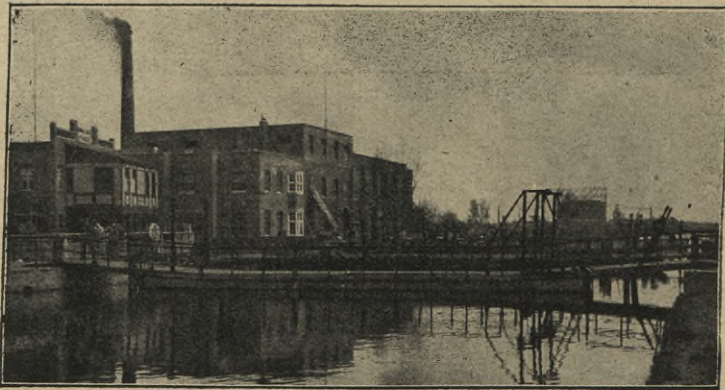


Abb. 17. Schwimmende Eisenbeton-Drehbrücke.

solcher großen Klappen in Verbindung mit den genannten Forderungen dem Konstrukteur Schwierigkeiten machte, bedarf keiner weiteren Erläuterung. Abgesehen davon, daß Winden für das Aufziehen der Klappen nötig waren, mußte auf dem Ponton auch eine Einrichtung geschaffen werden, mittels deren der Ponton gedreht werden kann,



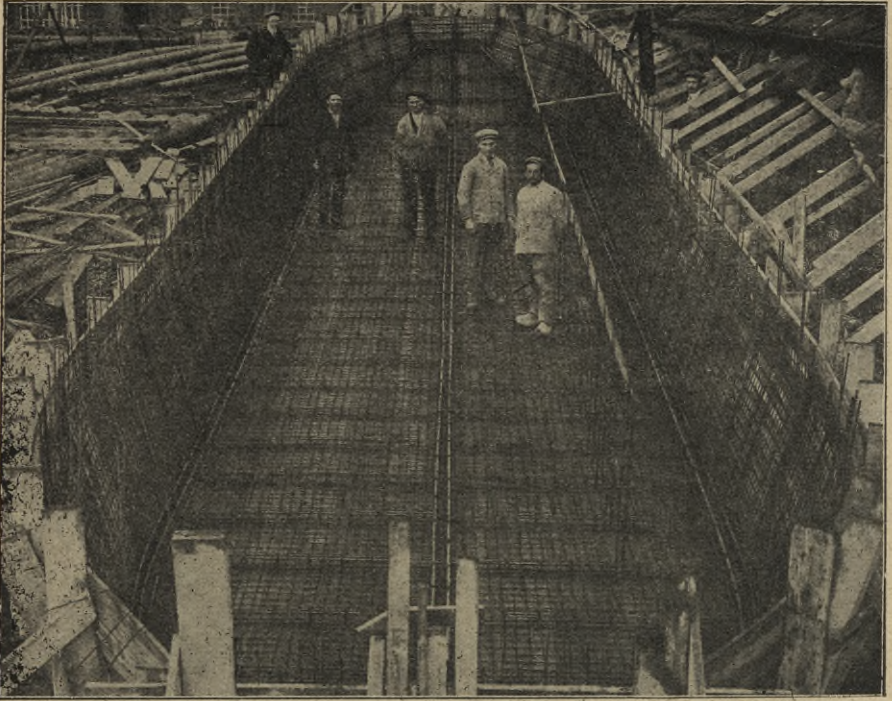


Abb. 18.



Abb. 19.

Abb. 18 u. 19. Typ eines Bauprahms in Amsterdam.



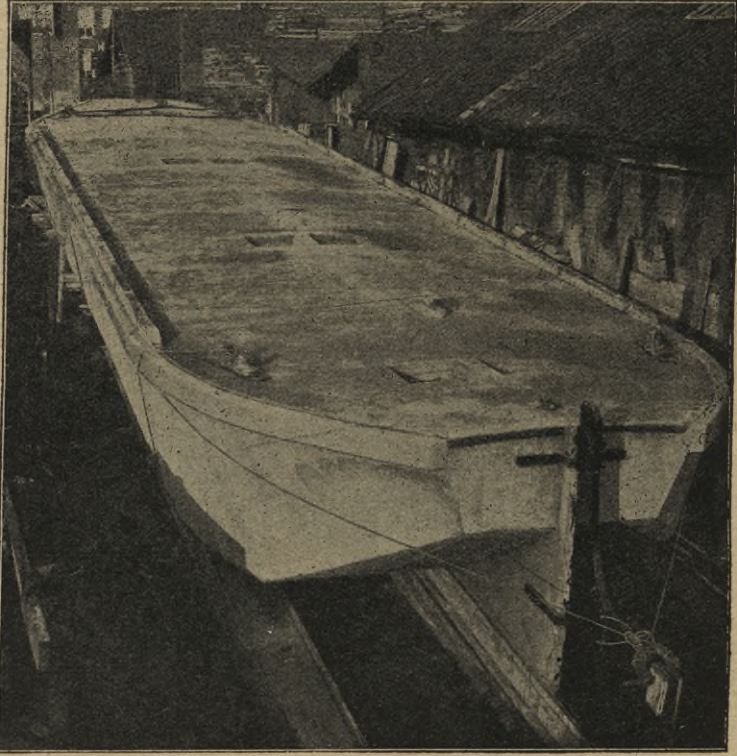


Abb. 20.

wenn Schiffe vorbeifahren wollen. Dazu ist im Kanal an dem einen Ende des Pontons ein Pfahl eingerammt, der als Spill dient, um welches sich der Ponton drehen muß. Die Konstruktion des Pontons ist besonders einfach (Abb. 13 u. 14). Sie besteht aus einer Reihe geschlossener Spanten, gegen die der Boden und die Wände sich anlegen. Die Abdeckung ist nicht von Eisenbeton, sondern über der

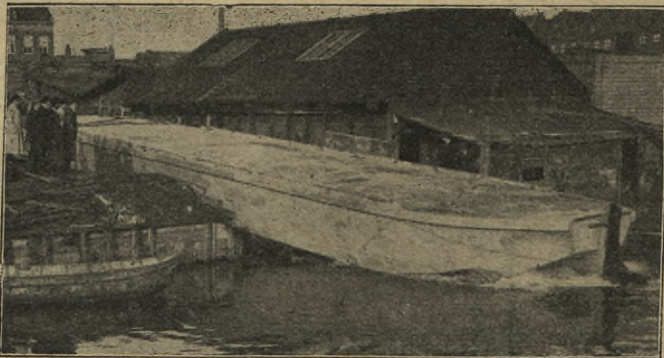


Abb. 21.

Abb. 18 bis 22. Typ eines Bauprahms in Amsterdam.





Abb. 22.

Oberseite der Spanten ist ein doppeltes hölzernes Deck angebracht, was in Rücksicht auf den über die Fähre gehenden Wagenverkehr vorgeschrieben war, eine Forderung, die einem geringen Eigengewicht sehr zustatten kam. Abb. 15 zeigt den Ponton während der Aus-

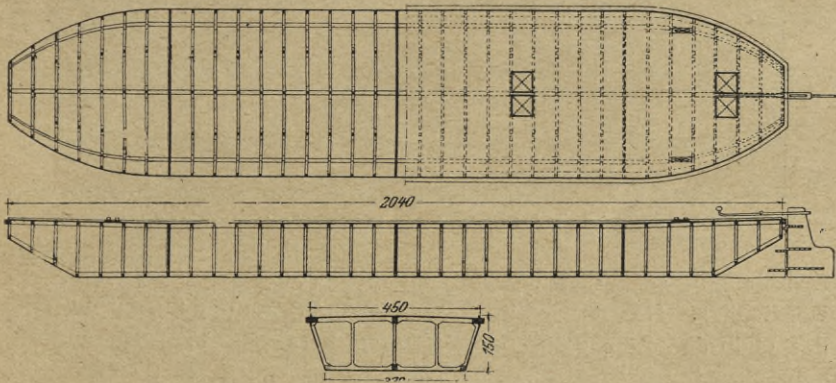


Abb. 23. Einzelheiten eines Bauprahms von 20,40 m Länge.

führung, Abb. 16 zeigt ihn in der gedrehten Lage, Abb. 17 endlich gibt ein Bild des Pontons, wie er im Kanal liegt. Wir haben es hiernach mit einer schwimmenden Eisenbeton-Drehbrücke zu tun.

Die Abb. 18 bis 22 geben den Typ eines Bauprahms, der in Amsterdam benutzt wird. Außer dem Steuerruder ist die ganze Schute aus Beton gegossen. Ihre Länge beträgt 20,40 m, die Breite oben 4,50 m und unten 3,70 m. Die Wanddicke ist im normalen Querschnitt 3 cm;

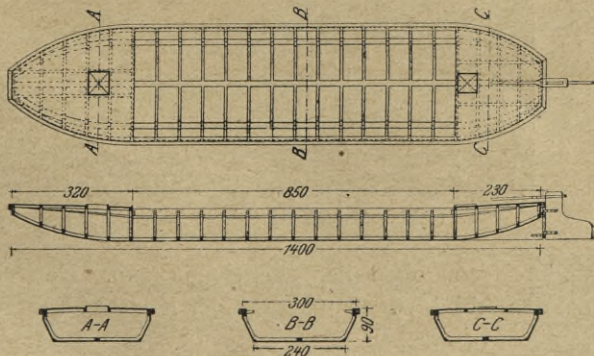


Abb. 24. Offene Schute von 14 m Länge.



Vorder- und Hintersteven sind schwerer konstruiert, weil die Schuten dort am meisten angefahren werden. Das Tragvermögen beträgt etwa 60 Tonnen.

Die Konstruktion besteht aus geschlossenen Spanten mit drei

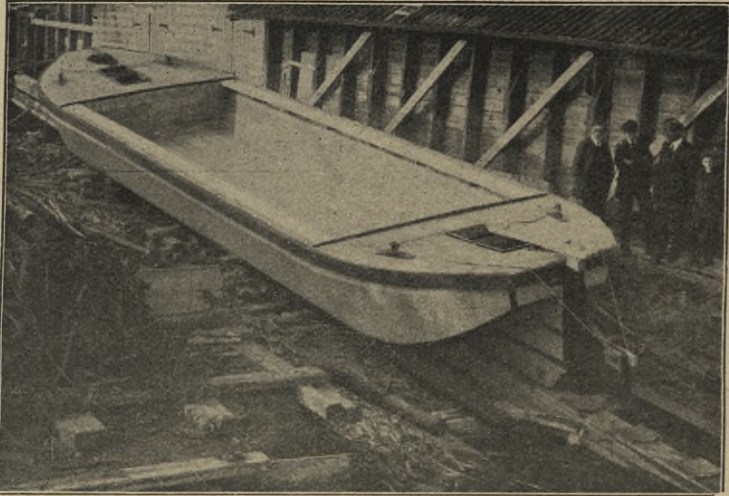


Abb. 25. Offene Schute auf der Helling fertig zum Ablauf.

Zwischensäulen. Als Längsverband dienen wieder Kiel-, Kimm- und Bordbalken. Um die Schute herum liegt das gebräuchliche Reibholz mit Halbrundeisen, während auf der Schute vier Doppelpoller angebracht sind. Einige wasserdichte Wände unterteilen die Schute in eine Zahl wasserdichter Abteile, in die man durch Mannlöcher



Abb. 26. Offene Schute beim Ablauf ins Wasser.

hindurch von oben her einsteigen kann. Das eine und andere ist auf den Abbildungen und aus der Konstruktionszeichnung (Abb. 23) deutlich zu ersehen.

Den Typ einer offenen Schute, wie er in Holland vielfach auf



kleinen Kanälen für den Transport von Asche und Baggergut gebraucht wird, finden wir in Abb. 24. Die dort abgebildete Schute hat eine Länge von 14 m, eine größte Breite von 3 m und eine Höhe von 0,90 m, die Wände sind 3 cm dick, die Tragfähigkeit beträgt ungefähr 15 Tonnen (Abb. 25 bis 27).

In Holland sind auch verschiedene schwimmende Badeanstalten auf Eisenbetonpontons gebaut worden, von denen eine der größten, nämlich die zu Kampen, näher besprochen werden soll.

Die Anordnung und Bauart der Pontons ist in Abb. 28 angegeben. Die Pontons waren zwar ursprünglich in Eisen entworfen, im Ausschreibungstermin stellte sich indessen heraus, daß Eisenbetonpontons 10 vH. billiger kamen als Eisenpontons. Die hier verwendeten Pontons verdanken ihre Bedeutung vor allem ihrer großen Länge. Wenn andere ähnliche Einrichtungen nur auf kleineren Pontons aufgebaut sind, so hat man dagegen hier außer zwölf kleinen Pontons vier große Pontons von nicht weniger als



Abb. 27. Offene Schute zu Wasser gelassen.

30 m Länge als Schwimmkörper für die Anstalt gewählt. Die Badeanstalt hat eine Gesamtlänge von 60,20 m und eine Breite von 22,7 m. An den beiden Seiten sind in der Stromrichtung je zwei lange Pontons, jeder von 30 m Länge, aufgestellt, während dazwischen an beiden Seiten je drei kleine Abschlußpontons liegen. Durch drei kleine Zwischenpontons ist das eigentliche Schwimmbad in zwei Teile unterteilt worden, deren kleinerer,  $17 \times 16,50$  m, für Nichtschwimmer und weniger geübte Schwimmer bestimmt ist, während der größere,  $31 \times 16,50$  m, für geübte Schwimmer dient. Der  $17 \times 16,50$  m große Teil ist durch drei kleine Pontons wieder in zwei Teile unterteilt. In jeden dieser beiden Teile ist ein eiserner Käfig gehängt; in den kleineren,  $5,7 \times 15$  m großen Teil ein flacher Käfig für Nichtschwimmer und in den größeren Teil ein tieferer Käfig für geübtere Schwimmer. Zwischen den Abschlußpontons an einer Seite werden noch Käfige gehängt für die Personen, die nicht vom Schwimmbassin Gebrauch zu machen wünschen.



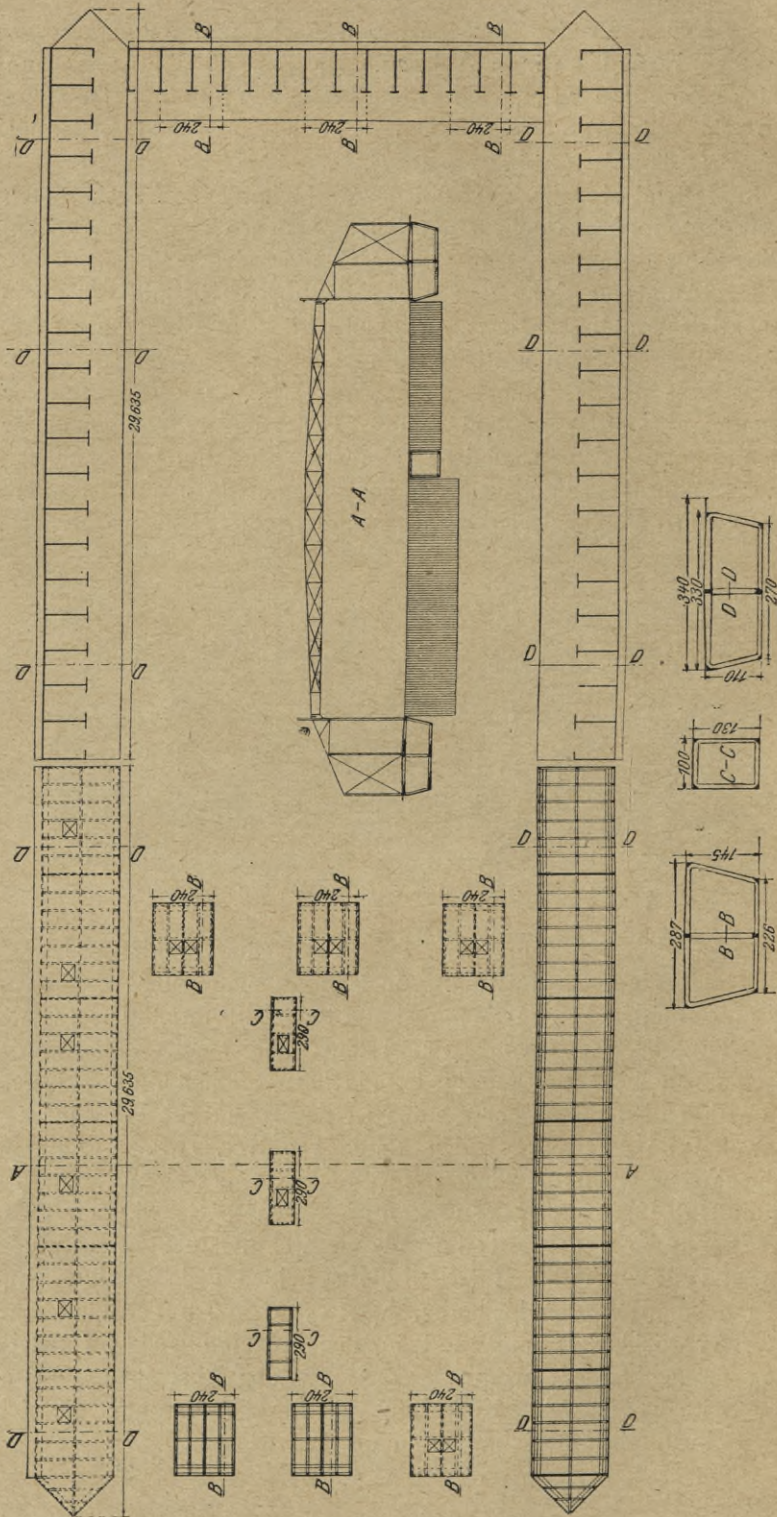


Abb. 28. Anordnung und Bauart von Eisenbetontons, die zu schwimmenden Badeanstalten verwendet werden.



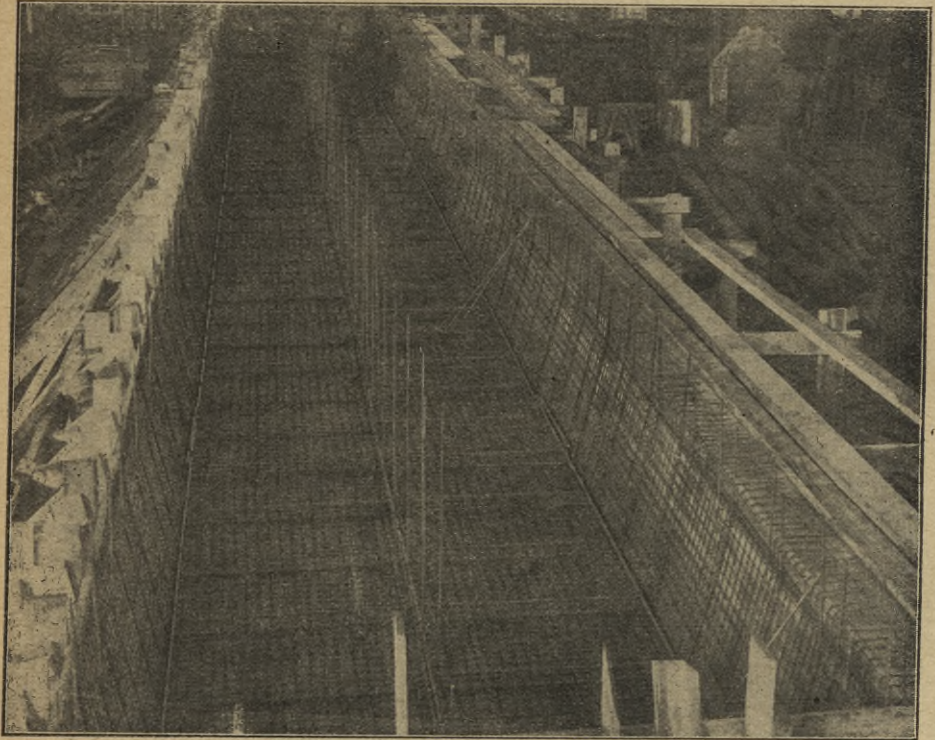


Abb. 29.

Die großen, einander gegenüberliegenden Pontons sind durch eiserne Gitterträger miteinander verbunden, die auf eisernen, auf den Pontons stehenden Stützen ruhen. Diese Gitterträger dienen zugleich zum Aufhängen der Bassinkäfige. Auf den Pontons befinden sich einige sechzig hölzerne Kabinen und Dienstzimmer nebst einem gemeinschaftlichen Kleideraum. Die kleinen Pontons sind untereinander

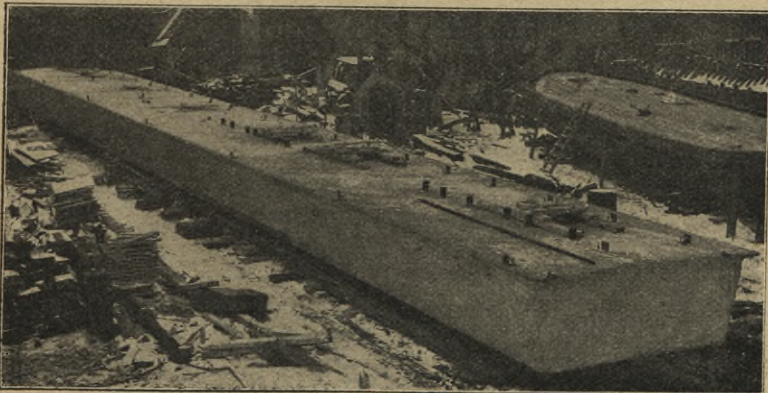


Abb. 30.

Abb. 29 bis 32. Eisenbetonpontons von 30 m Länge.



durch eiserne Balken gekuppelt. Ueber allen Eisenbetondecks ist ein hölzerner Deckboden angebracht. Die großen Pontons sind, wie bereits erwähnt, für uns die wichtigsten, ihnen werden wir daher hauptsächlich unsere Aufmerksamkeit widmen. Ihre Länge beträgt 30 m, die Breite 3 m und die Höhe 1,10 m. Da, wo die Pontons gegeneinander stoßen, haben sie eine stumpfe Endfläche, am anderen Ende



Abb. 31. Stapellauf eines Pontons von 30 m Länge, wobei die Spitze bis zu 5 m unter Wasser tauchte.

dagegen laufen die Seitenwände unter je  $45^\circ$  in eine Spitze zusammen. Die Pontons bestehen aus geschlossenen, in gleichen Abständen liegenden Spanten, gegen die sich der 3 cm dicke Boden, die Seitenwand und das Deck stützen. Das Deck ist an einer Seite ausgekragt, so daß Gelegenheit geboten ist, um hinter den Zimmern herumzukommen,

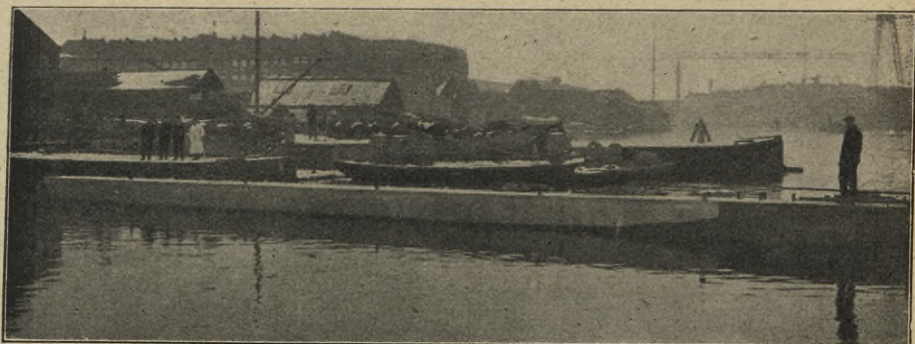


Abb. 32.

Um bei einem etwaigen Anprall sicher zu sein, daß trotz eines Lecks die Pontons schwimmend bleiben, sind in ihnen sechs wasserdichte Querwände angebracht, wodurch sie in sieben wasserdichte Abteile unterteilt sind, deren jedes von oben her durch ein Mannloch Zugang hat. Auch die kleinen Pontons haben wasserdichte Schotten erhalten. Jeder Spant wird in der Mitte durch eine Beton-



säule unterstützt, während die Spanten außer durch die herumlaufende Haut noch besonders unten durch einen Kielbalken und Kimm-balken und oben durch einen Zwischenbalken und Bordbalken miteinander verbunden sind. Diese Balken ergeben einen guten Längsverband, den man braucht, um die Pontons beim Ablaufen gegen Risse zu schützen.

In unserem Falle war das durchaus notwendig. Die Pontons

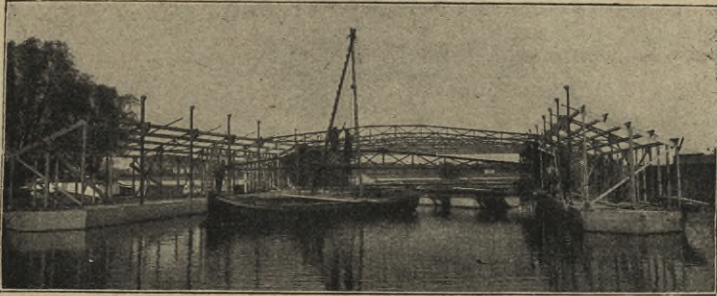


Abb. 33. Badeanstalt auf Eisenbetonpontons während des Baues.

sind nämlich wegen Mangels an Raum, ebenso wie alle von mir gebauten Schuten, auf einer Längshelling hergestellt, wo sie beim Stapellauf größeren Kräften Widerstand leisten müssen, als wenn sie auf einer Querhelling gebaut würden. Soweit mir bekannt, ist es im Eisenbetonbau das erste Mal, daß solche langen Pontons auf



Abb. 34. Badeanstalt auf Eisenbetonpontons nach Eröffnung.

einer Längshelling gebaut worden sind. Daß darum besondere Sorgfalt auf die Konstruktion und auf die Ausführung verwendet werden mußte, versteht sich von selbst (Abb. 29 bis 32).

Die Ausführung ist in derselben Weise wie bei den früher besprochenen Schuten erfolgt. Da die Lieferzeit nur kurz war, wurden zwei Hellinge verwendet. Jeder Ponton wurde innerhalb  $1\frac{1}{2}$  bis



2 Monate gebaut, während für die Versteinung drei Wochen nötig waren.

Der Stapellauf dieser langen Pontons bot insofern einen hübschen Anblick, als der Vorderteil 5 m unter Wasser tauchte (Abb. 31). In Abb. 32, deren Aufnahme sogleich nach dem Ablaufen eines Pontons gemacht ist, kann man deutlich die Grenze sehen zwischen dem Teil des Pontons, der unter Wasser lag, und dem Teil, der nicht mit dem Wasser in Berührung gekommen ist. Der Vollständigkeit halber geben wir noch ein Lichtbild der Badeanstalt wieder, das während des Baues aufgenommen ist, und ein anderes, das aufgenommen wurde, nachdem sie für die Schwimmer geöffnet war (Abb. 33 u. 34).

Vielfache Anwendung der Eisenbetonbauweise auf dem Gebiete des Schiffsbaues findet man auch in Niederländisch-Indien, wo von der „Hollandsche Maatschappy tot het maken van werken in gewapend beton“ verschiedene Kanoes und Prahme in Eisenbeton ausgeführt worden sind. U. a. sind dort auf einer Querhelling am Ufer des Batavia-Tandjong-Priok-Kanals Kanoes von 90 bis 180 Tonnen Tragfähigkeit, ein Motorboot von 17 m Länge und einige Pontons für einen Dampfkran und eine Dampftramme gebaut worden.\*)

### Deutschland.

Unter den Anwendungen in Deutschland erwähnen wir an erster Stelle einen Eisenbetonprahm, den die Firma Grastorf in Hannover zum Transport von Baggergut seit 1908 in Gebrauch hat. Die Länge über alles beträgt 14 m, die Breite 3,60 m und die Höhe 1,10 m. Die Spanten liegen in Abständen von 63 cm, und die Wanddicke beträgt 4 cm.\*\*\*) Außer jenem Prahm sind von der Firma Grastorf Eisenbeton-Schwimmkästen hergestellt worden, die dazu dienen, ein Starkstromkabel, das vom Lande aus einem Schwimmbagger zugeführt wird, mittels Stangen zu tragen, sowie ferner ein kleines Ruderboot von 4 m Länge bei einer größten Breite von 1,18 m und einer größten Höhe von 0,68 m.

Als weitere Anwendung erwähnen wir ein Schiff von 200 Tonnen Ladefähigkeit, das von Ingenieur B. Nast in Frankfurt am Main entworfen und von der Allgemeinen Verbundbaugesellschaft m. b. H. dort im Jahre 1909 ausgeführt wurde.\*\*\*) Es dient zum Transport von Kies auf dem Rhein und Main. Seine Länge beträgt 42 m, seine Breite 6,3 m. Drei Querwände teilen die Schute in vier Abteilungen; die beiden mittleren dienen zur Aufnahme der Ladung.

\*) De Ingenieur 1913, Nr. 24. s. a. Beton u. Eisen 1918, Heft 2/3, S. 34.

\*\*) Tonindustrie-Zeitung 1913, Nr. 75.

\*\*\*) Beton u. Eisen 1909, Heft 15.



Das Vorderschiff ist als Wohnstube eingerichtet, die darüber gebaute, etwa 5 m lange Kabine ist ebenfalls in Eisenbeton hergestellt.

Ein Kahn von 10 m Länge, 4 m Breite und 1,33 m Höhe wurde im Jahre 1909 von der Pommerschen Zementsteinfabrik „Meteor“ zu Stolp in Pommern gebaut\*) und im April 1910 in Stolpmünde ins Wasser gelassen. Die Haut dieses Kahns ist 7 bis 8 cm dick, die Spanten und Längsträger haben  $12 \times 25$  cm Querschnitt. Das Eigengewicht beträgt 17 Tonnen, der Tiefgang im belasteten Zustande 50 cm.

Die Abb. 35 zeigt ein im Jahre 1910 in Stettin von Ellmer & Co. gebautes Motorboot; dieses dient derzeit für eine Baupumpe, die sonst ein Gerüst erfordert hätte.

Von einigen derartigen Ruder- und Motorbooten\*\*) abgesehen, hat der Eisenbeton im deutschen Schiffbau hauptsächlich beim Bau



Abb. 35. Motorboot aus Eisenbeton in Stettin.

von Pontons für Badeanstalten Anwendung gefunden. Schon im Jahre 1909 wurden auf Antrag des Gemeindearchitekten Perrey zu Mannheim bei der Erneuerung eines 20,68 m langen eisernen Pontons an dessen Stelle probeweise zwei Eisenbetonpontons von 12,14 und 10,20 m Länge entworfen. Diese wurden von der Firma Heinrich Eisen\*\*\*) ausgeführt. Die Breite der Pontons beträgt oben 1,55 m, unten 1,50 m, bei einer Höhe von 1,27 m. Die Haut ist 45 mm dick. Der Mörtel war aus 1 Teil Zement, 3 Teilen Rheinsand und 3 Teilen Kies zusammengesetzt, und die Wasserdichtheit wurde dadurch erlangt, daß man an jeder Seite einen wasserdichten Verputz anbrachte, dem man beim Mischen 10 vH. Ceresit hinzu-

\*) Beton u. Eisen 1910, Heft 7.

\*\*) Beton u. Eisen 1913, Heft 1. Beton u. Eisen 1911, Heft 20.

\*\*\*) Süddeutsche Bauzeitung 1910, Nr. 23.



fügte. Früher haben wir schon mitgeteilt, daß diese Pontons von einem großen Rheinschiff angefahren wurden und dabei nicht gelitten haben. Durch diesen glücklichen Erfolg ermutigt, ist man auf dem eingeschlagenen Wege weiter gegangen, und so hat Perrey auch die Pontons für das neue (vierte) Schwimmbad in der Vorstadt Neckarau im Jahre 1911 sämtlich aus Eisenbeton hergestellt, im ganzen 22 Stück. Die größten Pontons sind 12,50 m lang, die meisten haben aber nur eine Länge von 8 bis 9 m. Die Kosten dieser Pontons haben 20 210 Mark betragen, während ein Angebot von eisernen Pontons sich auf einen Betrag von 22 400 Mark belief,

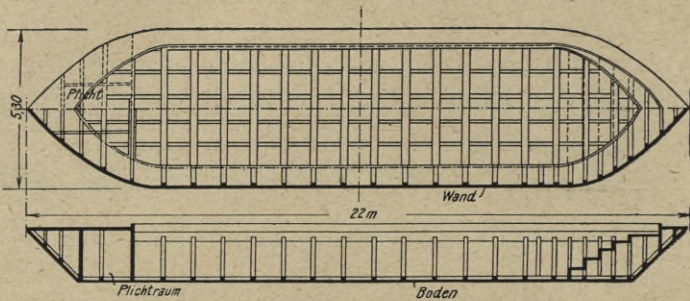


Abb. 36.

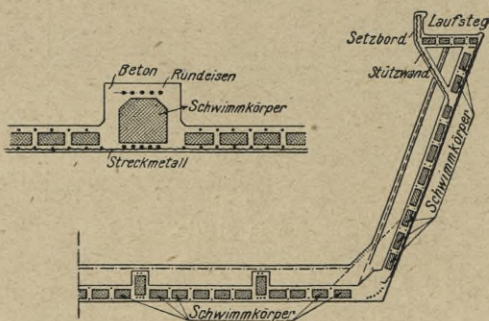


Abb. 37. Eisenbetonschiff von 22 m Länge, Bauweise Rüdiger.

so daß, von den geringeren Unterhaltungskosten abgesehen, an Baukosten 10 vH. erspart wurden. Soweit mir bekannt, ist diese Badeanstalt die erste,

bei der Eisenbetonpontons in solcher Anzahl verwendet wurden. Hinsichtlich der Konstruktion und Ausführung wird auf die Literatur verwiesen.\*)

Daß diese neue Art für den Bau von Schwimmbädern unter Benutzung von Eisenbetonpontons Nachfolge finden wird und schon gefunden hat, ist als sicher anzunehmen. Vielleicht wird eine Zeit kommen, wo für solche Zwecke Eisen nicht mehr gebraucht wird, weil das Niederschlagwasser in den Pontons sehr dazu beiträgt, daß das Eisen bald verrostet und damit die Pontons zugrunde gehen.

\*) Tonindustrie-Zeitung 1912, Nr. 103. Technisches Gemeindeblatt 1912, Nr. 2.



Eisenbeton widersteht dagegen nicht nur diesen Einflüssen mit Sicherheit, sondern seine Eigenschaften werden dadurch allmählich sogar besser, wie sich beim Abtragen von wasserdichten Bauwerken herausstellt.

Bauweise M. Rüdiger, Hamburg.

In den Jahren 1912/13 wurde in Hamburg von Ingenieur Rüdiger ein Eisenbetonschiff nach einem von ihm genommenen Patent\*) gebaut (Abb. 36 u. 37). Rüdiger behält die allgemein übliche Spantenanordnung bei und folgt in dem Längs- und Querverbande etwa den italienischen Vorbildern. Neu ist aber die Verwendung von Hohlsteinkörpern für die Bildung der Hohlräume. Während bei den italienischen Vorbildern die wasserdichten Luftkammern

ziemlich groß sind und dieselbe Höhe haben wie die Spanten, verwendet Rüdiger Betonhohlsteine von wesentlich kleineren Ausmaßen, die er in den Wänden unterbringt, so daß dadurch eine Einschalung erspart wird, wogegen natürlich das Gewicht der Hohlsteine hinzukommt.

Rüdiger macht seine Schiffe ungefähr wie Gabellini, wobei also die Verwendung von Schalungen auf ein Mindestmaß beschränkt wird. Das beschriebene Schiff (Abb. 38) von 22,36 m Länge, 5,76 m größter Breite und 2,10 m größter Höhe hat ein Eigengewicht von rd. 40 Tonnen und eine Tragfähigkeit von 87 Tonnen bei 25 cm Freibord. Dieses erste Schiff ist aus gewöhnlichem Beton hergestellt. Der Beton für das nächste Schiff, das 20 m lang, 5,20 m breit und 2,50 m hoch ist, wurde durch eine andere Zusammensetzung auf das spezifische Gewicht von etwa  $1400 \text{ kg/m}^3$  gebracht. Außerdem wurden Schwimm-

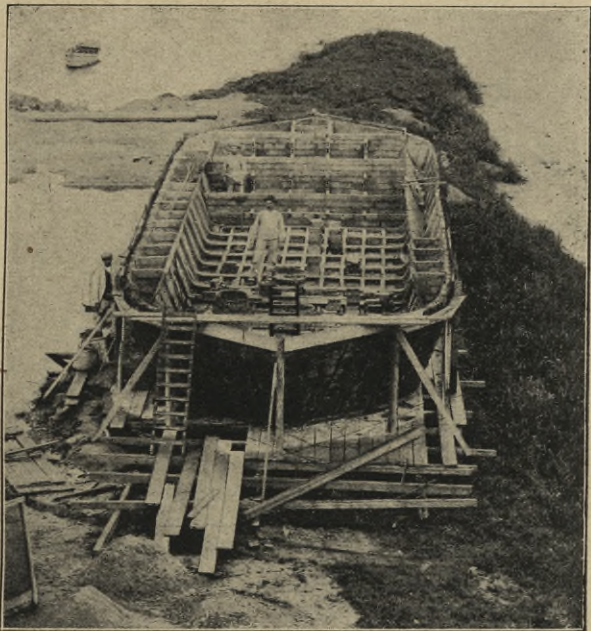


Abb. 38. Eisenbetonschiff von 22,36 m Länge, Bauweise Rüdiger.

\*) Beton u. Eisen 1914, Heft 4, S. 80 u. f.



körper aus Leichtbeton eingebaut. Auch die Spantenteilung und die Bewehrung wurden wesentlich verbessert. Ein weiteres Schiff von derselben Größe, jedoch nur rd. 2 m hoch, wurde fast gleichzeitig mit dem vorhergehenden gebaut.

Die Eisenbeton-Schiffbau G. m. b. H., die die Bauweise Rüdiger\*) anwendet, glaubte nun, im Bau von Schuten genügend Erfahrungen gesammelt zu haben, und schritt in der Folge zum Bau eines Motorfrachtschiffes von 20 m Länge, 5,30 m Breite und 3 m Höhe, das eine Tragfähigkeit von etwa 75 Tonnen hat.

Das Fahrzeug (Abb. 39) erhielt einen 30pferdigen Daimler-Zweizylinder-Viertaktmotor, wurde vollständig gedeckt und mit Ladebaum und Winde versehen. Obwohl ein Zweizylinder-Motor im allgemeinen starke Erschütterungen verursacht, konnte der hier sehr



Abb. 39. Eisenbeton-Motorfrachtschiff von rd. 75 Tonnen Tragfähigkeit. Bauweise Rüdiger.

starke Motor den Eisenbetonschiffskörper nicht in Schwingungen versetzen; jedenfalls waren die vom Motor herrührenden Erschütterungen auf Deck fast nicht zu bemerken. Besondere Maßnahmen wurden bei der Befestigung des Motors mit den dünnen Rippen getroffen.

Auch bei der Bauausführung dieses Schiffes wurden wesentliche Verbesserungen gemacht, und zwar sowohl hinsichtlich der Mischung des Betons als auch bezüglich der Art und Weise der Bewehrung. Das Schiff erhielt einen möglichst glatten Laderaum, damit beim Heben der Ladung die Last nicht unterhaken kann. Außerdem wurde das Schiff mit einer Schutzschiene an der oberen Außenbordseite versehen.

\*) Beton u. Eisen 1918, Heft 1, S. 9.



Nachdem man nun gute Erfahrungen mit kleineren Schiffen von 60 bis 100 Tonnen Tragfähigkeit gemacht hatte, konnte mit dem Bau eines Seeleichters begonnen werden. Auch dieses Fahrzeug stellt den anderen Schiffen gegenüber einen wesentlichen Fortschritt dar. Besonderer Wert wurde auf den Längsverband gelegt. In die Längs- und Querbalken und in die Spanten wurden gitterförmige Eiseneinlagen eingebaut; auch wurde ein aus Längs- und Querspanten zusammengesetztes Tragwerk angeordnet.

Das Fahrzeug hat 37,30 m Länge, 7,50 m Breite und 3,10 m Höhe und trägt 450 m<sup>3</sup> Kohlen. Der Laderaum ist 22 m lang und

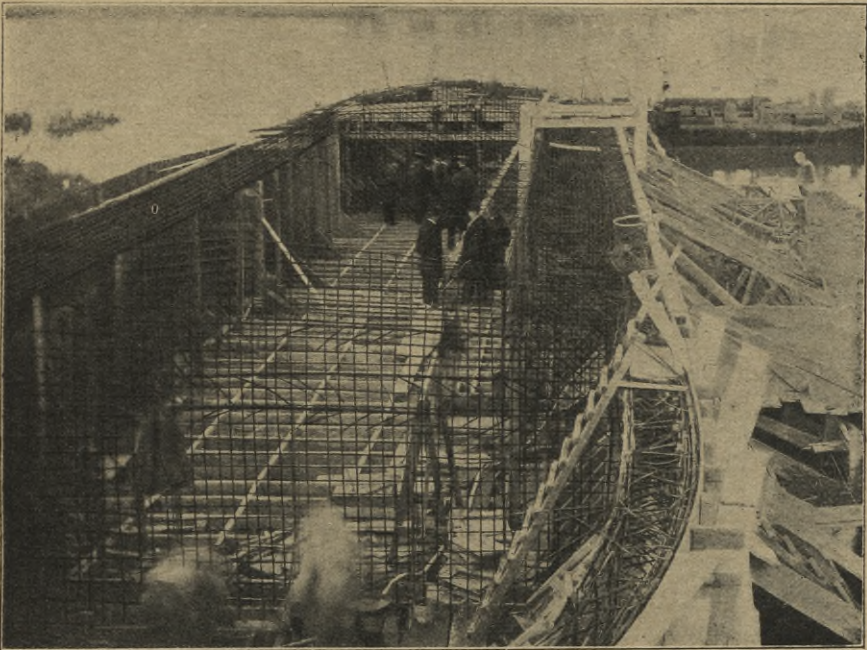


Abb. 40. Kohlenschiff in Eisenbeton von 37,30 m Länge.

besitzt sechs Halbrahmen. Das Schiff ist sehr stark konstruiert und soll selbst bei schwerer See von Wilhelmshaven nach Helgoland fahren (Abb. 40).

Hierauf baute die Eisenbeton-Schiffbau-Gesellschaft einen Seeleichter für Küstenfahrt von 45 m Länge, 8,35 m Breite und 3,80 m Höhe. Die Tragfähigkeit beträgt laut Angabe Rüdigers 650 bis 700 Tonnen.

Der Leichtbeton der Eisenbeton-Schiffbau-Gesellschaft besitzt ein spezifisches Gewicht von 1050 bis 1150, im Mittel 1100 kg/m<sup>3</sup>, er ist demnach nur halb so schwer als gewöhnlicher Beton. Seine Zusammensetzung wird geheim gehalten.



Die Erfahrungen mit Leichtbeton erstrecken sich natürlich nur über einige Jahre, so daß man abwarten muß, ob dieser Beton auf die Dauer auch solche vorzüglichen Eigenschaften hat wie der Schwebeton.

Rüdiger macht die folgenden Angaben:

Festigkeit ohne Verwendung von Flußsand oder Kies aus Probewürfeln ermittelt:

Nach 7 Tagen . . . .	mindestens 40	kg/cm <sup>2</sup>
„ 14 „ . . . .	„ 80	„
„ 21 „ . . . .	„ 120	„
„ 28 „ . . . .	„ 160	„
„ 42 „ . . . .	„ 200	„
„ 2 Monaten . . . .	rd. 220	„
„ 3 „ . . . .	„ 250	„
„ 6 „ . . . .	„ 280—300	„

Die Festigkeit ist gewissermaßen abhängig von dem spezifischen Gewicht des Leichtbetons. So wurde durch Versuche festgestellt, daß man auch einen Beton erzeugen kann, der ein spezifisches Gewicht von unter „1“ hat; dieser hatte jedoch eine geringere Festigkeit als oben angegeben. Es wurden anderseits auch Würfelproben aus Beton mit einem spezifischen Gewicht von etwa 1,4 bis 1,5 hergestellt, diese besitzen eine bedeutend größere Festigkeit als die obige Zusammenstellung angibt. Die Haftfestigkeit des Betons ist sowohl durch die fertigen Schiffe als auch durch das Freilegen von Eisenstäben nachgewiesen worden. Man konnte feststellen, daß der Beton die Eiseneinlagen fest umschließt. Das Freilegen der Eiseneinlagen an einem zwei Jahre alten Schiffskörper lehrte ferner durch Augenschein, daß die Eiseneinlagen nicht rosten.

Der Leichtbeton besitzt außerdem laut uns von Rüdiger mitgeteilten Angaben eine große Zugfestigkeit, bildet eine feste, zähe Masse und ist nicht so spröde wie Kiesbeton. Festgestellt wurde, daß alter und neuer Beton sich sehr gut miteinander verbinden.

Treiberscheinungen oder Risse wurden nicht festgestellt. Die Prüfung auf Wasserdichtheit wurde, außer bei den ausgeführten Schiffen, auch an 20 × 20 cm großen, 5 cm starken Probepplatten vollzogen. Die Platten wurden in der Versuchsanstalt mehrere Tage einem steigenden Wasserdruck von 2 bis 5 Atmosphären ausgesetzt; sie blieben dabei auf der Unterseite vollständig staubtrocken. Durch Versuch wurde außerdem eine Wasseraufnahmefähigkeit von etwa 3 vH. festgestellt; durch den Anstrich, den jedes Schiff erhält, wurde diese beseitigt.

Verfasser selbst hat über den Gebrauch von Rüdigers Leichtbeton keinerlei Erfahrung. Es ist klar, daß die Erfahrung von einigen Jahren nicht genügt, um ein entscheidendes Urteil über seine Verwendung für den Schiffbau aussprechen zu können. Wenn es



wahr ist, daß bei der Zusammenstellung des Leichtbetons Magnesiumoxyd als Bindemittel gebraucht wird, dann sind die Aussichten nicht durchaus günstig, da es vorgekommen ist, daß Objekte, mit diesem Bindemittel hergestellt, nach einigen Tagen ihre Härte und ihren Zusammenhang verloren haben. Da man mit Schwerbeton durchaus günstige Erfahrungen gemacht hat, so baut Verfasser seine Schiffe ausschließlich aus diesem Baustoff, zumal es möglich ist, durch eine geeignete Bauweise etwa dasselbe Eigengewicht zu erreichen wie nach der Bauweise Rüdigers.

Jedenfalls ist es zu begrüßen, daß Ingenieur Rüdiger die Lösung der Aufgabe in anderer Richtung gesucht und mit der Anwendung von Leichtbeton bis jetzt sehr gute Ergebnisse erzielt hat.

### Schweiz.

In der Schweiz wurde von der Schweizer Tochtergesellschaft der Firma Ed. Züblin u. Co. in Straßburg für die Sand- und Kiesverwertungsgesellschaft A.-G. in Nidau bei Biel ein Schiff gebaut, das zum Sand- und Kiestransport auf dem Bieler See dient und sich seit sechs Jahren bestens bewährt hat. \*)

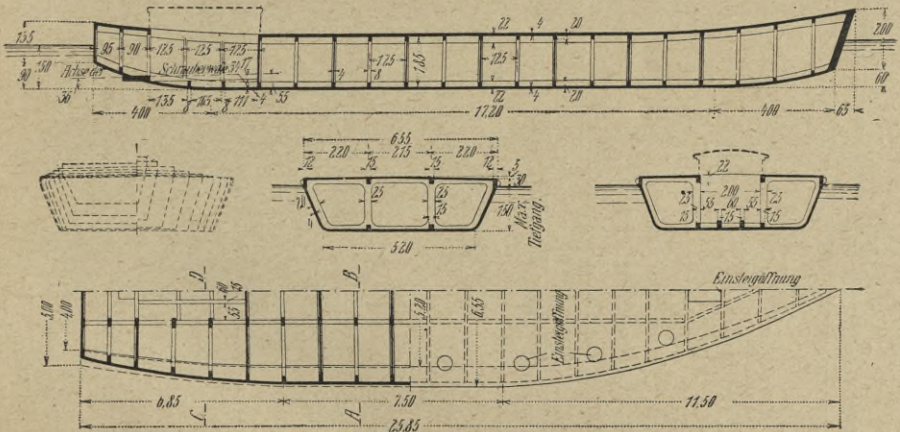


Abb. 41. Eisenbetonschiff von 25,85 m Länge in Nidau bei Biel.

Das Schiff (Abb. 41 u. 42) hat eine Gesamtlänge von 25,85 m bei einer Höchstbreite von 5,20 m und einer Höhe von 1,70 m; seine Wand ist 4 cm dick und mit einem doppelten Eisennetz von 6 cm Maschenweite, aus 4 mm starkem Draht bestehend, bewehrt. Alle Spanten des Schiffes sind Eisenbetonrahmen mit zwei Außen- und zwei Mittelstützen. Der Spantenabstand beträgt 1,25 m.

Das Schiff hat eine Tragfähigkeit von 100 Tonnen und legt leer und beladen 7,5 km in der Stunde zurück. Der Antrieb der Schraube des Fahrzeuges geschieht durch einen Deutzer Benzin-

\*) Armierter Beton 1917, Heft 8, und Beton u. Eisen 1918, Heft 4/5, S. 41.



motor von 35 PS. (Abb. 43). Das Schiff ist sehr leicht gebaut, und die ausführende Firma legte mit Recht Wert darauf, daß der Beton überall zwischen zwei Schalungen und in fetter Mischung gegossen wurde.

Ohne die Kosten des Stapellaufes stellten sich die gesamten Baukosten auf 10 400 Mark, das sind 104 Mark für 1 Tonne Tragfähigkeit.

Ein zweites schweizerisches Beispiel liefert der Unterbau des Bootshauses des Zürcher Yacht-Clubs in Zürich, das im Jahre 1916 hergestellt wurde.\*) Dieser Unterbau wurde gebildet durch ein aus sechs Eisenbeton-

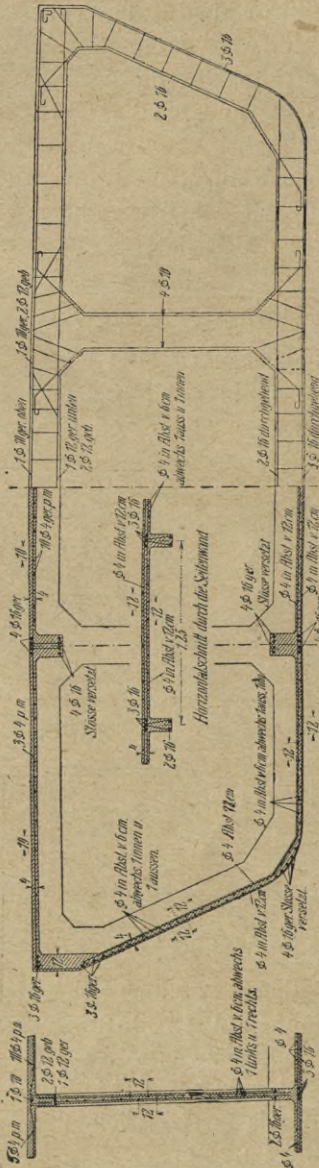


Abb. 42. Einzelheiten des Eisenbetonschiffes in Nidau.

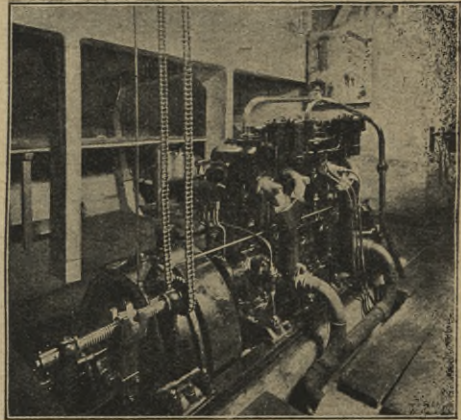


Abb. 43. Eisenbetonschiff in Nidau. Motoranlage.

pontons zusammengesetztes und mit einer durchgehenden Eisenbetonplatte überdecktes Floß von  $11,4 \times 24$  m. Jeder Ponton hat eine Gesamtlänge von 11,40 m, eine Breite von 4 m und eine Höhe von Unterseite Kiel bis Verdeck von 1,85 m.

Die Haut ist 6 cm stark; die Bewehrung der Wände ist ein Eisennetz aus 6 mm starken Draht mit 15 cm Maschenweite, während die Bewehrung des Bodens aus Draht von 5 und 8 mm

Dicke (für die eine und andere Richtung) in Abständen von 20 cm be-

\*) Schweizerische Bauzeitung 1917, Nr. 7, S. 77.







in die Decken der Pontons II, IV und VI solche Balken einbetonierte, die beiderseitig bis zur Mitte der jeweils benachbarten Pontons auskragten. Dort wurden die entsprechenden Balkenenden verlascht und, nachdem die Zwischenpontons eingeschwommen waren, in deren Decken einbetoniert (Abb. 44, 45 u. 46). Außerdem sind in vier Rippen der Längswände vorragende Verankerungsbügel einbetoniert worden; durch nachträglich unter Wasser eingebrachten Umhüllungsbeton entstanden zwischen je zwei der Pontons auf die ganze Höhe reichende, 12 cm starke Verbindungsrippen. Der Verband hat sich als sicher erwiesen. Die äußeren und inneren Betonflächen unterhalb der Wasserlinie erhielten einen Ceresitverputz mit gutem Erfolg.

Entwurf und Berechnung der Eisenbetonkonstruktionen stammen von den Ingenieuren Zehnter u. Brenneisen (Zürich).

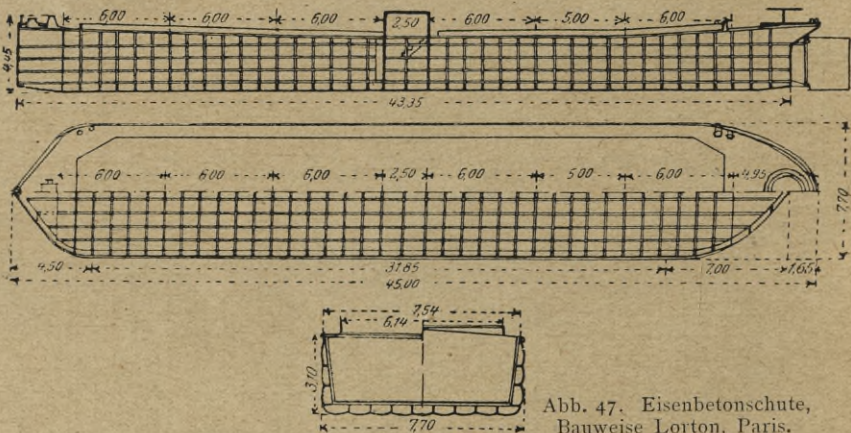


Abb. 47. Eisenbetonschute, Bauweise Lorton, Paris.

### Frankreich.

In Frankreich hat man nach dem ersten Versuch von L a m b o t seit Jahren nichts mehr von Eisenbetonfahrzeugen gehört. Die Marineverwaltung von Toulon sprach sich in einem vom 5. November 1858 datierten Gutachten gegen die neue Bauweise aus, wodurch für lange Zeit der weiteren Anwendung des Eisenbetons im Schiffbau ein Ende gemacht wurde. Vor einigen Jahren hat die Firma Grancher et Singlair im Departement Lozère eine Schute von ungefähr 15 m Länge, 4 m Breite und 1 m Höhe gebaut,<sup>\*)</sup> und im Jahre 1912 hat die römische Firma Gabellini ein Nebengeschäft in Marseille gegründet, wo einige Schiffe bis zu 200 Tonnen Ladefähigkeit gebaut sein sollen.

Erst als durch den Krieg der Mangel an Eisen und Holz groß zu werden begann, hat man sich in Frankreich auf den Eisenbeton-

<sup>\*)</sup> Ferro Concrete 1913, Vol. IV, Nr. 7.



schiffbau verlegt, und was von den Franzosen in kurzer Zeit geleistet worden ist, ist der Mühe wert, hier erwähnt zu werden. Wir werden erst die Konstruktionen behandeln, die vom Ingenieur des Ponts et Chaussées M. Lorton entworfen sind und die vor allem durch ihr geringes Eigengewicht beachtenswert sind.

Bauweise M. Lorton, Paris.\*)

Lorton glaubt eine dünne Wand von genügender Stärke dadurch machen zu können, daß er sie aus Platten bestehen läßt, die die Form von Gewölben geringer Breite und Länge haben. In den

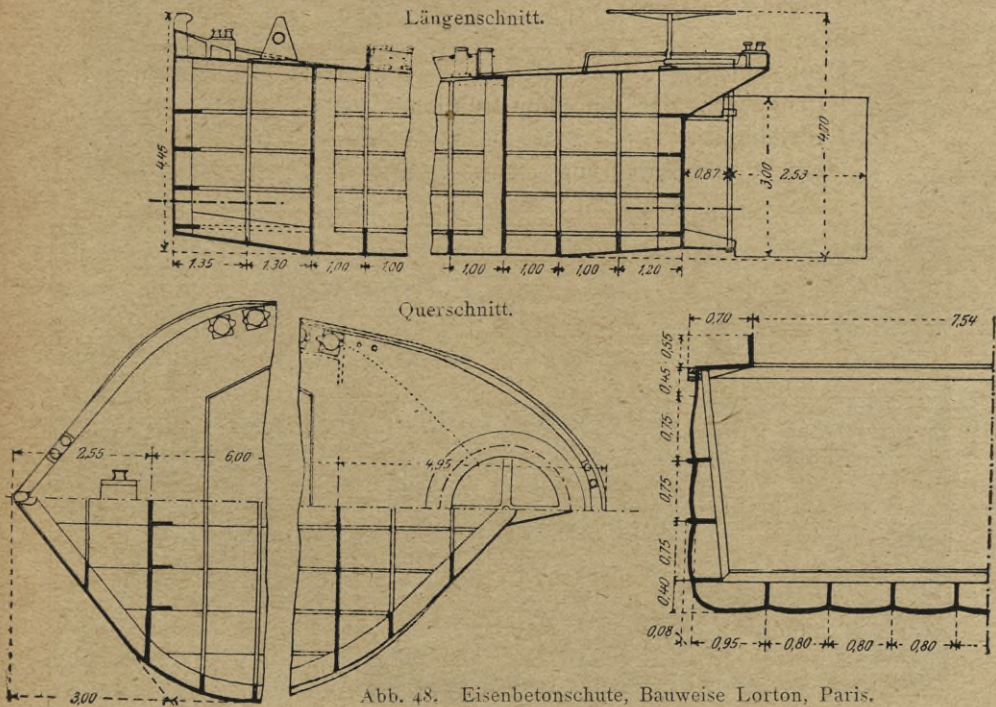


Abb. 48. Eisenbetonschute, Bauweise Lorton, Paris.

Querschnitten solch einer Platte wirken nur Druckspannungen, so daß nur eine leichte Bewehrung nötig ist, um der Platte die erforderliche Widerstandsfähigkeit zu geben. Die Platten übertragen den Druck auf Längs- und Querrippen, die nach der Länge und Breite des Fahrzeuges laufen.

Um diese Bauweise auszuprobieren, hat man ein Probefahrzeug von 400 Tonnen Ladefähigkeit bei 38,50 m Länge und 5 m Breite hergestellt, das am 29. Oktober 1916 in der Nähe von Paris ins Wasser gelassen wurde.

\*) Génie Civil 1918, Nr. 1.



Die Haut war nur 3 cm dick; man hat sie Stößen ausgesetzt, die viel größer waren als diejenigen, die beim täglichen Gebrauch vorkommen. Auf Grund des günstigen Erfolges mit diesem Probeschiff ist man zum Bau von Fahrzeugen nach der Lortonschen Bauweise von 700 Tonnen Ladefähigkeit übergegangen, von denen das dritte mit Erfolg Ende November 1917 ins Wasser gelassen wurde.

Die Länge über alles beträgt . . . . .	45 m
„ Breite „ „ „ . . . . .	7,74 „
„ „ „ die Haut beträgt . . . . .	7,50 „
„ Höhe beträgt . . . . .	3,15 „
Tiefgang beladen . . . . .	2,95 „
Freibord „ . . . . .	0,20 „
Displacement . . . . .	845 Tonnen
Eigengewicht der Betonkonstruktion . . . . .	170 „
Ladefähigkeit . . . . .	675 „
Gewicht der Bewehrung . . . . .	12 „

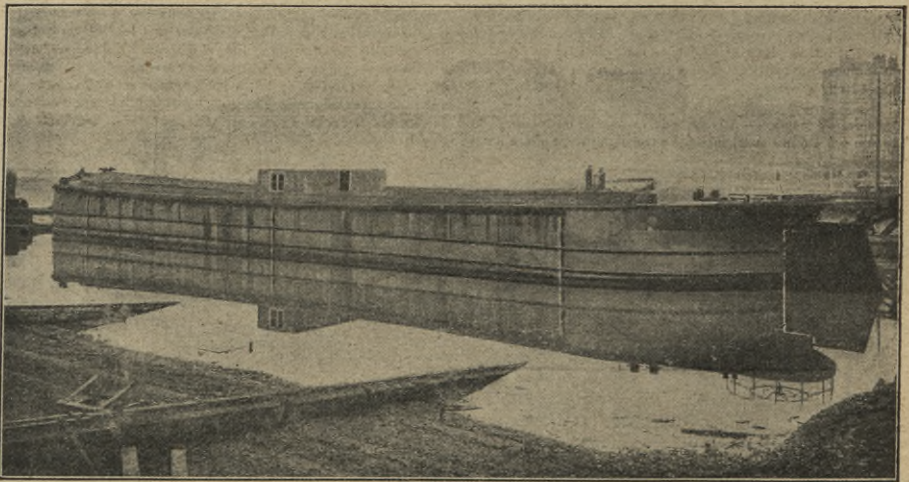


Abb. 49. Eisenbetonschute, Bauweise Lorton, Paris.

Die Querschnitte dieses Schiffes finden sich in Abb. 47 u. 48. Die Hautdicke beträgt 4 cm, der Spantenabstand 1 m und die Längsbalken, auf die sich die Gewölbe stützen, sind in Abständen von 0,80 m angeordnet. Die Spanten haben eine Höhe in der Mitte von 0,55 m und sind nur 5 cm dick. Die Längsträger sind 0,40 m hoch und haben eine Dicke von nur 4 cm. Man erkennt hieraus, daß das ganze Gerippe ein sehr geringes Eigengewicht hat.

Um den Schwierigkeiten der Anfertigung gebogener Platten zu entgehen, sind die Gewölbe so entworfen, daß sie sich nur auf Rippen stützen, die in der Längsrichtung der Schute laufen. Besonders



sei die Aufmerksamkeit auf das sehr kleine Eigengewicht gelenkt, das die Herstellung der Schute erfordert hat. Während das Gewicht einer eisernen Schute für diese Ladefähigkeit 80 bis 85 Tonnen beträgt, waren hier nicht mehr als 12 Tonnen Eisen nötig, so daß man nach dieser Bauweise an Stelle einer eisernen Schute ungefähr sieben Eisenbetonschuten würde bauen können. Abb. 49 zeigt die fertiggestellte Eisenbetonschute nach Stapellauf.

Nach meiner Ansicht ist indessen diese Schute wohl etwas zu leicht konstruiert, insbesondere wird wahrscheinlich die Bewehrung der Haut früher oder später zu Leckstellen Veranlassung geben. Beim Entwerfen einer Schute muß man nicht nur darauf achten, daß sich ein möglichst kleines Eigengewicht ergibt, sondern man muß auch dafür sorgen, daß ihre Lebensdauer möglichst groß wird. Zwischen diesen beiden Anforderungen, die einigermäßen in Widerspruch miteinander stehen, muß ein Ausgleich gefunden werden. Für den Eisenbetonschiffbau kommt nur ein fetter Beton in Betracht, der der Natur der Sache nach bestrebt ist, sich stark zusammenzuziehen. Um dem vorzubeugen, ist ein Netzwerk mit kleinen Maschen erforderlich. Der Einfluß der Temperatur ist auch ein Umstand, mit dem man bei Eisenbetonkonstruktionen von solch kleinen Abmessungen rechnen muß. Auch er erheischt eine fein verteilte Bewehrung. Auch ohne irgendeine Berechnung anzustellen, weiß man schon, daß ein bleibender Erfolg nur dann gesichert ist, wenn man bei der Hautkonstruktion den genannten Umständen Rechnung trägt. Aber damit ergibt sich auch eine etwas größere Eisenmenge für die Bewehrung. Zu leicht bewehrter Beton kann, wie die Erfahrung gelehrt hat, diese Spannungen nicht genügend aufnehmen. Die Folge davon wird sein, daß die Haut Risse bekommt, die meist über der Wasserlinie gelegen sind.

Außer Schiffen sind nach der Bauweise Lorton auch Pontons gebaut worden, die zur Aufnahme von Ueberladekränen dienen. Das erste dieser Pontons schwimmt seit dem Jahre 1915 im Hafen von Rouen und ist 20 m lang und 8,50 m breit. Bis jetzt sind sechs solcher Pontons gebaut. Da sie nicht leicht zu sein brauchten, ist ihre Haut dicker gewählt worden.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß die Bestrebungen, der Schiffshaut durch gewölbeförmige Ausbildung eine große Widerstandsfähigkeit zu geben, sich auch in einem in Deutschland zum Patent angemeldeten Vorschlage des Oberbaurats Dr. Ing. F. von Emperger widerspiegeln. Dieser geht davon aus, daß die plattenförmige Gestaltung der Schiffshaut ungenügend ist und daher letztere besser derart auszubilden ist, daß die nach außen hin liegenden Bewehrungen der Rippen als Zuggurt von Trägern aufzufassen sind, deren Druckgurt die Gewölbe darstellen. Dr. von Emperger hat nun in







### Schiffe für die Seefahrt.

Bauweise Ch. A. Roux, Paris.\*)

Um der Frachtraumnot für die Seefahrt abzuhelpen, hat man jetzt auch in Frankreich zu der Verwendung von Eisenbeton für Seeschiffe seine Zuflucht genommen.

La Société Entreprise générale d'études unter Leitung von Charles A. Roux hat, zusammenwirkend mit dem Ingenieur Schutz, ein Cargo-Boot von 450 Tonnen Ladefähigkeit entworfen, welches für den Kohlentransport zwischen Cardiff und Paris dienen soll. Die Entwürfe dafür sind vom Bureau Veritas angenommen. Folgende Einzelheiten davon sind bekannt:

Länge über alles . . . . .	45,60 m,
Breite „ „ . . . . .	7,80 „
Höhe . . . . .	3,75 „
Tiefgang beladen . . . . .	3,00 „
Freibord . . . . .	0,75 „
Deplacement . . . . .	900 Tonnen,
Ladefähigkeit . . . . .	450 „
Fahrgeschwindigkeit . . . . .	9 Knoten,
Maschinenleistung . . . . .	330 PS.

Boden und Seitenwände sind 6 cm dick und durch Längs- und Querbalken verstärkt. Wegen der Querschnitte siehe Abb. 50.

Das Boot wird an den Ufern der Seine zu Neuilly bei Paris gebaut und soll im April 1918 fertig geworden sein. Eine Reihe von zehn solcher Schuten soll in der Folge gebaut werden; diese müssen bis zum 31. Dezember 1918 fertiggestellt sein. Dieselbe Gesellschaft fängt noch in diesem Jahre an, am Mittelländischen Meer und in der Gironde Seeschiffe in Größen von 2000 Tonnen und darüber zu bauen.

### Bauweise Hennebique.

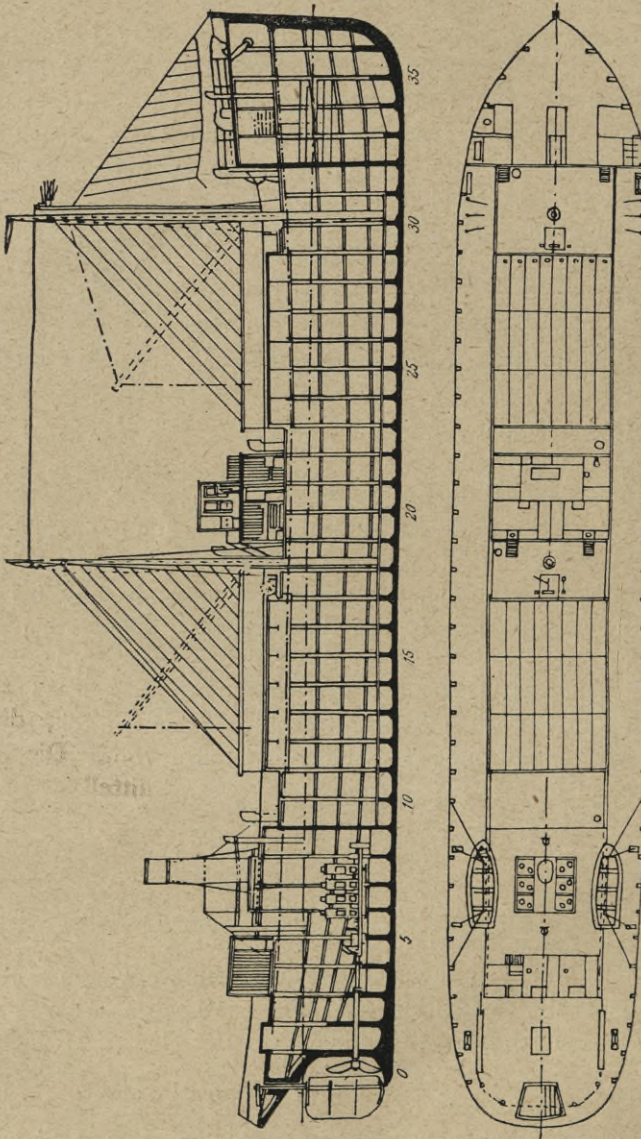
Unter Leitung dieses Konstrukteurs hat die „Association Commerciale de constructions maritimes“ verschiedene Schiffstypen studiert, deren Entwürfe und Berechnungen hinsichtlich der Seetüchtigkeit von den Ingenieuren der Schiffsverwaltung geprüft sind, während die Verwirklichung in Eisenbeton Herrn Louis Queitzel, bis zum Jahre 1914 Oberingenieur des Hauses Hennebique, anvertraut wurde.

Die Bauweise zeigt viel Ähnlichkeit mit bereits beschriebenen Systemen. Die Spanten werden in Abständen von 1,50 m, die Längsbalken in Abständen von 1,25 m angebracht, indem die Haut ganz flach gebaut wird. Ein zur Zeit auf Stapel stehendes Schiff hat folgende Abmessungen:

\*) Génie Civil 1918, 5. Jan., Nr. 1.



Länge über alles . . . . .	55,50 m,
Breite „ „ . . . . .	10,00 „
Höhe . . . . .	5,60 „
Tiefgang (leer) . . . . .	2,70 „



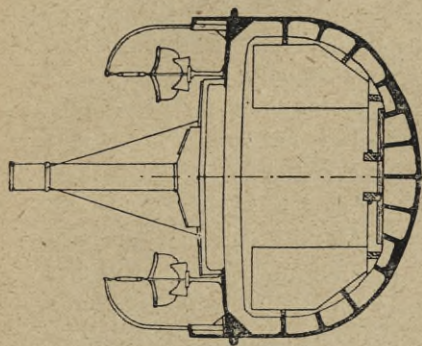
Tiefgang (beladen) . . . . .	4,70 m,
Freibord . . . . .	1,00 „
Displacement (leer) . . . . .	1120 Tonnen,
Displacement (beladen) . . . . .	2120 „

Abb 51. Eisenbetonschiff für die Seeschiffahrt, Bauweise Hennebique, Paris.

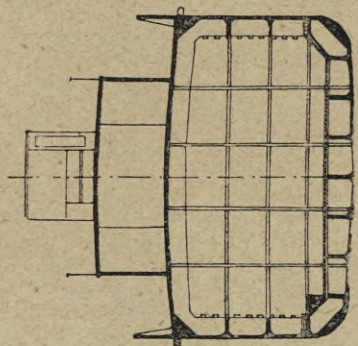


Ladefähigkeit . . . . .	1000 Tonnen,
Maschinenleistung . . . . .	320 PSe.
„ . . . . .	400 PSi.
Fahrtgeschwindigkeit . . . . .	8,5 Knoten.

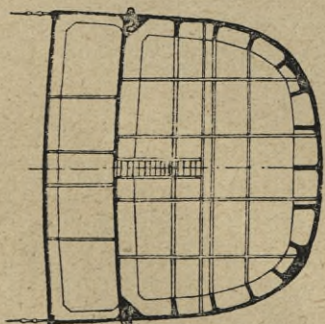
Der Querschnitt der in Abständen von 1,25 bis 1,5 m angeordneten Spanten beträgt höchstens  $20 \times 80$  cm und die der Längsrippen  $10 \times 80$  cm. Die Hautdicke beträgt 10 cm. (Abb. 51 u. 52.)



Schnitt bei Spant 6.



Schnitt bei Spant 21.



Schnitt bei Spant 32.

Abb. 52. Eisenbetonschiff, Bauweise Hennebique.

### Bauweise Marelle (Marseille).

Die von Marelle erdachte Bauweise beruht auf Ueberlegungen, die sehr verschieden sind von denjenigen, die bis jetzt die Eisenbetonfachmänner angestellt haben; es ist daher lehrreich, diese Gedankengänge hier näher darzulegen.

Marelle hat die Vorgänge bei Stürmen beobachtet, er hat insbesondere das furchtbare Krachen festgestellt, das sich dabei auch in den stärksten Schiffen hören läßt. Er glaubt nicht, daß ein nach den gewöhnlichen Regeln gebautes Fahrzeug in Eisenbeton fähig ist, solchen Angriffen zu widerstehen, und bemerkt, daß man zu ganz anderen Entwürfen Zuflucht nehmen muß, wobei man die bedeutenden Biegungs- und Drehungsbeanspruchungen berücksichtigen muß, die plötzlich und sehr kurz auftreten. Er zog die Folgerung, daß die Eigenart des Betons nicht darauf zu rechnen erlaubt, daß solche Beanspruchungen vom Beton aufgenommen werden können. Es ist also nötig, daß die Bewehrung an und für sich ein starres und unbewegliches Ganzes bildet, was dazu zwingt, die Spanten und Längsverbindungen an ihren Kreuzungsstellen unveränderlich gegeneinander festzulegen, etwa durch Schweißen oder auf eine andere

beanspruchungen vom Beton aufgenommen werden können. Es ist also nötig, daß die Bewehrung an und für sich ein starres und unbewegliches Ganzes bildet, was dazu zwingt, die Spanten und Längsverbindungen an ihren Kreuzungsstellen unveränderlich gegeneinander festzulegen, etwa durch Schweißen oder auf eine andere



Weise, von der der vom Erfinder gebrauchte Name „armatures mécaniques“ her stammt.

Die mechanischen Verbindungsweisen scheinen Marelle übrigens die einzig praktischen, wenn es sich um großen Tonneninhalt handelt, wofür es vorteilhaft ist, Stäbe von großem Durchmesser und in kleiner Zahl zu verwenden, besser als eine große Zahl Stäbe von kleinem Durchmesser. Die Bewehrung besteht also schließlich aus einem Gerippe von zusammengeschweißten Stäben, und der Beton spielt nur die Rolle einer Hülle. Nach Angaben des Erfinders würde das Gesamtgewicht des Eisengerippes nur ein Viertel von dem Gewichte eines eisernen Schiffes von derselben Ladefähigkeit betragen. Die Bauart wurde verwendet beim Bau eines Schoners von 600 Tonnen Ladefähigkeit. Es scheint mir, daß die Bauweise Marelle wenig Zukunft hat, weil die Schiffe zu schwer ausfallen. Der Erfinder der Bauweise unterschätzt vermutlich die Widerstandsfähigkeit des Eisenbetons und weiß nicht, daß gerade in der Verbundwirkung das Geheimnis der Stärke dieses Baustoffes liegt.

### England.

Die erste englische Verwendung stammt, soweit mir bekannt, vom Jahre 1910.\*) Sie betrifft einen Prahm, der für Baggerzwecke auf der Themse gebraucht wird und der von der Cubitt Concrete Konstruktion Co. in 14 Tagen gebaut wurde. Nach vier Wochen wurde er voll Wasser gepumpt, damit man feststellen konnte, ob er überall wasserdicht war, und als sich dies als zutreffend herausstellte, wurde er ins Wasser gelassen, und dann wurden die Maschinen eingebaut.

Der Zement wurde mit 2 vH. Medusa Waterproofing Compound behandelt. Das Eigengewicht des Prahms beträgt 40 Tonnen, das Gewicht der Maschinen 20 Tonnen; die Länge ist 12,20 m, die Breite 4,90 m und die Höhe 1,60 m. Das Eigengewicht des Prahms ist also ziemlich hoch.

Die zweite Verwendung betrifft ein Baggerschiff für den Dienst auf dem Manchester-Kanal.\*\*)

Dieses Schiff wurde zu Irlam im Jahre 1912 von der Yorkshire Hennebique Contracting Co. Ltd. zu Leeds gebaut und mißt 30,5 m Länge und 8,5 m Breite bei einer Tiefe von 2,60 m. Das Baggerschiff ist dazu bestimmt, um den von den Baggermaschinen in Schuten geworfenen Boden aufzusaugen und auf den dazu geeigneten Stellen an den Ufern zu löschen. Dazu ist eine vollständige Maschinen- und Pumpeneinrichtung vorgesehen, aber keine Maschine zur Fortbewegung, so daß das Schiff nach den verschiedenen Arbeitsstellen

\*) Concrete and Constructional Engineering 1911, Vol. VI, Nr. 2.

\*\*) Concrete and Constructional Engineering 1912, Vol. VII, Nr. 9.



geschleppt werden muß. Der innere Raum ist durch eine Anzahl von Quer- und Längsschotten wie folgt unterteilt: ein wasserdichtes Abteil für den Kohlenvorrat (40 Tonnen) und die Maschinenkammer und vier kleinere Abteile für Ballast und Mannschaft. Um diese fünf Abteile sind 16 wasserdichte Räume angeordnet, die miteinander nicht in Verbindung stehen und nur durch Mannlöcher im Oberdeck zugänglich sind. Dadurch ist eine große Sicherheit bei einem etwaigen Anprall erreicht; selbst wenn die Außenwand ganz zerschmettert werden sollte, würde das Schiff noch schwimmen. Auf dem Vorderteil des Schiffes befinden sich Dampfmaschine, Kondensator, drei Kreiselpumpen und andere Maschinen, die zusammen ein Gewicht von 43 Tonnen haben. Dieses Gewicht wird durch Wasserballast im Hinterteil des Schiffes ausgeglichen. Zur Benutzung von Eisenbeton anstatt Eisen war man nicht nur durch den geringen Anschaffungspreis, sondern auch durch die geringeren Unterhaltungskosten gekommen, ferner durch die große Bequemlichkeit, mit der etwaige Leckstellen im Falle eines Anpralls ausgebessert werden können. — Der Boden ist 10 cm, die Seitenwände und die wasserdichten Querwände sind 7,5 cm dick; der Bau hat neun Monate gedauert, meiner Ansicht nach eine ziemlich lange Zeit.

Bauweise Messrs. James Pollock Sons & Co. Ltd.,  
London.

(Pollocks Improved design.\*)

Um die Schalung und die Bewehrung zu vereinfachen, hat die Firma James Pollock Sons & Co., London im Jahre 1917 vorgeschlagen, bei Eisenbetonschiffen, die nicht unbedingt große Geschwindigkeiten erreichen sollen, wie z. B. Küstenfahrer, alle gebogenen Linien zu vermeiden und diese durch aufeinanderfolgende ebene gebrochene Flächen anzunähern.

Hierdurch ist es möglich, die Schalung mit im voraus fertiggestellten Schotten auszuführen, indem auch die Bewehrung aus recht gebogenen Stäben bestehen kann. Mit diesem Vorschlage wird wohl etwas erreicht. Gebogene Flächen können nur mit dünnen, biegsamen Latten geschalt werden, die auf entsprechend der gebogenen Form gesägte Hölzer genagelt werden. Die Bewehrung muß nach derselben Krümmung laufen. Beim Entschalen gehen diese Latten verloren. Die meisten brechen, so daß das für die gebogene Formen gebrauchte Holz ruhig als Brennholz abgeschrieben werden kann. Die Annäherung durch ebene, gebrochene Flächen hat für Fahrzeuge, die nur geringe Geschwindigkeiten zu entwickeln brauchen, wie z. B. Frachtboote, Prahme und dergleichen,

\*) Concrete and Constructional Engineering 1917, Vol. XII, Nr. 9.



keine großen Nachteile. Sobald es aber auf die Geschwindigkeit ankommt, kann die Bauweise nicht verwendet werden, da dann der Widerstand zu groß wird. In jedem Falle ist auch vom schönheitlichen Standpunkte die gebogene Form der gebrochenen vorzuziehen, so daß ich auch diese Bauweise eine Zukunft nicht versprechen möchte.

England ist auf dem Gebiete des Eisenbetonschiffbaues sehr zurück, da es während des Krieges solche Schiffe nicht bauen kann.

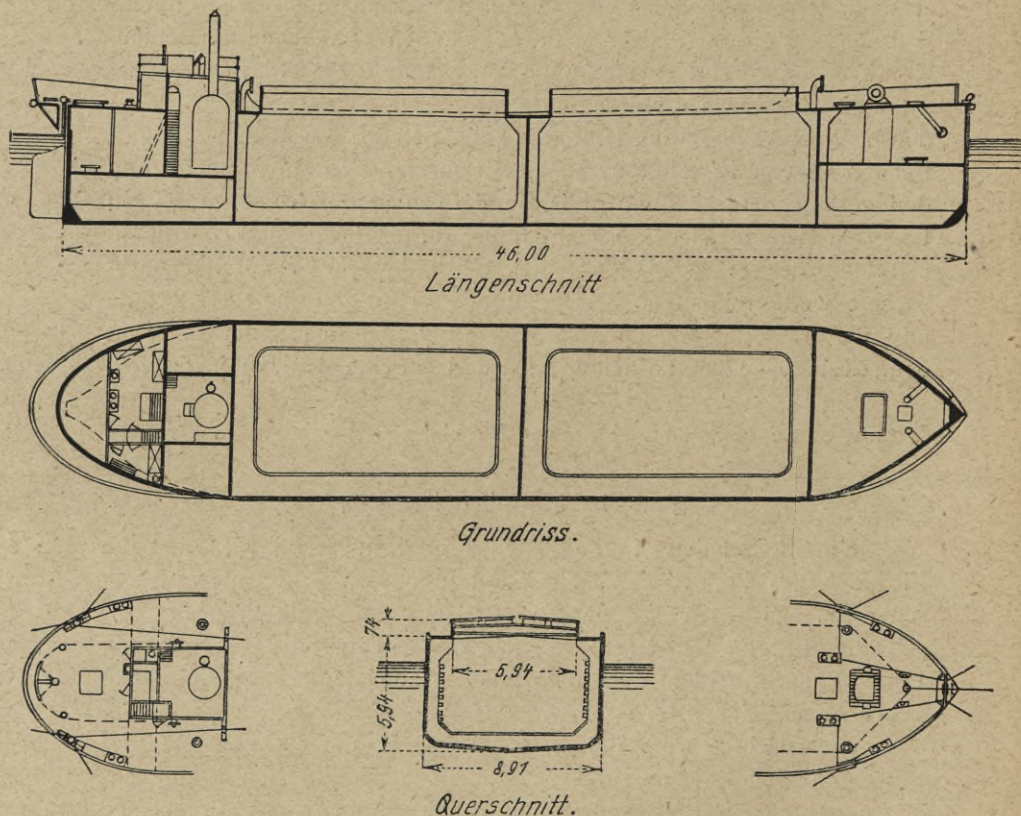


Abb. 53. Eisenbetonschiff als Oeltank.

Vor allem fehlen im Lande Arbeitskräfte und Holz, und so hat man die englischen Schiffswerften für den Bau von Eisenbetonschiffen nach Norwegen verlegt. Trotz der Rückständigkeit Englands liegen auch von dorthier bereits Nachrichten von dem Bau eines 1000-Tonnen-Schiffes vor, und zwar von der Filiale einer dänischen Firma.\*) Die Abb. 53 zeigt den Plan dieses Schiffes, das als Oeltank dienen soll.

\*) Shipbuilding Record, Sept. 1917. Beton u. Eisen 1918, Heft 1.



Es ist nicht zu bezweifeln, daß nach dem Kriege auch in diesem Lande der Eisenbetonschiffbau in sehr großem Umfange verwendet werden wird.

Schon jetzt ist die Committee of Lloyd's Register of Shipping mit dem Ausarbeiten der Pläne für eine große Zahl Schiffe für die englische und skandinavische Küstenfahrt beschäftigt. Diese Schiffe werden den Regeln des Lloyd's Register Book entsprechen.\*)

Doch werden auch jetzt schon hier und da in England kleine Schiffe für die Binnenfahrt gebaut, so u. a. auf der Coalbournbrook Wharf zu Stovebridge,\*\*) wo jetzt sogenannte Monkey-Boote von 21,35 m Länge, 2,10 m Breite und 1,20 m Höhe gebaut werden. Diese Boote sind meiner Ansicht nach viel zu schwer gebaut. Das tote Gewicht beträgt 30 Tonnen, die Ladefähigkeit nur 27 Tonnen. Als Besonderheit des ersten fertiggestellten Bootes sei noch erwähnt, daß es acht Tage nach der Betonierung ins Wasser gelassen wurde und sieben Tage später seine ersten Frachten beförderte.

Abb. 54 zeigt das Motorboot aus Eisenbeton „Cementus I“,\*\*\*) das im Jahre 1917 von einer britischen Zementfabrik erbaut wurde. Das Boot liegt verhältnismäßig tief im Wasser, weil die Betonaußenhaut recht schwer ist. Bei dem Bau wurden Kiel, Steven und Spanten genau wie beim stählernen Fahrzeug aufgestellt. Dann baute man darum eine Form aus Blech, in die die Betonmasse hineingepreßt wurde. Durch  $\frac{3}{8}$  Zoll dicke Schotten sind sieben wasserdichte Abteilungen hergestellt. Das Boot ist mehrere Monate hindurch erprobt worden und hat sich auch bei unruhigem Wetter gut bewährt. Leichte Zusammenstöße, auch schwierige Belastungsproben hat das Boot gut überstanden. Der Guß des Bootes, das über 30 Zentner wiegt, nahm nur 60 Stunden in Anspruch, wonach die Betonmasse rund acht Tage trocknen mußte. Der Antrieb erfolgt durch einen einzylindrigen 7-PS.-Motor.



Abb. 54. Eisenbetonmotorboot „Cementus I“.

### Amerika.

Nach einer Nummer der „New York Evening World“ vom Jahre 1900 ist das erste Eisenbetonboot in Amerika im Jahre 1892

\*) Concrete and Constructional Engineering 1917, Vol. XII, S. 2010.

\*\*) Concrete and Constructional Engineering 1917, Vol. XII, S. 2012.

\*\*\*) Motorschiff u. Motorboot 1917, Nr. 24/25, S. 4.



von Daniel B. Banks gebaut worden, nämlich ein Schoner von 19,50 m Länge, 4,90 m Breite und 4,3 m Tiefe. Von diesem Schiff wird gesagt, daß damit bei leichten Briesen nur mäßige Geschwindigkeiten erreicht würden, daß aber sein größeres Gewicht bei rauhem Wetter und schwerer See sehr günstig wirke. Die „Gretchen“, wie der Schoner heißt, segelte auf dem Meere nördlich bis in die Nachbarschaft der Hudson-Bay und südlich bis in die Nähe von Kap Hatteras. Einmal stieß das Schiff auf die Felsen von Kap Charles, kam aber wieder davon los, ohne irgendwelche Schäden erlitten zu haben. Der Besitzer behauptet, daß jedes andere Boot, und wäre es auch von Eisen gewesen, sich leck gestoßen haben und gesunken sein würde.\*\*) Wir müssen solche schwärmerische Ansichten natürlich mit Vorbehalt anhören und beurteilen.



Abb. 55. Eisenbetonschute in Kanada.

Prahme und Schuten aus Eisenbeton werden gegenwärtig in Amerika vielfach verwendet. Meistens sind es einfache Plattschiffe. Ihre bekannteste Verwendung ist aber die für transatlantische Ingenieurarbeiten, nämlich für den Panamakanal, da die Schuten dort an den Arbeitsstellen gebaut werden konnten, billiger waren als stählerne und vor allem geringe Unterhaltungskosten verursachen, ein Umstand, der für Unternehmergerät von hoher Bedeutung ist.

In Miraflores wurden drei Schuten gebaut, jede 19,50 m lang, 7,30 m breit und 1,75 m tief.\*\*\*) Deck, Wände und Boden sind durch Querspannten miteinander verbunden, die in Abständen von

\*) Beton u. Eisen 1909, Heft 6.

\*\*) Engineering Record 1910, Vol. 61, Nr. 22; Engineering News 1910, 96; The Cement Era 1911, Nr. 2.



3,05 m angeordnet sind. Die Bewehrung des Bodens und der Wände ist eine Kreuzbewehrung aus  $\frac{1}{2}$ " starken gedrehten Stäben, sogen. „corrugated bars“, Maschenweite  $9 \times 12$ ", gegen die ein Drahtnetz Nr. 12, Maschenweite  $\frac{1}{2}$ ", anliegt, das als Träger für den Zementmörtel dient. Um Wasserdichtheit zu erreichen, hat man dem Mörtel 25 vH. einer besonderen Leimmischung beigemischt. Die gesamte Wanddicke beträgt  $2\frac{1}{2}$ ".

Ein anderes lehrreiches Beispiel einer Eisenbetonschute finden wir in Kanada (Abb. 55).\*) Für den allgemeinen Gebrauch auf dem Welland-Kanal wurde eine große Deckschute, „Pioneer“ genannt, entworfen und ausgeführt, die am 9. Mai 1910 zu Port Dalhousia Ontario ins Wasser gelassen wurde. Die Länge über alles beträgt 24,5 m, die Breite 6,50 m und die Tiefe 2,15 m. Das Fahrzeug

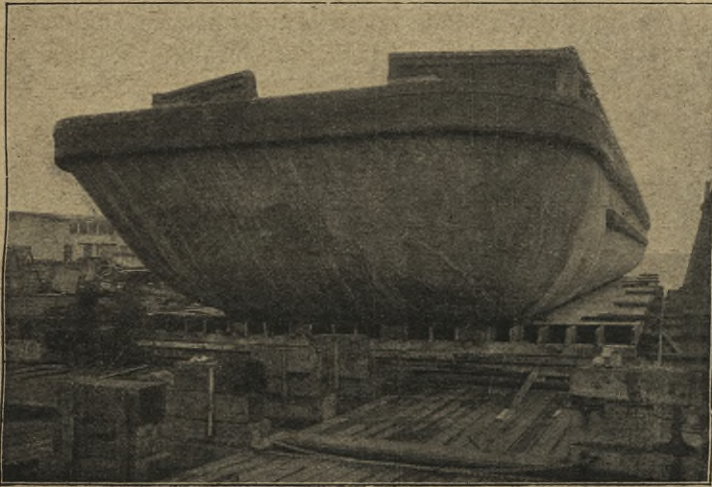


Abb. 56. Eisenbetonschiff von 500 Tonnen in Baltimore.

ist durch eine Längswand und drei Querwände in acht Abteile unterteilt.

Der Zugang zu den Abteilen ergibt sich durch ein Doppelmännloch im Hinterdeck und durch Oeffnungen von  $60 \times 80$  cm in den Querwänden. Deck, Boden und Wände sind 6,5 cm dick. Bevor die Schute ins Wasser gelassen wurde, untersuchte man sie genau auf ihre Wasserdichtheit, indem man in verschiedene Abteile Wasser pumpte; es konnte jedoch kein Leck dabei festgestellt werden. Sie ist auch in der Folge innen vollständig trocken geblieben, dient noch immer für die Beförderung verschiedener Güter und hat den Erwartungen ihrer Besitzer durchaus entsprochen. Im Jahre 1911 wurde sie, während sie schwer mit Steinen beladen

\*) The Canadian Engineer 1910, 15. Dezember.



lag, von einem großen Dampfschiff angefahren, aber nur das Reibholz wurde dabei einigermaßen beschädigt, die Schute selbst erlitt keinen Schaden.\*) Schuten von diesem Typ sind auch in Michigan City für den Dienst auf dem Michigan-See gebaut worden.

Eine Anwendung, die der Größe des Gegenstandes wegen wohl einige Angaben wert ist, bezieht sich auf ein Boot von 500 Tonnen, das im Jahre 1912 von The Furst Concrete Scow Construction Co. in Baltimore gebaut worden ist\*\*) (Abb. 56 u. 57). Diese Schute ist darum erwähnenswert, weil ihre Herstellung Ähnlichkeit mit dem vom Verfasser verwendeten Verfahren zeigt, nämlich durch unmittelbares Eingießen von Mörtel zwischen Schalhölzern, wobei dem Mörtel keinerlei besondere Stoffe zur Erzielung der Wasserdichtheit beigemischt sind. Die Länge dieser Schute beträgt ungefähr 34,50 m, die Breite 8,80 m und die Höhe 3,20 m. Sie ist in zehn wasserdichte Abteile unterteilt, die durch Mannlöcher im Deck von oben her zugänglich sind. Die Wanddicke schwankt zwischen 7,5 und

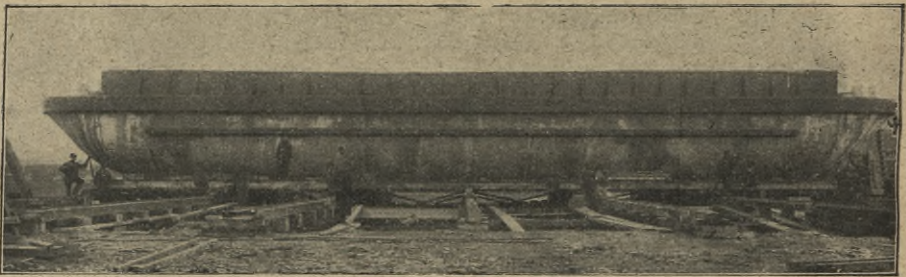


Abb. 57. Eisenbetonschiff von 500 Tonnen in Baltimore.

12,5 cm. Durch eine Schar von Quer- und Längsbalken ist die Wand in Quadrate unterteilt, deren jedes ungefähr  $2,15 \times 2,15$  m groß ist. Die Bewehrung liegt dementsprechend in zwei Richtungen, die winkelnrecht zueinander sind.

Als Amerika anfang, am Kriege teilzunehmen, begann man dort eine große Menge Schiffe zu bauen, und es ist für diejenigen, die dem Eisenbetonschiffbau eine Zukunft vorausgesagt haben, gewiß erfreulich gewesen zu hören, daß in das erste Flottenprogramm auch der Bau von 25 Eisenbetonschiffen aufgenommen ist. Diese sollen bereits in diesem Jahre zur Fahrt kommen, und es wird dann vielleicht möglich sein festzustellen, ob sie den Torpedos besser Widerstand leisten als eiserne oder hölzerne Schiffe. Durch den Einbau je eines zweckmäßig angeordneten Systems wasserdichter Schotten, die zusammen mit der Haut ein monolithisches Ganzes ausmachen, würde

\*) Cement Age 1911, Vol. 13, Nr. 3.

\*\*) Engineering News 1913, 6. März.



ein U-Boot doch vielleicht mehrere Volltreffer geben müssen, bevor es ein solches Boot zum Sinken bringt.

Uebrigens ist über den Bau dieser Schiffe wenig bekannt. Das größte Eisenbetonschiff ist in den Jahren 1917/1918 (von Ende August bis Anfang März) in der Nähe von San Francisco nach den Plänen von Alan Mac Donald und Kahn gebaut worden. Es ist im März d. J. mit sehr gutem Erfolg vom Stapel gelaufen\*) und hat nach einer fünf-tägigen Küstenfahrt bei stürmischem Wetter seine guten Eigenschaften

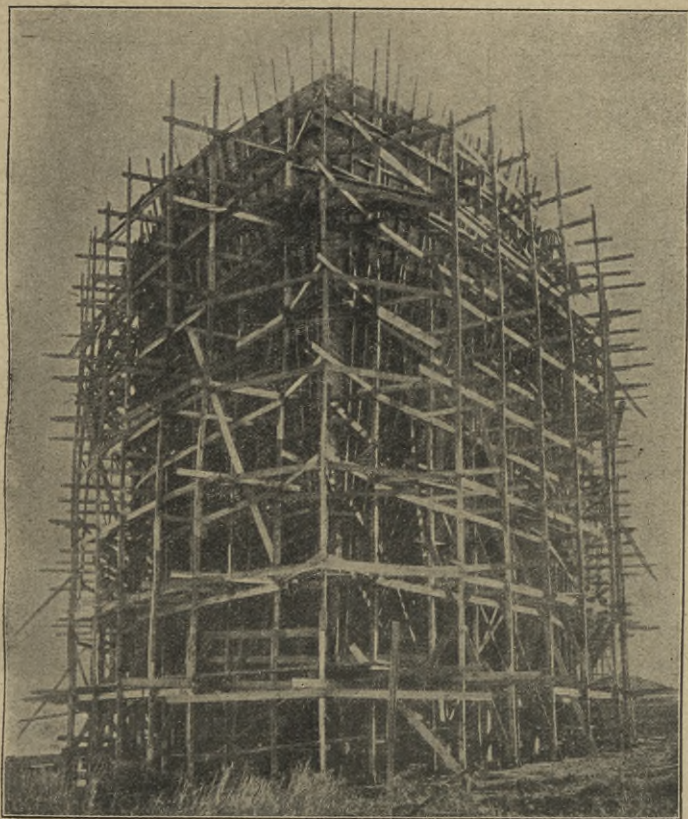


Abb. 58. Eisenbetonschiff von 7900 Tonnen, Bauweise Alan Mac Donald und Kahn. Außenschalung am Vordersteven mit Baugerüst.

glänzend gezeigt. Das Schiff ist 102,50 m lang, 13,70 m breit und 9,50 m hoch bis Oberdeck. Die Wasserverdrängung beträgt 7900 Tonnen, die Ladefähigkeit bei einer Eintauchung von 8,30 m 5000 Tonnen. Das Schiff hat eine Dreizylinder-Expansionsmaschine von 1750 PS., mit der eine Geschwindigkeit von 10 Knoten erreicht

\*) Concrete and Constructional Engineering 1917, Vol. XII, Nr. 9, u. 1918, Vol. XIII, Nr. 3.



wird. Die Haut ist etwa 15 cm dick, wobei (nach Zeitungsnachrichten) die Bewehrungsseisen miteinander verschweißt werden (vergl. auch Seite 57, Bauweise Marelle, Marseille). Die Abb. 58 bis 60 zeigen das Schiff im Bau. Als Eigentümlichkeit sei erwähnt, daß das Gewicht der Haut geringer ist als das Gewicht der Haut eines hölzernen Schiffes von derselben Ladefähigkeit, so daß meine frühere Vermutung, daß bei größeren Eisenbetonschiffen das

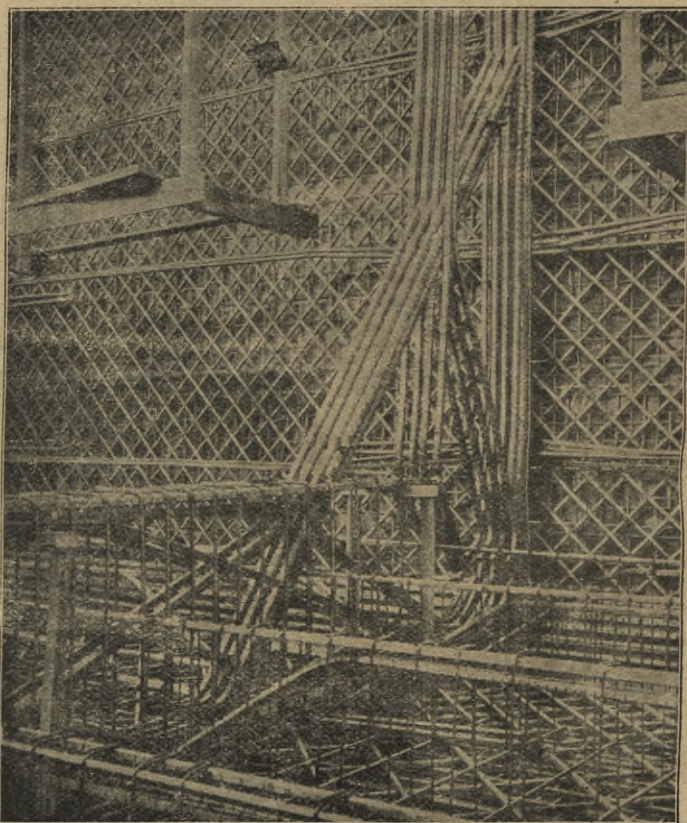


Abb. 59. Eisenbetonschiff von 7900 Tonnen, Bauweise Alan Mac Donald und Kahn. Bewehrung der Spanten und der Haut.

Eigengewicht im Vergleich zu dem hölzernen und eisernen Schiffe nicht schlecht abschneiden werde, der Wahrheit schon sehr nahe kommt.

Als weitere Eigentümlichkeit diene noch die Angabe, daß das Gewicht der Bolzen bei hölzernen Schiffen für die Bewehrung eines Eisenbetonschiffes derselben Ladefähigkeit ausreichen würde. Es werden jetzt in Amerika noch drei so große Schiffe gebaut. In Kanada wird ein Schiff von 3000 Tonnen gebaut, das



noch in diesem Sommer seine erste Reise über den Ozean machen soll. \*)

Die Amerikaner bauen in der letzten Zeit ihre Eisenbetonschiffe ganz anders als wir in Europa. Dort findet man mehr eine Vereinigung von Eisen- und Betonbau, insofern, als die Spanten aus steifen Eisenprofilen hergestellt werden, die in die Betonkonstruktion aufgenommen werden, wobei die Haut aus gewöhnlichem Eisenbeton besteht, mit dem Unterschiede, daß im allgemeinen nur sparsam Rundeisen gebraucht wird, dagegen weit mehr besondere Drahtgitter und besonders gewalzte Stabformen zur Verwendung gelangen. Die hohen Arbeitslöhne in Amerika haben mehr als in

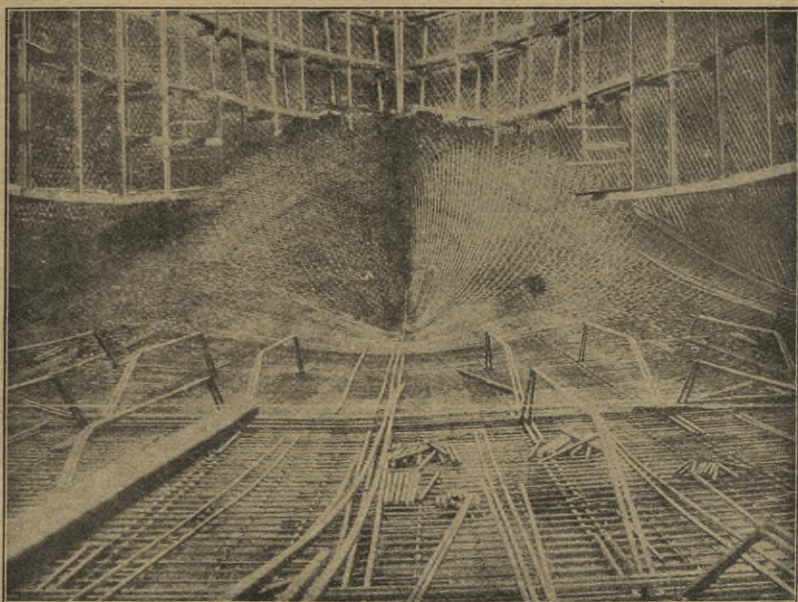


Abb. 60. Eisenbetonschiff von 7900 Tonnen, Bauweise Alan Mac Donald und Kahn.  
Bewehrung des Bodens.

den Ländern Europas den Ingenieuren Veranlassung gegeben, sich nach Arbeitsverfahren umzusehen, die in dieser Richtung Ersparnisse ermöglichen. Einige dieser Art neuerdings bekannt gewordene Bauweisen sollen in folgendem noch kurz erörtert werden.

#### Bauweise Carl Weber (Chicago).\*\*)

Carl Weber hat im Frühjahr 1917 eine Arbeitsweise angegeben, die in verschiedener Hinsicht von den bis jetzt gebräuchlichen abweicht. Die Spanten werden nicht mehr mit einer Bewehrung

\*) Concrete and Constructional Engineering 1917, Vol. XII, Nr. 9.

\*\*\*) Concrete and Constructional Engineering 1917, Vol. XII, Nr. 11.



aus Rund- oder Quadrateisen versehen, sondern sie werden gerade, wie dies im Eisenschiffbau gebräuchlich ist, aus Profileisen hergestellt (Abb. 61).

Die Spanten werden an verschiedenen Stellen in gewöhnlicher Weise durch Profileisen aneinander gekuppelt, z. B. durch Flach-, Winkel- oder L-Eisen. Auf diese Weise entsteht ein eisernes Gerippe.

Die Spanten und Kupplungen werden leicht und einfach ausgebildet, da sie nur dazu bestimmt sind, in der Konstruktion die Zugspannungen aufzunehmen. Auf diesem eisernen Gerippe wird nun erst ein sehr feines Drahtgitter gespannt und darauf ein Netzwerk leichter eiserner Stäbe oder eine Bewehrung von Streckmetall oder etwas ähnliches angebracht. Das Ganze wird nun mittels des Spritzverfahrens unter Benutzung von Druckluft mit Beton ausgefüllt. Die Haut, die Balken und alle übrigen Teile werden in derselben Weise betoniert, so daß man schließlich ohne irgendeine Hilfskonstruktion ein monolithisches Ganzes erhält. Die hölzerne Schalung kommt dabei also völlig in Wegfall. Der zu diesem Zwecke gebrauchte Beton muß von außerordentlich guter Qualität sein.

Wenn die Schute in dieser Weise betoniert und genügend er-

härtet ist, wird sie maschinell glatt verputzt, und zwar durch umlaufende stählerne Räder, die durch Druckluft getrieben werden. Wenn nach diesem Bauverfahren das Gewicht der Schuten nicht zu groß wird, was vielleicht zu befürchten sein dürfte, dann hat das Verfahren wohl eine gewisse Zukunft. Schiffe nach diesem Verfahren sind, soweit ich weiß, noch nicht gebaut worden.

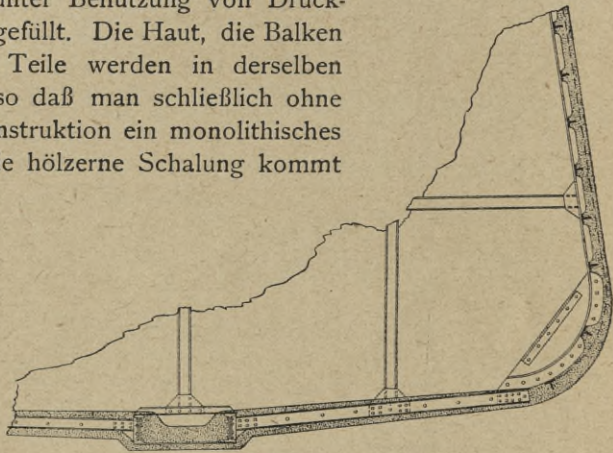


Abb. 61. Herstellung der Spanten nach Bauweise Carl Weber, Chicago.

#### Bauweise E. Lee Heidenreich (Kansas-City).\*)

Heidenreich hat einen Vorschlag für den Bau eines Schiffes von 5000 Tonnen Ladefähigkeit gemacht. Dieses Schiff, dessen Querschnitt in Abb. 62 dargestellt ist, besteht aus fünf lotrechten Längsschotten (unter Einrechnung der Wände) und aus drei wagerechten Längsschotten, von denen zwei den doppelten Boden

\*) Concrete and Constructional Engineering 1917, Vol. XII, Nr. 11.



bilden. Ferner werden die nötigen wasserdichten Querschotten angebracht.

Der ganze Bau ist auf die Erwägung gegründet, daß wo möglich alle Belastungen durch **T**-Träger aufgenommen werden.

Das entworfene Schiff ist ungefähr 105 m lang, 15 m breit und 9,5 m hoch. Die Wände sind mit 15 cm Dicke geplant. Das Eigentümliche der Bauweise liegt in den gerade emporragenden Wänden, wodurch es möglich ist, alle Wände gleichzeitig mittels einer verstellbaren hölzernen Verschalung in einzelnen durch wagerechte Ebenen begrenzten Teilen herzustellen, wie in der Abb. 62 angegeben.

Man hat hier also eine Form, die aus der zu befolgenden Arbeitsweise abgeleitet ist, was nach meiner Ansicht nie zu einem

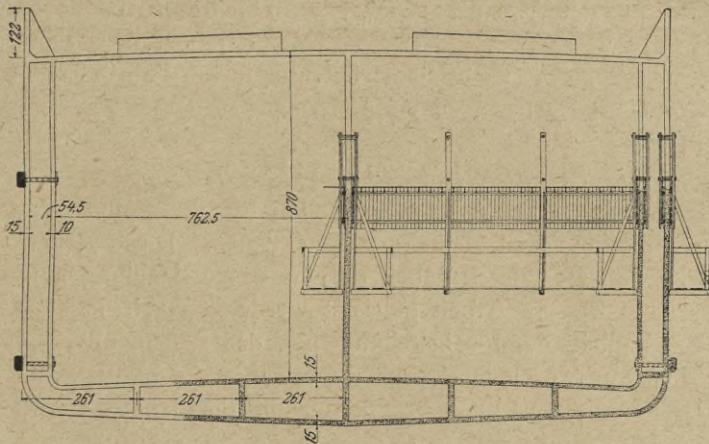


Abb. 62. Eisenbetonschiff von 5000 Tonnen, Bauweise E. Lee Heidenreich (Kansas City). Querschnitt.

guten Erfolge führen kann. Vielmehr muß man von einer anerkannt guten Form ausgehen und dafür das geeignetste Arbeitsverfahren suchen.

### Skandinavien.

In Skandinavien hat der Bau von Betonschiffen einen solchen Aufschwung genommen, daß die verschiedenen Schiffswerften mit Aufträgen überhäuft sind und die Reedereien zur Abkürzung der Lieferfristen sogar versuchen, ihre Bestellungen in anderen Ländern unterzubringen. Besonders in Norwegen ist der Bau von Eisenbetonschiffen mit fieberhafter Eile in die Hand genommen worden.

Im Jahre 1913 wurde das erste Eisenbetonfahrzeug durch die Porsgrund Cementstøperie in Porsgrund gebaut.\*) Es war dies ein Ponton für eine Brücke der Gemeinde Porsgrund. Die Länge betrug

\*) Teknisk Ukeblad 1917, Nr. 32.



16 m, die Breite 5 m und die Höhe 2,20 m. Die Wand war 5 cm dick. Der Ponton wurde nicht verputzt, da er schon ohne Putz wasserdicht war.

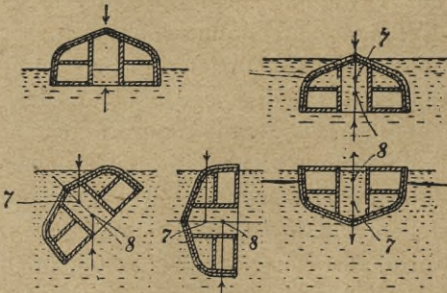


Abb. 63.  
Patentzeichnung zur Bauweise Alfsen.

Die Betonierung geschah dadurch, daß man zwischen die Schalung wasserdichten Mörtel goß.

Mit dieser Ausführungsweise hat man aber keine angenehmen Erfahrungen gemacht, und daher beschloß die Porsgrund Cementstøperie im Jahre 1916, ihr Aktienkapital für den Bau eines 200-Tonnen-Schiffes nach dem Patente ihres Fabrikdisponenten, Ingenieur Harald Alfsen, zu vergrößern.

#### Bauweise Alfsen.

Ingenieur Harald Alfsen hatte den Einfall, Betonschiffe umgekehrt, mit dem Kiel nach oben, zu bauen. Diese Arbeitsweise hat viele Vorzüge, denn dabei ist nur eine Schalung notwendig und es kann bessere Arbeit geleistet werden. Auch in bezug auf die Schnelligkeit der Fertigstellung hat das Bauen mit dem Kiel nach oben nur Vorteile.

Es kommt aber nunmehr darauf an, die Schute zu wenden,



Abb. 64. Eisenbetonschiff, Bauweise Alfsen, während des Baues.



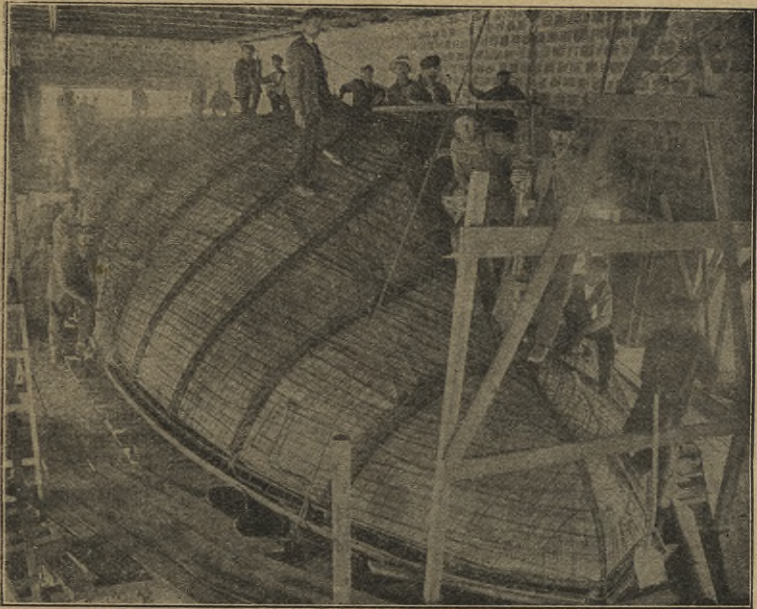


Abb. 65. Eisenbetonschiff, Bauweise Alfsen, während des Baues.

so daß sie in ihrer Gebrauchslage ins Wasser gelangt. Diese Aufgabe hat Ingenieur Alfsen in genialer Weise dadurch gelöst, daß er die Schute sich selbsttätig im Wasser drehen läßt, indem er dazu die Lufträume im Vorschiff und im Hinterschiff verwendet.

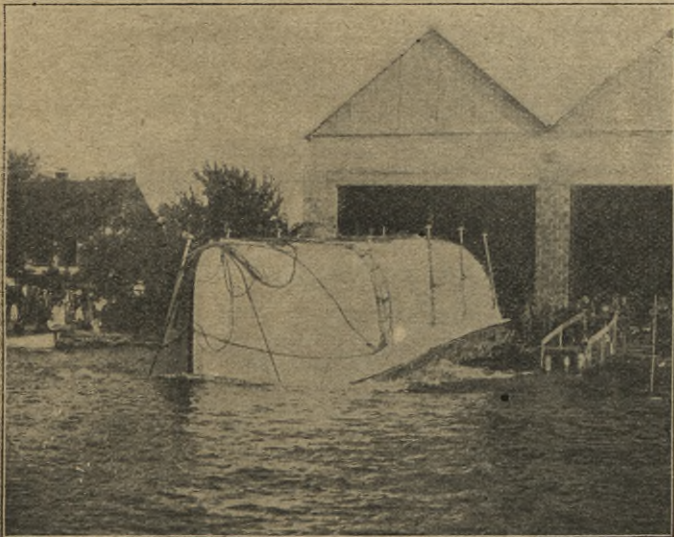


Abb. 66. Eisenbetonschiff von 200 Tonnen, Bauweise Alfsen. Stapellauf.



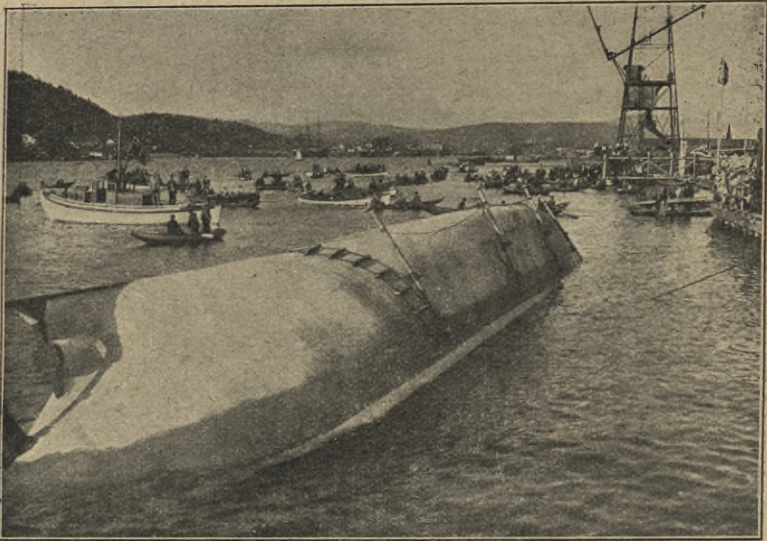


Abb. 67. Eisenbetonschiff von 200 Tonnen, Bauweise Alfsen. Stapellauf.

Die Patentzeichnung (Abb. 63\*) läßt erkennen, wie das Verfahren vor sich geht. Das Schiff gelangt im Wasser aus dem statischen in das labile Gleichgewicht und muß daher von selbst wieder das stabile Gleichgewicht gewinnen. Die Drehung findet also selbsttätig

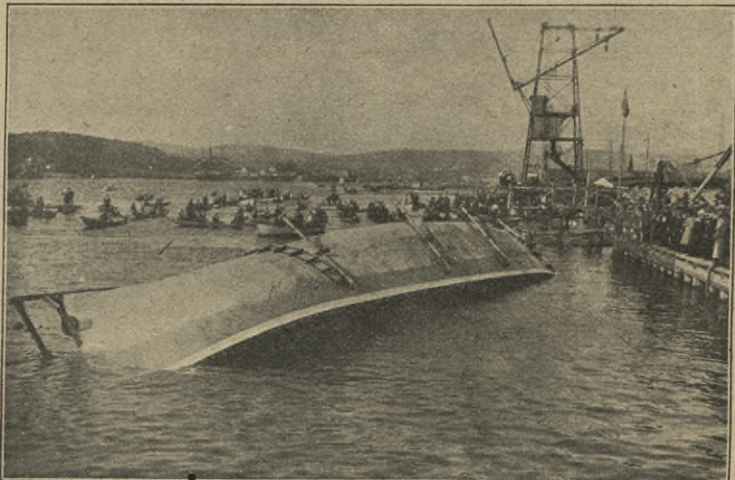


Abb. 68. Eisenbetonschiff von 200 Tonnen, Bauweise Alfsen. Stapellauf.

im Wasser statt. Das Schiff wird auf der Helling auf einen Schlitten gebaut, der mit ins Wasser läuft und sich daselbst von ihm löst.

\*) Beton u. Eisen 1918, Heft 1, S. 6.



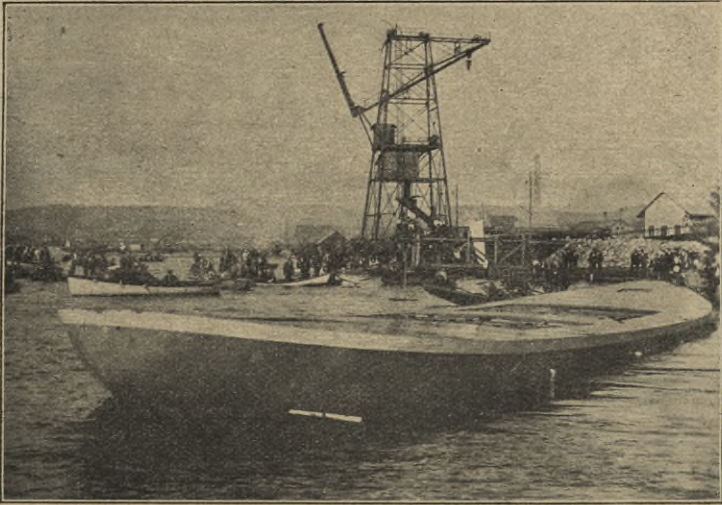


Abb. 69. Eisenbetonschiff von 200 Tonnen, Bauweise Alfsen. Stapellauf.

Die Abb. 64 u. 65 zeigen die Art der Herstellung. Abb. 66 bis 70 lassen den Stapellauf des Schiffes von 200 Tonnen erkennen.

Den von den Ingenieuren Bonde u. Norman in Christiania entworfenen Schiffsplan findet man in Abb. 71. Leider hat sich das

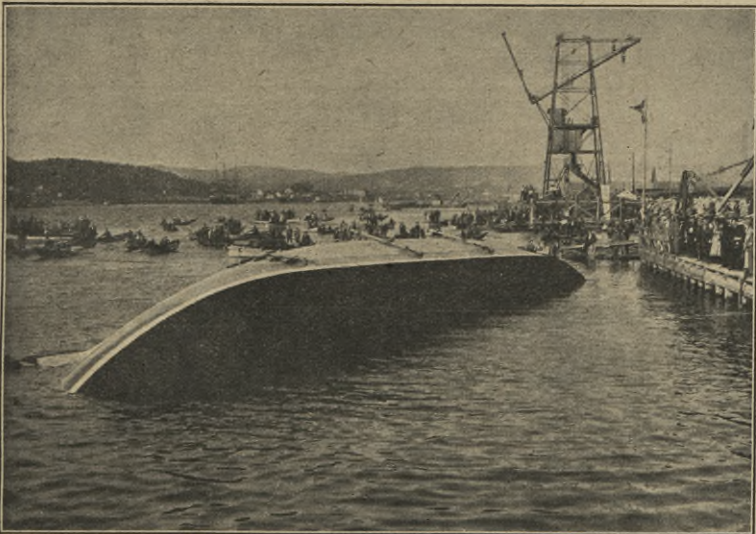


Abb. 70. Eisenbetonschiff von 200 Tonnen, Bauweise Alfsen. Stapellauf.

zweite Schiff von Alfsen nicht gedreht. Der Schlitten, der von einer neuen Bauart war, löste sich nicht, weil er bei dem starken Frost festgefroren war. Das Schiff hätte sich vielleicht dennoch







gedreht, wenn man nicht mangels an Erfahrung die Ausführung der Drehung zur Hälfte gehemmt hätte.

Die Bauweise Alfsen findet in Norwegen vielfache Anwendung und ist dort sehr verbreitet.

Auf vielen Werften kann dieses Verfahren nicht benutzt werden, weil dafür eine Tiefe vor der Helling vorhanden sein muß, die ungefähr gleich der Breite der Schute ist. Ferner läßt sich nach dem Inswasserlassen, wobei verschiedene Teile der Wände auf beiden Seiten naß werden, nicht gut nachprüfen, ob die Wände überall gut wasserdicht sind und ob sie keine porösen Stellen oder Leckstellen haben, die sofort ausgebessert werden müssen.

Nicht weniger als sieben Schiffswerften haben den Bau von Schiffen in Angriff genommen. Die meisten bauen Schiffe bis 1000 Tonnen, während Pläne und Entwürfe für Schiffe von 3000 Tonnen und mehr vorliegen.

Die erste Firma, die in Norwegen einen Versuch mit größeren Entwürfen machte, war die Fougner-Staal-Beton Skibsbygnings-compani A. S., Christiania.

#### Bauweise Fougner.

Fougner baute im Jahre 1915 in Manila eine Schute, „Buccaneer“ genannt, für die Philippine Tobacco Company. Diese war 30 Fuß lang, 12 Fuß breit und 5 Fuß 6 Zoll hoch. Die Bodendicke beträgt 2 bis  $3\frac{1}{2}$  Zoll, die Wände sind im Mittel  $2\frac{1}{2}$  Zoll dick. \*)

Danach gründete er am 11. Mai 1916 in Norwegen die Gesellschaft Fougner-Staal-Beton Skibsbygningscompani, die mit großer Tatkraft, vielleicht unterstützt durch das Bestreben Englands, den unzureichenden Schiffsraum um jeden Preis zu ergänzen, daran gegangen ist, wirklich kühne Bauten herzustellen und so den Nachweis zu liefern, daß man trotz des höheren Eigengewichts brauchbare Ergebnisse zu erzielen imstande ist.

Mit dem Bau seiner ersten Schiffe ist Fougner nicht glücklich gewesen. Die erste Schute, die diese neue Firma nach Stockholm lieferte, womit zugleich die erste Eisenbetonschute in Schweden eingeführt wurde, ist auf ihrer Fahrt nach Stockholm im Göte-Kanal ohne Ladung durch fehlerhaftes Manövrieren auf einen Felsen gestoßen und hat dabei zwei etwa  $60 \times 40$  und  $40 \times 30$  cm große Löcher erhalten. \*\*) Die Löcher konnten jedoch ziemlich schnell wieder ausgebessert werden, so daß das Schiff jetzt in Stockholm Dienst versieht. Die Länge des Schiffes beträgt 19,2 m, die Breite 6,4 m und die Tiefe 2,30 m.

\*) Teknisk Tidskrift, Skeppsbyggnadskonst 1916, Heft 6.

\*\*) Die Abbildung des verunglückten Schiffes findet man in den „Svenska Family-Journalen“ Nr. 42, Sonntag, 22. Oktober 1916.



Ein zweites Schiff, das nach Stockholm geliefert wurde, hat dieselben Abmessungen.\*) Auch dieses Schiff war, wie das erste, zu schwach gebaut. Es erhielt ein Leck und konnte nur so notdürftig ausgebessert werden, daß es den größten Teil seiner Tragfähigkeit einbüßte und nur noch als Lagerschiff Dienst tun kann.

Der 100-Tonnen-Prahm, den Fougner nach Göteborg geliefert hat, besitzt ein Eigengewicht von 70 Tonnen; das ist viel mehr als das Gewicht einer eisernen Schute von derselben Ladefähigkeit, so daß man daraus den Schluß ziehen kann, daß der Baustoff nicht überall zweckmäßig angebracht worden ist.



Abb. 72. Eisenbeton-Motorschiff „Namsenfjord“, Bauweise Fougner.

Fougner hat bis jetzt eine große Menge Prahme und Schiffe hergestellt, auch ein Motorschiff „Namsenfjord“ (\*\*\*) mit doppeltem Boden (Abb. 72 u. 73). Die Hauptabmessungen dieses Motorschiffes sind  $24,40 \times 6,10 \times 3,50$  m, der Bolindermotor hat 80 PS. (\*\*\*) Weiter soll Fougner schon Bestellungen auf Schiffe von 1000 bis 3000 Tonnen haben, auch hat er schon ein Eisenbetonschwimmdock gebaut. †) Es ist bedauerlich, daß diese unternehmungslustige Firma keine

\*) Beton u. Eisen 1916, Heft 17/18; Abbildung in Beton u. Eisen 1917, Heft 1.

\*\*) Beton u. Eisen 1918, Heft 1.

\*\*\*) Teknisk Ukeblad 1917, Nr. 39.

†) Concrete and Constructional Engineering 1918, Vol. XIII, Nr. 1.



Einzelheiten über ihre Bauweise veröffentlicht hat, so daß man nicht beurteilen kann, wodurch die vielen Fehlschläge, die sie zu verzeichnen hatte, entstanden sind. Im übrigen sind Fehlschläge, wenn man die Schiffe so schwach als möglich baut, nicht zu umgehen.

Dr. F. von Emperger, der eine Studienreise nach Norwegen machte, um dort den Bau von Eisenbetonschiffen zu besichtigen, schreibt in *Beton u. Eisen* 1918, Heft 1, daß die Werft von Fougner in Moos eine ganze Reihe von Havarien zu verzeichnen gehabt hat. Leider werden diese für die Allgemeinheit so lehrreichen Vorkommnisse aus begreiflichen Geschäftsrücksichten der Öffentlichkeit vor-

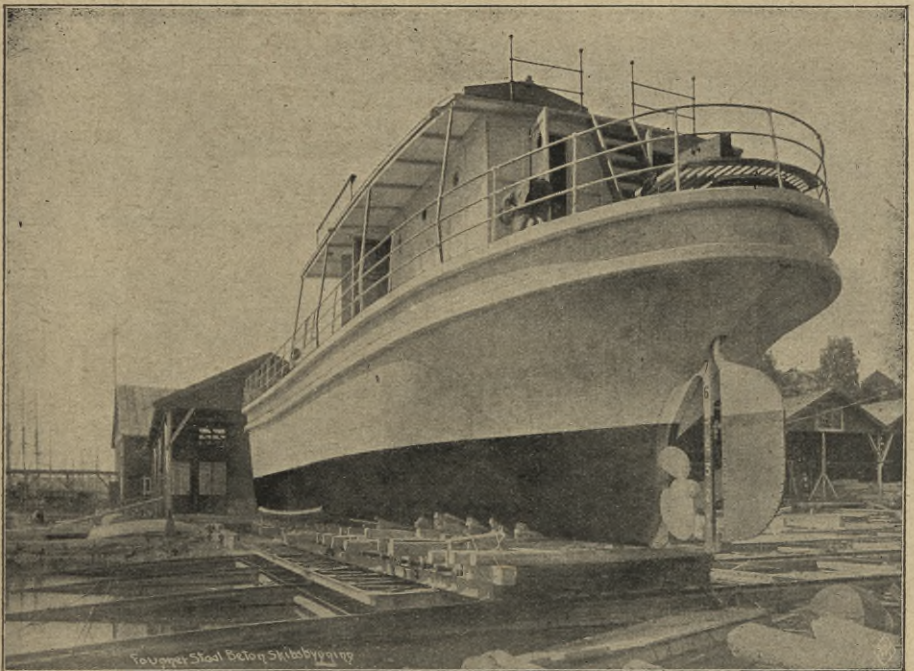


Abb. 73. Eisenbeton-Motorschiff „Namsenfjord“, Bauweise Fougner.

enthalten. So wird zwar zugestanden, daß das vorerwähnte Schiff, der „Namsenfjord“, aufgefahren ist und ein Leck erhalten hat, aber weitere Einzelheiten darüber werden streng geheim gehalten. Im Hafen von Christiania konnte Dr. von Emperger zwei Leichter derselben Firma besichtigen, deren einer durch Anfahren stark beschädigt war und insbesondere in einer Zerstörung an der Innenseite der Rippe ein offenkundiges Merkmal dafür zeigte, daß er den bei dem beabsichtigten Gebrauch vorkommenden übergroßen Anstrengungen nicht immer gewachsen war, also wenigstens an dieser Stelle zu schwach konstruiert gewesen ist.



Es ist zu hoffen, daß den ersten Versuchen von Fougner eine große Reihe kühner Bauten folgen werden.

Außer Alfsen und Fougner beschäftigen sich in Norwegen noch mit dem Eisenbetonschiffbau:

Mek. Verksted in Fredriksstad vereinigt mit Jernbetonskibsbyggeriet A/S Greaker, A/S Betonbyg in Killingen bei Christiania, Vestlendske Betonbaatbyggerie in Bergen und die Stavanger Cementvarefabrik in Stavanger.

In **Dänemark** hat der Eisenbetonschiffbau nicht solche großen Fortschritte gemacht. Man ist dort äußerst vorsichtig vorgegangen. Im Jahre 1911 soll von der Dansk Beton Bjaelke Co. eine

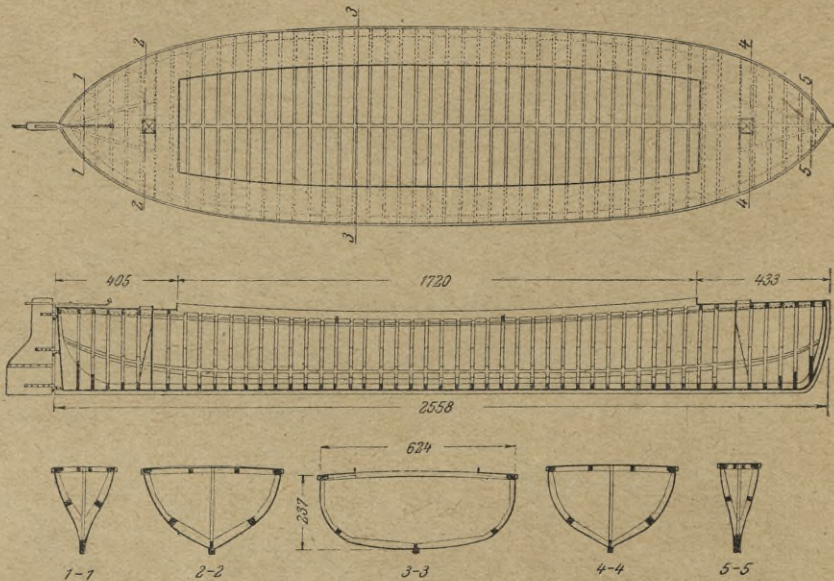


Abb. 74. Eisenbetonschiff von rd. 200 Tonnen, Bauweise des Verfassers.

Schute\*) und auch eine Reihe Pontons gebaut worden sein, die aber bei einem Sturm verunglückt sind.

Zur Zeit werden in Kopenhagen durch die Firma Christiani & Nielsen und die Jernbetonkonstruktions Compagnie Danalith Schiffe gebaut. Letztere soll auch einen Schoner mit Hilfsmotor bauen.

Eigentümlich ist, daß in Dänemark durch eine Regierungskommission vorläufige Bestimmungen für den Bau von Probeprahmen bis zu etwa 100 Tonnen entworfen worden sind, denen zufolge Eisenbetonschiffe wie Eisenbetonbehälter konstruiert werden sollen. Es ist in diesem Zusammenhange zu erwähnen, daß ein von

\*) Technische Rundschau, Beilage des „Berliner Tageblatt“, 1912, Nr. 39.



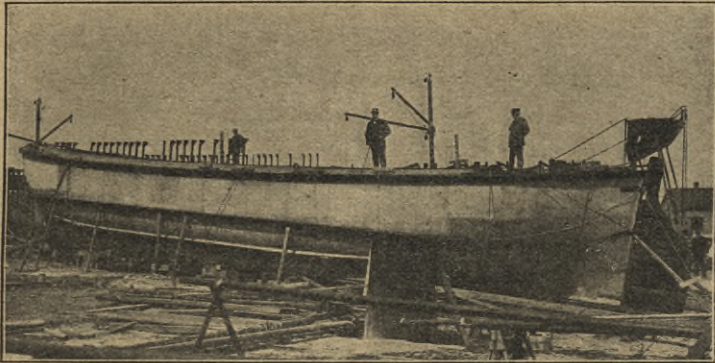


Abb. 75. Eisenbeton-Prahm, Bauweise des Verfassers.

Schiffbaufachleuten dort vorgelegter Entwurf für ein Eisenbetonschiff von 200 Tonnen Tragfähigkeit, unter Beachtung der seiner Zeit für den genannten Probeprahm festgesetzten Gesichtspunkte umgearbeitet, eine Tragfähigkeit von — 70 Tonnen besessen hätte, d. h. einfach unbelastet untersinken würde!\*)

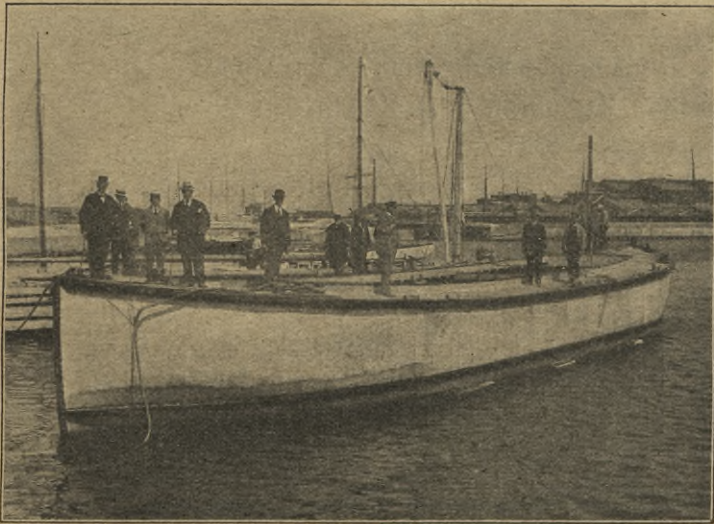


Abb. 76. Eisenbeton-Prahm, Bauweise des Verfassers.

In **Schweden** beschäftigen sich zwei Firmen mit dem Bau von Eisenbetonschiffen, die Skånska Cementgjuteriet in Stockholm und Malmö und die Armerad Beton in Malmö. Die letztere befindet sich jedoch erst im Stadium der Vorarbeiten.

Die Skånska Cementgjuteriet hat in Malmö ihr erstes Schiff nach meinen Plänen gebaut. Es hat ein Ladevermögen von mehr

\*) Beton u. Eisen 1918, Heft 1.



als 200 Tonnen. Die Länge beträgt 25,50 m, die Breite 6,24 m und die Höhe von Oberkante Kiel bis Oberkante Verdeck beim Hauptspant 2,37 m. Die Hautdicke beträgt 3 bis 4 cm\*) (Abb. 74).

Besonderer Wert wurde dabei auf eine leichte Bauart gelegt. Das Gewicht der reinen Eisenbetonkonstruktion, also ohne Poller, Ruder usw. beträgt 70 Tonnen. Die Eisenbewehrung hat ein Gewicht von 10230 kg. Beim Bau des Prahmes haben wir große Schwierigkeiten gehabt, da die Betonierungsarbeiten mitten im Winter stattfanden und ein strenger Frost die Arbeit während eines langen Zeitraumes unmöglich machte. Um diese dünnen Wände einwandfrei herzustellen, mußte man teure Vorkehrungen treffen, um einen so gefährlichen Feind wie den Frost vom Beton abzuhalten. Der Prahm ist dadurch teurer geworden als vorher veranschlagt war. Ein anderer Umstand war der, daß die schwedischen Arbeiter noch nicht genügende Erfahrung hatten, um die Bewehrung für Schiffsgefäße billig herzustellen.

Ungeachtet dieser Schwierigkeiten ist der Erfolg ein durchaus günstiger. Der Prahm ist im Juni 1917 vom Stapel gelaufen und zeigte sich vollständig wasserdicht. Er sieht, wie die Abb. 75 u. 76 zeigen, sehr schmuck aus.

### **Bekleidung von alten Schiffen mit Eisenbeton. Neues Verfahren zum Bauen von Eisenbetonschiffen.**

Schon im Jahre 1909 wurde in Amsterdam ein kleines Boot aus Eisenbeton gebaut (Abb. 77). Dieses Boot, die „Juliana“, ist in eigentümlicher Weise entstanden. Es ist nämlich jahrelang ein hölzernes Boot gewesen, aber schließlich war es so angefault und beschädigt, daß es nicht länger gebraucht werden konnte. Es wurde dann auf die Helling gezogen und an der Außenseite mit einem Netzwerk aus Stäben von 6 mm Maschenweite  $5 \times 5$  cm und einem feinen Drahtgitter überzogen und nachher mit einem 4 cm starken wasserdichten Mörtel verputzt. Die alte hölzerne Schute diente also als Schablone für die neue Schute. Die Probe ist ausgezeichnet gelungen, hat aber den einen Nachteil, daß es schwierig ist, die alte hölzerne Schute aus dem neuen bewehrten Rumpf zu entfernen. Deshalb wurde das Holz nur soweit herausgeholt, als dies in bequemer Weise möglich war; das übrige wurde an seinem Platze belassen und durch eine neue innere Bezimderung maskiert. Dies hatte zur Folge, daß das Eigengewicht der Schute ziemlich groß ausfiel und diese dadurch an Ladefähigkeit einbüßte.

Dieses Arbeitsverfahren zur dauerhaften Ausbesserung alter verfallener Schuten durch eine Bekleidung verdient Empfehlung für

\*) Beton u. Eisen 1918, Heft 2.



kleine Schuten, da seine Kosten gering sind. Für größere Schuten kann es nicht so leicht verwendet werden, da die Ausführung zu schwierig wird.

Das Studium der Frage, ob es möglich sein würde, auch größere hölzerne Schuten dadurch wieder dauernd brauchbar zu machen, daß man sie mit einer wasserdichten Betonhaut umkleidet, führte mich dazu, ein Ausführungsverfahren auszudenken, das auch die Möglichkeit gibt, gute und billige Eisenbetonschiffe zu bauen. Die Frage ist dringlich, da es in den meisten kriegführenden Ländern eine Menge hölzerner Schiffe gibt, die unbrauchbar geschossen sind, oder dadurch, daß sie lange nicht verwendet wurden, nicht mehr für die Fahrt geeignet sind.

Dieses zum Patent angemeldete Bauverfahren soll hier näher erklärt werden.

Alte hölzerne und eiserne Schiffe, welche die Kosten der Wider-

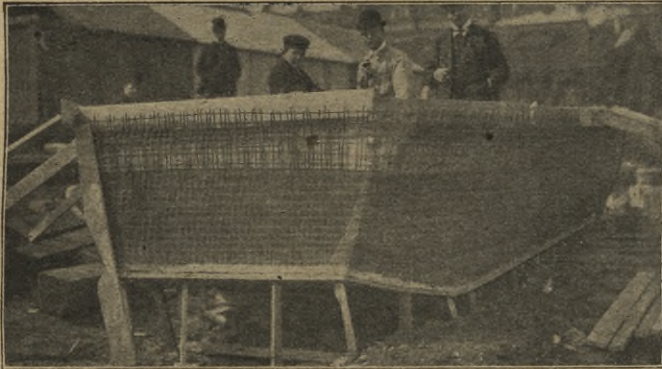


Abb. 77. Eisenbetonschute „Juliana“.

herstellung nicht lohnen, können wieder eine fast unbeschränkte Lebensdauer dadurch bekommen, daß sie mit einer wasserdichten bewehrten Betonbekleidung versehen werden. Das Anbringen dieser Bekleidung hat aber große Schwierigkeiten, und zwar sowohl wegen der Anbringung der Bewehrung als auch wegen des Putzes der neuen Haut, da es viele Stellen gibt, die nicht gut erreicht und bearbeitet werden können, was zur Folge hat, daß das Ergebnis unsicher wird. Nur ganz kleine Schaluppen und Schuten können so leicht behandelt werden, indem man sie umdreht. Es ist daher unbedingt nötig, daß auch große Schuten mit dem Kiel nach oben bearbeitet, gegossen und verputzt werden. Die Frage ist aber: Wie kann man das Schiff umdrehen, um die Bekleidung anzubringen, und wie bringt man es wieder in die richtige Stellung? Zu diesem Zweck wird nun nach meiner Arbeitsweise die Schute, nachdem sie in der wagerechten Lage auf die Helling gebracht ist, in zwei oder mehr



Ringe geklemmt. Nachdem diese Ringe so aufgestellt sind, daß der Schwerpunkt des Schiffes ungefähr mit dem Mittelpunkte der Ringe zusammenfällt, werden sie von Rädern gestützt, die an beiden Seiten der Ringe angebracht werden (Abb. 78).

Das Schiff kann nun leicht um seine Längsachse gedreht werden. Die dazu erforderliche Kraft ist sogar sehr gering, und selbst wenn die Exzentrizität des Schiffes ziemlich groß wird, kann dadurch, daß man eine Winde anwendet, das Umdrehen noch leicht vorstatten gehen. Das Schiff selbst dient dabei als Achse, so daß die Stabilität des Schiffes reichlich gesichert ist. Das Einklemmen findet durch hölzerne Pfosten statt. Wenn man an den Ringen zieht, dreht sich die Schute um und kommt mit dem Kiel nach oben zu liegen; sie kann in jede erwünschte Lage gebracht werden. Man kann nun die Schute überall gut reinigen und die Bewehrung anbringen.

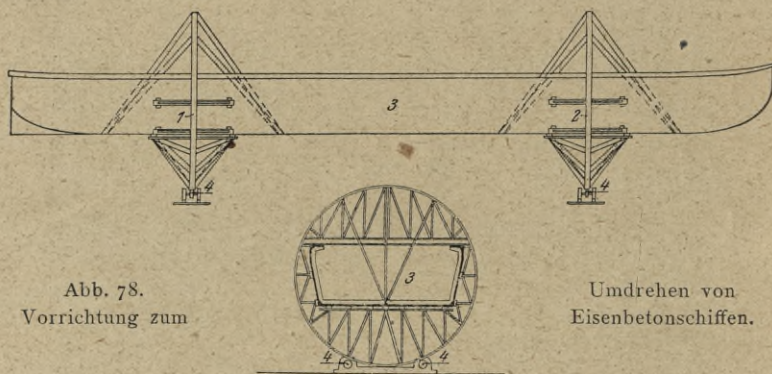


Abb. 78.  
Vorrichtung zum

Umdrehen von  
Eisenbetonschiffen.

Nachdem dieses geschehen ist, kann man mit dem Betonieren anfangen. Entsprechend der Form der Schute kann man jetzt den Beton anbringen als Gußbeton, als Putzbeton oder als Spritzbeton (Zementkanone-Verfahren). Bei einem flachen Boden wird man die Seitenwände betonieren und den Boden gießen können, aber es ist auch möglich, den Boden zu gießen und dann, nachdem dieser erhärtet ist, die Seitenwände zu gießen. In diesem Falle benutzt man die bessere Qualität und bessere Wasserdichtheit des Gußbetons. Man braucht dann nur an einzelnen Stellen vielleicht das Stampf- oder Spritzverfahren zu verwenden.

Schließlich kann auch das Druckluftverfahren in Anwendung kommen, sei es für die ganze Schiffshaut oder für einzelne Teile, die nicht gut aus einem Stück gegossen werden können.

Nachdem die Schute genügend erhärtet ist, dreht man sie wieder in die Gebrauchslage und läßt sie auf die Helling nieder; sie ist dann fertig, um ins Wasser gelassen zu werden.



Durch das Anbringen der Bekleidung ist die Schute gewiß schwerer geworden, bei einer Bekleidung von 3 cm Dicke um etwa  $70 \text{ kg/m}^2$ , so daß sie weniger Tragvermögen hat, aber demgegenüber steht, daß die Schute nun dermaßen verstärkt ist, daß eine Menge überflüssigen Holzes daraus abgetragen werden kann.

Abb. 79 zeigt ein Modell eines Eisenbetonprahms\*) in  $\frac{1}{20}$  der wahren Größe, das in zwei Ringen drehbar ist.

Nach dem oben beschriebenen Arbeitsverfahren können nun auch neue Schiffe mit dem Kiel nach oben gebaut werden. Man kann z. B. mit der Herstellung der inneren Schalung, die auf den Boden abgestützt ist, beginnen und diese Schalung so hoch aufstellen, daß die Ringe später leicht eingepaßt werden können, wobei der Schwerpunkt der Schute ungefähr in der Verbindungslinie beider Ringe liegt. Wenn die Schalung aufgestellt ist, wird die Bewehrung für die Spanten und die Haut angebracht und kann das

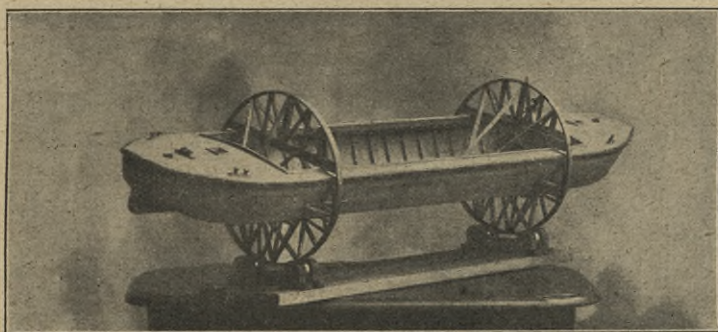


Abb. 79. Modell eines Eisenbetonprahms, in zwei Ringen drehbar.

Schiff betoniert werden. Die Wände werden in diesem Falle betoniert und der Boden gegossen.

Die Verbindung der beiden Betonierungsarten findet bei den Kimmbalken statt. Nachdem die Schute genügend erhärtet und verputzt ist, werden die beiden Ringe angebracht; sie wird in die Gebrauchslage gedreht, und nachher können die weiteren Arbeiten für die wasserdichten Schotten und das Deck verrichtet werden. Es ist auch möglich, das Deck erst zu gießen und nachher die Wände und den Boden herzustellen. In diesem Falle gestaltet sich die Ausführung, namentlich die der Schalung, etwas anders. Ein in ähnlicher Weise gebautes Schiff muß einen guten Längsverband haben, da es sich selbst zwischen den Ringen tragen muß.

Man kann auch eine Schalung anwenden, die sich selbst zwischen den Ringen trägt. Sie kann dann für sich nach Bedarf in den



Ringen gedreht werden, so daß sich die Schute durchweg bequem gießen läßt. Es ist in diesem Falle zu empfehlen, die Spanten aus Profileisen herzustellen, die durch leichte Profile gekuppelt werden. Die Kupplungen müssen so stark sein, daß sie den Längsverband bilden. Die Profileisen der Spanten und Kupplungen sind bestimmt, in die Betonkonstruktion aufgenommen zu werden. Sie können also in sehr einfacher Weise aneinander gebolzt werden. Spanten, Balken und Haut können auch durch eine Bekleidung aus feinem Drahtgitter gebildet werden, worauf dann die erforderliche Bewehrung angebracht wird. Man ist dann imstande, das Schiff ganz ohne Anwendung von Holz zu betonieren, da es in jede gewünschte Lage gedreht werden kann.

Welches von diesen Arbeitsverfahren das billigste ist und den besten Erfolg gibt, wird durch Proben entschieden werden müssen.

Das Verfahren ist sowohl auf einer Längshelling als auf einer Querhelling anwendbar.

### Andere Vorrichtungen zum Umdrehen von Eisenbetonschiffen.

Die Vorteile der Herstellung von Eisenbetonschiffen in der Lage „kieloben“ verlangen entsprechende Vorrichtungen zum Umdrehen der Schiffe beim Stapellauf. Diese Drehungen mit Hilfe maschineller Vorrichtungen auszuführen, ist ebenso schwierig wie kostspielig.

Will man aber auf einfachere Verfahren zurückgreifen, so muß man darauf Bedacht nehmen, daß das Schiff hierbei keine unzulässigen Inanspruchnahmen erfährt.

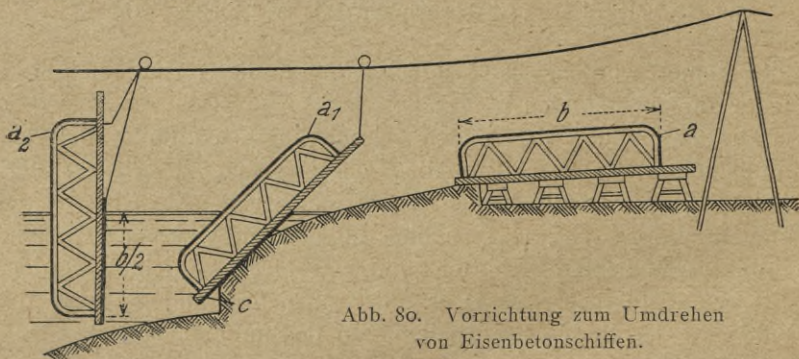


Abb. 80. Vorrichtung zum Umdrehen von Eisenbetonschiffen.

Diesem Bedürfnis entspricht das Verfahren von Alfsen, wobei die Drehung mit Hilfe von wasserdichten Gefäßen nach dem Stapellauf mit Hilfe der so gegebenen Schwerpunktslage selbsttätig erfolgt. Wie schon erwähnt, bedarf dieses Verfahren einer Wassertiefe von nahezu der Breite des Schiffes, die gewöhnlich nicht verfügbar ist.



Um nun auch die Drehung im seichten Wasser ohne schwer beizustellende und kostspielige Hilfsmittel ausführen zu können, hat Dr. Ing. F. von Emperger, Wien, einige Vorschläge gemacht, die in den Abb. 80, 81 und 82 dargestellt sind und die der Vollständigkeit wegen hier kurz näher beschrieben werden mögen.

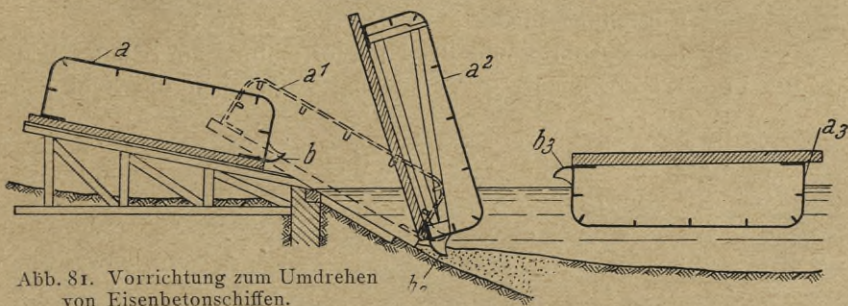


Abb. 81. Vorrichtung zum Umdrehen von Eisenbetonschiffen.

Das erste, in Abb. 80 dargestellte Verfahren besteht darin, bei dem kieloben ins Wasser gleitenden Schiff einen halbseitigen unteren Abschluß bei der Einrüstung anzubringen, um es für die kurze Zeit der Drehung wasserdicht zu erhalten, damit das Schiff seitlich schwimmfähig ist und die Drehung ohne große Kraftanwendung ausführbar wird. Die für diesen Fall nötige Wassertiefe wird auf diese Weise etwa auf die halbe Breite des Schiffes herabgesetzt.

Steht auch diese Tiefe am Werftufer nicht zur Verfügung, so muß man das Schiff gegen die bei der Drehung auftretenden Kräfte durch eine entsprechende Ausgestaltung widerstandsfähig machen, damit eine Drehung bei seitlicher Auflagerung auf einem weichen

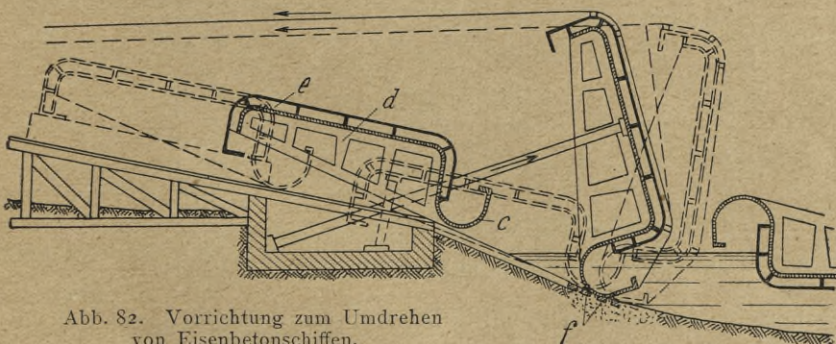


Abb. 82. Vorrichtung zum Umdrehen von Eisenbetonschiffen.

oder sandigen Boden ausgeführt werden kann, der auf Schiffsbreite wagerecht abgeglichen wird.

Zu diesem Behufe wird entweder an dem Schiff selbst oder in Verbindung mit der Schalung seitlich ein Schnabel angebracht, um den sich die Drehung vollzieht. Die nötige Widerstandsfähigkeit der Schiffe während dieses Vorganges wird durch eine entsprechende



Ausfachung erzielt, welche die Verteilung der angreifenden Kräfte auf größere Flächen zur Aufgabe hat.

Die Bewegung wird zunächst durch Hebewinden bewirkt, bis das Schiff hoch genug gehoben ist, um dann durch Seile in seiner Weiterdrehung geregelt zu werden, weil das Schiff durch sein Uebergewicht die Einstellung in die normale Lage anstrebt.

Den Fall der Anbringung der Kragvorrichtung am Schiff selbst zeigt Abb. 81. Zur besseren Versteifung kann auch die Zahl der

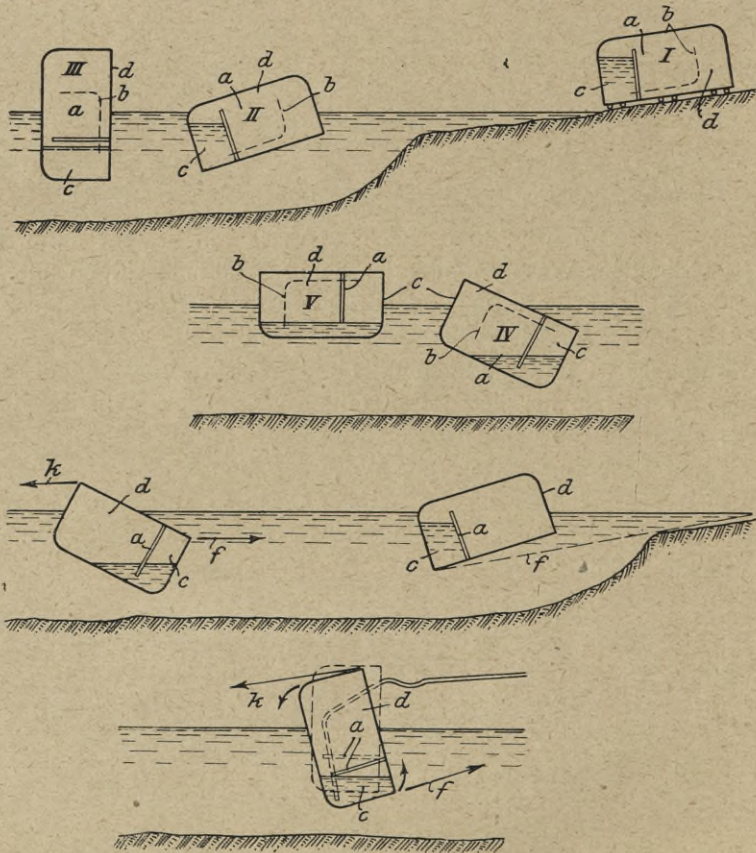


Abb. 83. Vorrichtung zum Umdrehen von Eisenbetonschiffen.

Schotten einstweilig vermehrt werden. Es werden diese Anordnungen gleichzeitig mit dem Schiff fertiggestellt, das Schiff wird gedreht und nach seiner Drehung werden die überflüssig gewordene Ausladung und Schotten je nach Bedarf abgestemmt und die darin enthaltenen Bewehrungen zur Randausbildung oder zum Anschluß an das Schiffsgeländer benutzt.

Bei mehrmaliger Ausführung derselben Schiffstypen empfiehlt es sich, diese Vorrichtung zur wiederholten Benutzung von vornherein



gesondert herzustellen und, wie die Abb. 82 zeigt, ein herausnehmbares Schott mit einem Kragarm in die Rüstung einzubauen. Zum Zwecke der Drehung können die einzelnen Rippen durch darunter gelegte Bretter die nötige Verbreiterung erfahren, damit sie sich nicht zu tief in das weiche Bett eindrücken. Auf diese Weise ist es möglich, die Pressung dieses Wälzelenkes auf 1 bis  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  herabzusetzen und so ein nur leichtes Eindrücken des Schiffskörpers in den Grund sicherzustellen.

Ein anderer Vorschlag zum Umdrehen von Eisenbetonschiffen rührt von den Ingenieuren Andersson und Pira in Malmö her.

Dieses System ist in Abb. 83 dargestellt. Das Schiff wird umgekehrt auf einer Querhelling hergestellt und in der Längsrichtung mit einer wasserdichten Wand versehen. Vor dem Stapellauf wird dieser Raum mit Wasser gefüllt. Nach dem Stapellauf kommt das Schiff selbsttätig auf eine Seite zu liegen und kann dann auf die eine oder andere Weise in die richtige Lage gezogen werden.

Die Zeit muß natürlich lehren, ob mit diesen Vorschlägen Vorteile für die Kosten der Ausführung erreicht werden können. Verfasser glaubt, daß alle Vorschläge an den sehr hohen Kosten der Ausführung scheitern werden und daß sie alle nur für kleine Schiffe angewendet werden können.

Für große Schiffe kommt wohl nur eine Ausführung in normaler Lage in Betracht.



### Dritter Abschnitt.

#### Konstruktion der Eisenbetonschiffe.

Die äußere Form der Eisenbetonschiffe ist mit einigen geringen Ausnahmen genau gleich jener eiserner Schiffe. Hinsichtlich der Hauptabmessungen kann man sich somit durchaus nach dem Muster eiserner Schiffe richten, da diese eine fast ein Jahrhundert lange Entwicklung hinter sich haben.

Es kommt also nur darauf an, irgend eine Form in Eisen in eine Eisenbetonkonstruktion umzubilden. Wollte man aber der Eisenkonstruktion sklavisch folgen, so würde man kein gutes Ergebnis haben; das Schiff würde viel zu schwer werden. Die Eigenschaften von Eisen und Eisenbeton sind so verschieden, daß die Uebertragung der einen Konstruktion auf die andere in vielen Fällen praktisch zu einer Unmöglichkeit führen würde.

Die Spannungen in den verschiedenen Teilen eines eisernen Schiffes sind sehr schwierig zu bestimmen, zumal die Konstruktionen ziemlich verwickelt sind; darum ist man dort meist auf das konstruktive Gefühl angewiesen. Im Laufe der Zeit sind übrigens Normen entstanden, an die sich die meisten Schiffbauer halten. Ganz anders liegt der Fall bei Eisenbeton. Auch hier macht die monolithische Bauweise es zwar schwierig, dem Verlauf der Spannungen zu folgen, aber der Baustoff ist weit mehr zu einem folgerichtig durchdachten konstruktiven Aufbau geeignet, und in vielen Fällen ist es sogar möglich, eine gewisse Einsicht in die Verteilung der Spannungen zu gewinnen. Vom konstruktiven Standpunkte ist also ein Eisenbetonschiff doch etwas ganz anderes als ein hölzernes oder ein eisernes Schiff, und es ist besonders wichtig, daß das Eisenbetonschiff im Vergleich mit den letztgenannten Schiffsgattungen so einfach ist. Die einzelnen Bauteile eines Eisenbetonschiffes werden ganz verschieden von den entsprechenden Bauteilen eines hölzernen oder eisernen Schiffes ausgebildet, und auf dem neuen Gebiete des Schiffbaues findet sich also reichlich Gelegenheit zu neuen konstruktiven Gedanken. Wir werden diese auf den folgenden Seiten einer näheren Betrachtung unterziehen.



In seiner einfachsten Form besteht ein Schiff aus der Haut, verstärkt durch Spanten, und dem erforderlichen Längs- und Querverbände.

### Die Haut.

Bei Betonschiffen macht die Haut mit den Spanten stets ein Ganzes aus; sie wird, wie zuvor bei der Beschreibung der verschiedenen Bau- und Arbeitsweisen erwähnt, meistens zugleich mit den Spanten gegossen oder angetragen.

Im Gegensatz zur hölzernen oder eisernen oder irgendwelcher anderen Plattenkonstruktion bildet mit einigen Ausnahmen (siehe u. a. die Bauweise Lorton, S. 51) eine bewehrte Betonhaut eine einheitliche Fläche; es kommen darin keine Nähte vor. Man muß bei der Ausführung dafür sorgen, daß die Laschen in den verschiedenen Stäben verschließen, da sonst eine ungenügend starke Stelle entstehen könnte.

Wenn bei dem Flechtwerk Stab für Stab ins Werk geflochten wird, dann besteht diese Schwierigkeit nicht. Anders ist es aber, wenn die Hautbewehrung schon im voraus fertig gemacht wird; in diesem Falle muß für Verschließung der Laschen gesorgt werden. Man kann also sagen, daß die Haut eines Eisenbetonschiffes keine schwachen Stellen zeigt. Die Haut muß so dick sein und so kräftig bewehrt werden, daß sie dem Drucke des Wassers widerstehen kann und dabei vollkommen wasserdicht bleibt. Auch hat sie die Aufgabe, die Längsspannungen aufzunehmen. Wir haben schon früher erwähnt, daß die einzelnen Konstrukteure die Hautdicke ganz verschieden wählen. Je größer der Spantenabstand gewählt wird, desto dicker muß die Haut werden. Man darf daher den Spantenabstand nicht zu groß annehmen, da sonst die Haut verhältnismäßig viel zu schwer ausfallen und somit ein bedeutender Teil der Ladefähigkeit verloren gehen würde. Außerdem würden die Schiffe nicht steif genug werden.

Viele Konstrukteure bestimmen die Dicke und die Bewehrung der Haut mit Hilfe der allgemein bekannten Formeln für einfach oder doppelt bewehrte Platten. Die Stützweite der Platte ist dabei die Entfernung zwischen zwei Spanten. Die Anwendung der gewöhnlichen Plattenformeln für die Berechnung der Hautdicke hat aber zur Folge, daß die Haut zu dick wird. Die große Sicherheit, die beim Bau ortsfester Häuser verlangt wird, ist hier nicht erforderlich. Die Hauptsache aber ist, daß die gewöhnliche Theorie bewehrter Betonplatten nicht ohne weiteres als für Platten von 3 bis 4 cm Dicke gültig erklärt werden darf.

Meiner Ansicht nach muß man zunächst durch Versuche im großen ermitteln, welchem Wasserdruck dünne Platten mit ver-



schiedener Bewehrung widerstehen können, um daraus dann für den Einzelfall die das Mindestgewicht ergebende Konstruktion abzuleiten. Der Verfasser hat solche Versuche für Wasserdrücke bis zu 4 m ausgeführt und ist dabei zu der Erkenntnis gelangt, daß durch eine dünne, wasserdichte Betonplatte mit einfacher Bewehrung Wasserdrücke bis zu 4 m ohne Schwierigkeiten aufgenommen werden können.

Für umfangreichere Verwendungszwecke werden aber diese Versuche weiter ausgedehnt werden müssen. Bei Wasserdrücken über 4 m wird wegen der Rücksicht auf Wasserdichtheit die Dicke der Platten etwas vergrößert werden müssen, auch ist dabei eine stärkere Bewehrung oder eine doppelte Bewehrung zu empfehlen.

Bei der Beschreibung der verschiedenen Bau- und Ausführungsweisen haben wir schon die Hautkonstruktionen nach Gabellini und Rüdiger behandelt, wobei hohle Schiffswände angewendet werden. Rüdiger verwendet außerdem eine Art Leichtbeton.

Durch Anwendung von Leichtbeton läßt sich nach Schürch, Straßburg, das Eigengewicht des Schiffes vielleicht unter Umständen etwas vermindern, doch ist dieser Vorteil nicht so groß, als er auf den ersten Blick scheint, weil jeder Leichtbeton wegen der geringeren Härte und Dichte der Zuschlagstoffe und seiner dadurch bedingten naturgemäß geringeren Festigkeit auch stets weniger ausgenutzt werden kann als gewöhnlicher Beton und somit eine größere Dicke der Schiffshaut verlangt, wenn diese die gleiche Stoß- und Biegefestigkeit aufweisen soll. Eine Ersparnis an Bewehrungsseisen wird allerdings immer eintreten, aber im Gesamteigengewicht dürfte ein Leichtbetonschiff sich wohl nicht viel günstiger stellen als ein in gewöhnlichem Beton hergestelltes.\*)

Dr. Ing. F. von Emperger hat eine Hautkonstruktion vorgeschlagen, die in Abb. 84 dargestellt ist. Dabei ist eine Scheidung vorgesehen zwischen dem eigentlichen Traggerippe, das aus einem Beton hergestellt wird, der leicht gemacht werden kann, ohne wasserabweisend zu sein, der also eine hinreichende Festigkeit erreichen kann, und der Schiffshaut, die eine besondere wasserabweisende Hülle bilden soll, so zwar, daß die letztere für sich ersetzt und ausgebessert werden kann.

Zur Erzielung eines geringen Eigengewichts des Schiffskörpers muß, außer der Verwendung von spezifisch leichtem Beton, auch die Möglichkeit der gleichzeitigen Verwendung einer geringen Dicke der Schiffshaut geschaffen werden.

Um diesen Aufgaben zu entsprechen, ist es nötig, ein statisches Zusammenwirken der beiden vorgenannten Teile zu wahren und zwischen die in größeren Abständen angeordneten Rippen keine

\*) Beton u. Eisen 1918, Heft 4/5.



Platte, sondern Gewölbekappen zu legen, weil diese selbst bei geringer Stärke imstande sind, übergroße, von außen kommende Beanspruchungen aufzunehmen, sofern nur diese Gewölbe durch entsprechende kräftige und tief gelegte Schließen bzw. Längsrippen-eisen zusammengehalten sind. Der Ersatz der Platte durch eine Gewölbekappe mit darunterliegender Schließe, welche die Rippen zusammenhält, vermehrt nicht nur die statische Höhe des zwischen den Rippen wirksamen Widerstandsmomentes beträchtlich, sondern die Konstruktion ist nicht in der Weise wie die Platte Zugrissen ausgesetzt und hat den weiteren Vorteil, daß durch eine große Widerstandsfähigkeit und Elastizität des äußeren Gewölbes dieses imstande ist, örtliche Beanspruchungen durch Heranziehung benachbarter Strecken leichter zu überwinden.

In Abb. 84 ist *a* die wasserabweisende Außenhaut, *b* eine Hohlstein- oder Holzschalung, *c* eine Rippe aus Leichtbeton, *d* die Druckfaser der Gesamtkonstruktion in Gewölbe- oder Kuppelform und *s* die Lage der Schließen oder der Bewehrung der inneren Platte.

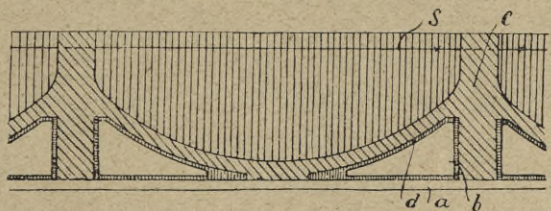


Abb. 84. Hautkonstruktion von Dr. Ing. F. von Emperger.

Diese Hautkonstruktion hat wie die nach Lorton, Paris, den Vorteil, daß man dabei mit einer sehr leichten Bewehrung auskommt.

Im allgemeinen gibt es bei Schiffen immer einige Stellen, die mehr als alle anderen zu leiden haben. Darum nimmt man bei eisernen Schiffen den Kielgang, den Kimmgang und den Schergang schwerer. Der Kielgang wird insbesondere schwerer gemacht beim Gebrauch eines Flachkieses in Rücksicht auf die leicht möglichen Beschädigungen und Verbiegungen der Platten — der Schergang, da wegen seiner großen Entfernung von der Nulllinie in ihm große Spannungen wirken können.

Wenn bei Betonschiffen Mittel-, Kimmkielschweine und Bordbalken verwendet werden, ist diese Verstärkung der Haut überflüssig.

Der Gebrauch von Kimmbalken wird empfohlen, nicht nur, weil sie eine beträchtliche Verstärkung der Haut ergeben, sondern vor allem auch, weil sie bei der Ausführung sehr bequem sind und eine Schiffsbewehrung ermöglichen, die zu kleinen Abmessungen führt.



Die Stellen, wo eine Verstärkung der Haut erwünscht sein kann, sind die folgenden: In erster Linie kommt dafür der Bug von Schiffen in Betracht, die durch Eis fahren müssen. Die größere Stärke ist hier notwendig wegen der bedeutenden Kräfte, die durch sich auftürmendes Eis entstehen. Die Verstärkung kann in einer dickeren Haut, in einer ausgiebigeren Bewehrung oder in beiden gefunden werden, auch in einem geringen Spantenabstande oder darin, daß man in die Haut auf eine gewisse Höhe eine eiserne Platte einbetoniert.

Weiter müssen überall Verstärkungen angebracht werden an den Stellen, wo Löcher in der Haut ausgespart werden sollen, z. B. für Pforten, Außenbordkrane, Lichtpfortchen, Ankerketten usw. Das Loch wird am einfachsten durch einen Eisenrahmen gebildet, der mit in den Beton versenkten Ankern fest einbetoniert wird, wobei die Bewehrung örtlich dadurch verstärkt wird, daß man einige gerade oder gebogene Stäbe beilegt. Im allgemeinen muß allen den Stellen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, wo eine Unstetigkeit im Querschnitt vorhanden ist, da dort bei Betonkonstruktionen oft Risse entstehen. Darum wird empfohlen, alle Löcher, soweit solche nötig sein sollten, möglichst rund zu machen, oder, wenn das nicht möglich ist, wenigstens die Ecken gehörig auszurunden.

### Der Längsverband.

Es kommt nur selten vor, daß ein Schiff über seine ganze Länge gleichmäßig beladen wird. Der am meisten vorkommende Fall ist, daß ein oder mehrere Teile des Schiffes für die Ladung bestimmt sind, das Uebrige aber zur Unterbringung der Maschinen, Gerätschaften, Reisenden und dergl. mehr dienen soll. Im ersten Falle dient der Längsverband des Schiffes nur als Kupplung der Spanten und spielt also eine nur untergeordnete Rolle, dagegen hat in dem zweiten, weitaus häufigeren Falle der Längsverband eine wichtige statische Aufgabe zu erfüllen. Denkt man sich das Schiff zunächst aus einzelnen Teilen bestehend, die sich alle frei gegeneinander bewegen können, so wird jeder dieser Teile nach Maßgabe seiner Form, seines Gewichtes und seiner Belastung auf eine bestimmte Tiefe einsinken, und alle diese Tiefen sind voneinander verschieden. In Wirklichkeit ist das natürlich nicht möglich, das Schiff als Ganzes sinkt bis zu einer bestimmten Tiefe soweit ein, daß sein Gesamtgewicht einschließlich der Ladung mit dem Gewichte des verdrängten Wassers im Gleichgewichte ist. Die Schwerpunkte beider Gewichte liegen dabei in derselben lotrechten Wirkungslinie. Der eine Teil des Schiffes hat also größere Schwimmfähigkeit als andere Teile, und es ist die Aufgabe des Längsverbandes, diesen



Unterschied an Schwimffähigkeit aufzunehmen und auf alle Teile zu übertragen.

Als Längsverband dienen der Kielbalken, der Kimmbalken und die Bordbalken und, wenn ein solcher angewendet werden kann, der Deckbalken in der Schiffsachse. Man kann also ein Schiff, was den Längsverband betrifft, nach Mustern bauen, wie sie in den Abb. 85 bis 92 abgebildet sind, und zwar wird ohne weiteres einleuchten, daß die Anordnungen nach Abb. 86, 90 u. 91 ungünstiger sind als die übrigen.

Es besteht nicht das mindeste Bedenken dagegen, auch das Deck und den Boden und selbst die Seitenwände als Längsverband in die Rechnung mit einzubeziehen. In diesem Falle erhält man die vorteilhafteste Konstruktion.

Ein Längsverband ist auch dann unbedingt nötig, wenn das Schiff auf zwei Wellenbergen steht und auf Biegung in einer Längsebene beansprucht wird, wobei die Bordbalken gedrückt, der Kiel, die Kimmbalken und der Boden aber gezogen werden, oder wenn das Schiff auf einem Wellenberge steht, wobei dann die Spannungen gerade die entgegengesetzte Richtung haben.



Abb. 85.



Abb. 86.



Abb. 87.



Abb. 88.



Abb. 89.



Abb. 90.



Abb. 91.



Abb. 92.

Abb. 85 bis 92. Anordnungen des Längsverbandes.

Endlich ist der Längsverband erforderlich zur Aufnahme der Spannungen, die entstehen, wenn das Schiff zu Wasser gelassen wird.

Für diese und ähnliche Berechnungen muß das Trägheitsmoment des Querschnittes ermittelt werden. Da aber das Trägheitsmoment des Querschnittes von der Lage der Nulllinie und diese von der Richtung der Belastung abhängig ist, wird die Nulllinie für zwei Grenzfälle bestimmt werden müssen, nämlich einmal für den Fall, daß der oberste Teil des Schiffes gedrückt, und ferner für den Fall, daß dieser gezogen wird. Um ein möglichst günstiges Trägheitsmoment zu erhalten, ist es zweckmäßig, den Baustoff soweit als tunlich von der Nulllinie anzuhäufen.



Aus vorstehender Betrachtung ergibt sich, daß je hohler die Schiffe sind, um so leichter die Seitenwände gebaut zu werden brauchen, und daß bei langen, flachgehenden Schiffen kräftig gebaute Seitenwände nötig sind. Mit Eisenbeton ist ein großes Trägheitsmoment viel leichter zu erreichen als mit einer eisernen oder hölzernen Konstruktion, weil bei Eisenbeton die größten Querschnitte leicht am weitesten von der Nulllinie entfernt angeordnet werden können. In besonderen Fällen, wie bei Zellen- oder Tankschiffen, wird ein Längsschott angebracht, das sehr zur Versteifung beiträgt (Abb. 91). Dasselbe ist der Fall bei Klappbäcken, die Luftkammern an den Seiten haben (Abb. 92). Von welcher Bedeutung ein guter Längsverband sein kann, erhellt daraus, was sich mit einer in Frankfurt am Main gebauten Kohlenschute aus Eisenbeton zutrug. \*) Diese Schute wurde, nachdem sie ins Wasser gelassen war, zur Probe einseitig mit Sand beladen. Sie brach hierbei mitten durch, da der Aufgabe, die der Längsverband erfüllen soll, nicht genug Aufmerksamkeit geschenkt worden war.

### Der Kiel.

Bei einem Eisenbetonschiff bilden Kiel und Kielschwein ein untrennbares Ganzes. Sie verbinden alle Spanten miteinander, übertragen eine örtliche Belastung stets auf mehrere Spanten und tragen viel zur Festigkeit des Schiffskörpers bei, wenn das Schiff auf zwei Wellenbergen ruht. Der Kiel selbst, insbesondere jener Teil dieses Trägers, der unterhalb der Haut austragt, dient, wenn das Schiff auf den Grund stößt, zum Schutze der Haut und hemmt das Schlingern und Wegschwimmen. Besonders bei Dampfschiffen, die im Vergleich zur Länge breit sind, leistet ein Kiel große Dienste beim Steuern, da sie ohne Kiel eine nur geringe Steuerfähigkeit besitzen würden. Bei Segelschiffen trägt der Kiel wesentlich zur Stabilität des Fahrzeuges bei, wenn es stakt; bei Plattschiffen hat der Kiel wenig zu bedeuten, so daß er dort gewöhnlich weggelassen wird.

In Eisenbeton ist die Konstruktion des Kieles und des Kielschweines recht einfach, zumal wenn man sie mit den üblichen Kiel- und Kielschweinkonstruktionen in Eisen vergleicht, wobei als vorteilhafte Eigenschaft den letzteren gegenüber auf das Fehlen schwacher Stellen und ihre widerstandsfähige monolithische Bauart hingewiesen werden muß.

Wenn die Gefahr besteht, daß das Schiff irgendwo auf den Grund stoßen könnte, so ist es auch erwünscht, einen Kiel anzubringen. Man kann dann die Konstruktion nach Abb. 93 anwenden. Hierbei bilden Kiel und Kielschwein zusammen einen Balken mit recht-

\*) Stroß, Schwimmkörper aus Eisenbeton. Berlin, Wilhelm Ernst u. Sohn.



eckigem Querschnitt. Die Breite und der nach außen hervorragende Teil bestimmen sich am besten nach dem vorhandenen Holzmaß, wenn die Schute mit dem Kiel nach oben gebaut wird. Gewöhnlich läßt man die Oberseite des Kielschweines in dieselbe Fläche fallen wie die Oberseite der Spanten, oder man läßt die Spanten darin auslaufen. Es bestehen aber keinerlei Bedenken dagegen, das Kielschwein dünner zu machen, da die Schalung dafür ohnehin unabhängig von jener des Kieles gemacht wird, oder daß man das Kielschwein niedriger oder höher macht als die Spanten selbst (Abb. 94 u. 95).

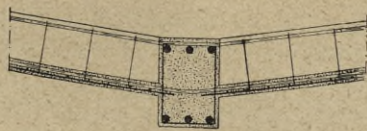


Abb. 93.

Wenn die Vorteile eines Kieles nicht besonders groß sind und

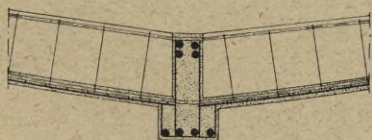


Abb. 94.

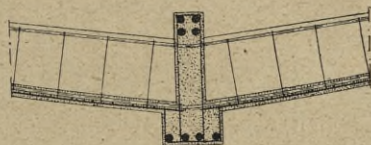


Abb. 95.

der Tiefgang durch den Kiel zu sehr vergrößert würde, so läßt man diesen einfach weg. Besonders wenn das Schiff mit dem Kiel nach oben gebaut wird, ist das sehr bequem für die Ausführung. Die Konstruktion des Kielschweines geschieht dann nach Abb. 96 u. 97.



Abb. 96.



Abb. 97.

Aber auch beim Bau in der normalen Lage des Schiffskörpers ist die Konstruktion ohne Kiel billiger, da die Außenhaut dann ohne Unterbrechung durchgeschalt werden kann.

Bei Segelschiffen, die fast immer einen Kiel haben, kann der

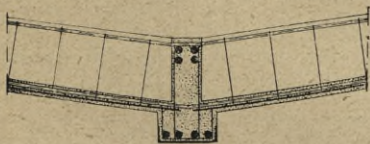


Abb. 98.

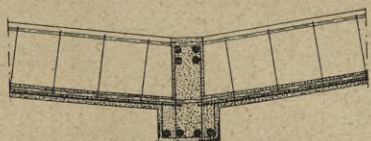


Abb. 99.

Gefahr des Aufstoßens auf harte Gegenstände und etwa daraus folgenden Beschädigungen durch einen Sonderschutz vorgebeugt werden, und zwar in Form der in Abb. 98 u. 99 angegebenen Konstruktion mittels zweier einbetonierter Winkeleisen.



## Kimmbiele.

Bei großen Schiffen bringt man, um das Abtreiben und Schlingern zu hemmen, bei den Kimmen sogenannte Schlingerkiele an, und zwar so, daß sie sich ungefähr auf  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{3}{4}$  der Schiffslänge erstrecken und sich nach den Enden hin verlaufen.



Abb. 100. Schlingerkiel.

Die Konstruktion der Schlingerkiele ist ebenso wie die oben für den Kiel beschriebene. Selbstverständlich kann man ihnen alle gewünschten Formen geben (Abb. 100).

## Kimmbalken und Bordbalken.

Die Kimmbalken spielen bei einer Schute ungefähr dieselbe Rolle wie das Kielschwein. Man wird natürlich, wie bei allen Bauteilen einer Eisenbetonschute, danach streben müssen, die Kimmbalken möglichst leicht zu machen. Bei kleinen Plattschiffen und Pontons ist man darauf angewiesen, dem Kimmbalken eine dreieckige Form zu geben (Abb. 101).

Wenn man die Abmessungen der Kimmbalken dermaßen bestimmt, daß deren Bewehrung allein imstande ist, die Zug- und Druckkräfte aufzunehmen, womit man meiner Ansicht nach am sichersten geht, dann kann man die Betondicke so groß wählen, daß die einbetonierten Bewehrungsseile gerade eben vom Beton umschlossen sind, womit sich dann ein Balken mit einem Mindestgewicht erzielen läßt.

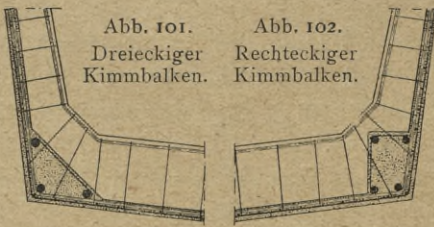


Abb. 101.  
Dreieckiger  
Kimmbalken.

Abb. 102.  
Rechteckiger  
Kimmbalken.

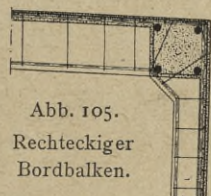
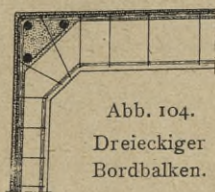
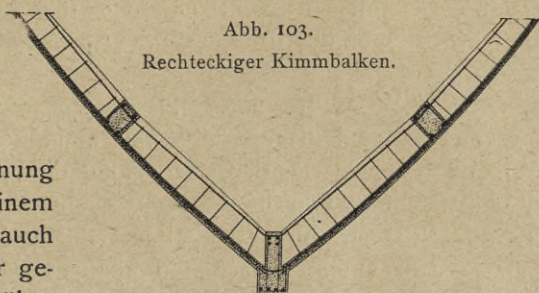
Bei größeren Schuten geht man schon bald dazu über, dem Kimmbalken rechteckigen Querschnitt zu geben, während man bei größeren, scharf gebauten Schiffen ebenso auf die rechteckige Form angewiesen ist (Abb. 102 u. 103). Die Kimmbalken haben bei einer Eisenbetonschute eine doppelte Aufgabe. Sie bilden sozusagen den unteren Flansch eines großen verstärkten Trägers, dessen oberer



Flansch durch den Bordbalken gebildet wird. Sobald ein Teil des Bodens der Schute mehr belastet wird als ein anderer Teil, muß der Druckunterschied durch die Kimmbalken übertragen werden.

Diese Bedingung ermöglicht es, für die Spanten eine Berechnung aufzustellen, die zu einem kleinen Baustoffverbrauch für diese führt. Weiter gewähren, wie schon früher

erwähnt, die Kimmbalken eine besonders bequeme Ausführung des Schiffes. Die Bordbalken leisten denselben Dienst wie die Kimmbalken, aber da sie stets auf einen rechtwinkligen oder fast rechtwinkligen Uebergang gestellt werden, ergibt sich hier von selbst im allgemeinen die rechteckige Balkenform. Nur bei kleinen Schuten wählt man die dreieckige Form, bei größeren aber die rechteckige Form mit senkrecht stehenden Seiten (Abb. 104 u. 105).



### Stringer.

Bei hohen Spanten kann man zwischen deren senkrechten Teilen auf halber Höhe oder an mehreren Stellen der Höhe Längsträger, sogen. Stringer, anbringen. Diese haben nicht so sehr eine statische Aufgabe, als daß sie mehr dazu dienen, um die Spanten miteinander zu verbinden und somit Ausbiegungen der letzteren zu verhindern. Da aber die Spanten und die Haut der Eisenbetonschiffe stets ein unerschütterliches Ganzes bilden, so braucht man nicht so bald zur Anbringung der Seitenstringer überzugehen wie bei eisernen Schiffen.

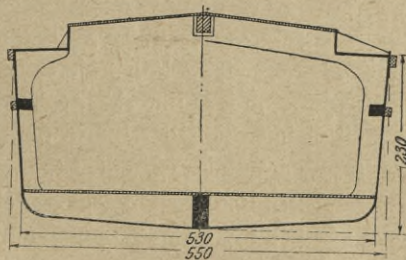


Abb. 106.

Verwendung eines Längsverbandes.

Ein Beispiel für die Verwendung eines Längsverbandes ist in Abb. 106 dargestellt, nämlich der Querschnitt eines Eisenbetonprahmes, der von Fougner's Stahlbeton-Schiffbau-Gesellschaft zu Christiania angebaut ist. Hier scheint der Stringer aber hauptsächlich deshalb angebracht zu sein, um etwaige Stöße aufzunehmen und zu über-



tragen. Da der Spantenabstand bei dieser Schute ungefähr 1,50 m beträgt, so ist hier vielleicht die Anordnung von Stringern gerechtfertigt. Bei meinen Konstruktionen mit kleinem Spantenabstand sind die Stringer überflüssig.

### Spanten.

Die Spanten dienen zur Verstärkung der Haut. Ihre statische Aufgabe besteht darin, daß sie den auf die Haut ausgeübten Wasserdruck aufnehmen und die Form des Schiffes in lotrechten, querschiffsliegenden Ebenen aufrecht erhalten. Sie müssen also so stark sein, daß sie dem Druck widerstehen können. Der Boden des Schiffes erleidet den größten Wasserdruck und kann zugleich durch die Ladung stark belastet werden, so daß die Spanten, soweit sie den Boden stützen, eine große Widerstandsfähigkeit gegen Verbiegung besitzen müssen. Man sieht dann auch bei eisernen Schiffen, daß

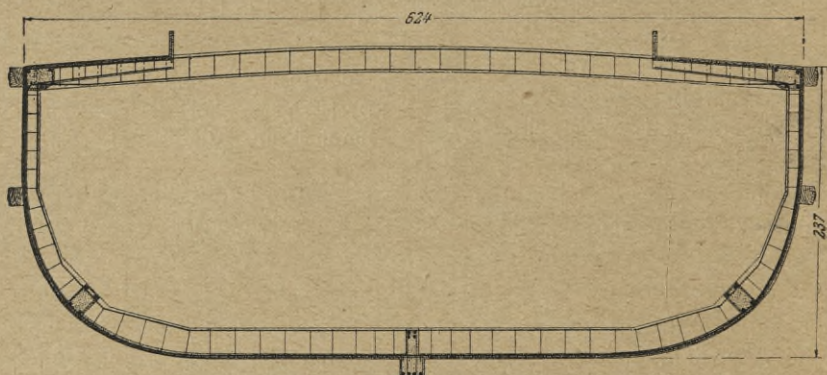


Abb. 107. Hauptspant eines Prahmes von 200 Tonnen.

die Kattspur viel schwerer als die Hanglinie, der emporsteigende Teil des Spantes, konstruiert ist. Wenn man den Spant eines eisernen Schiffes aufmerksam betrachtet, muß man notwendig den Schluß ziehen, daß der Baustoff nicht ganz entsprechend dem Laufe der Momentenlinie verteilt ist, und dies erscheint auch praktisch wohl nicht möglich. Meistens gehen am Ende der Bodenwrangen die Querschnitte der Wrangen und Spantwinkel weniger oder mehr plötzlich in einen kleineren Querschnitt über, obwohl die theoretische Momentenlinie dort nahezu stetig verläuft. Hier bietet sich aber wieder ein Fall dar, in dem die Eisenkonstruktion nicht einfach übernommen werden kann. Ein Eisenbetonspant bildet ja ein zusammenhängendes Ganzes, auf das die Theorie der Rahmenträger vollkommen angewendet werden kann.

Plötzliche Uebergänge, wie sie sich beim Bau eiserner Schiffe wohl einmal darbieten, müssen hier also möglichst vermieden werden,



umsomehr, als plötzliche Uebergänge ja im allgemeinen schädlich sind und eine Rissebildung veranlassen.

Im Eisenbetonschiffbau kann man einen Unterschied zwischen offenen und geschlossenen Spanten machen. Offene Spanten sind solche, deren obere Enden nicht durch einen Deckbalken verbunden sind. Geschlossene Spanten dagegen bilden einen geschlossenen Rahmen.

Es ist im Eisenschiffbau üblich, daß die Bodenwrange bei Schiffen, deren Boden ein wenig aufwärts gebogen ist, oben flach ausgebildet wird. Diese Maßnahme ist bei Eisenbetonschiffen nicht zu empfehlen, da sie zuviel totes Gewicht erfordern würde. Man tut dort also besser, die Neigung in den Bodenspant zu legen, und wenn ein ebener Boden gewünscht wird, diesen durch eine be-

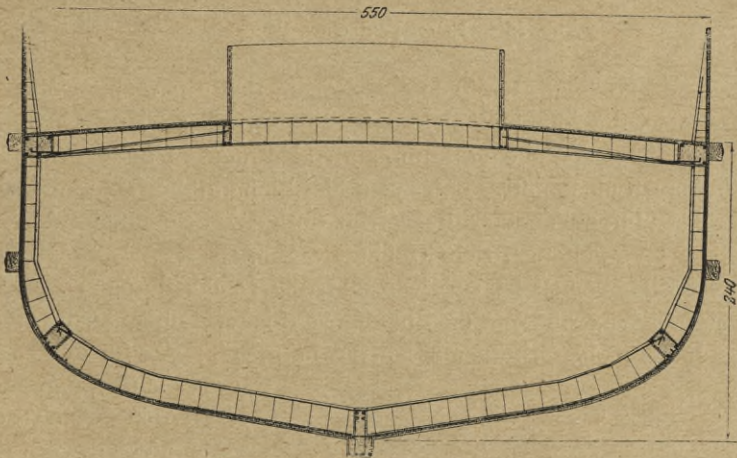


Abb. 108. Hauptspant eines Motor-Schoners.

sondere hölzerne Bekleidung zu bilden. Im allgemeinen kommen die Hauptspanten im Schiffskörper nur auf eine kleine Länge vor; die meisten Spanten werden, wenn man von mittschiffs ausgeht, bald eine andere Gestalt bekommen, da die Schiffsförm nach hinten und nach vorn zugespitzt ist. Dieser Umstand verursacht aber in bezug auf die Konstruktion nicht die geringste Veränderung. Die Spanten werden allein der Förm nach schärfer, aber sie verlaufen sich doch auf dem Kielschwein, das durch die scharfe Förm des Schiffes meistens höher werden wird. Man kann aber, um Gewicht zu ersparen, diesen Längsträger dann wieder dünner machen.

Die Hauptspanten einiger vom Verfasser entworfenen Fahrzeuge sind in den Abb. 107 bis 109 dargestellt: Abb. 107, Hauptspant eines Prahmes von 200 Tonnen, Abb. 108, Hauptspant eines Motor-Schoners, Abb. 109, Hauptspant eines Bauprahmes. In diesen



Fällen handelt es sich um ganz einfache Spanten. Bei größeren Schiffen, wo Zwischendecke oder Raumbalken verwendet werden, befinden die Spanten sich in einer anderen Lage. Hier bilden die

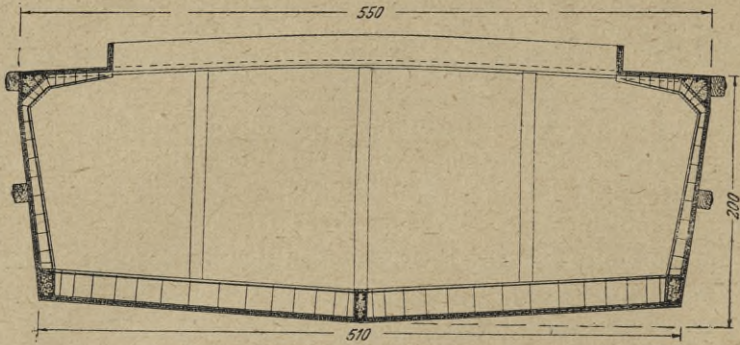


Abb. 109. Hauptspant eines Bauprahmes.

Zwischendecke eine Kupplung zwischen den Spanten, wobei sie ihrerseits wieder durch Säulen unterstützt werden. Es ist natürlich nicht möglich, hier alle vorkommenden Formen zu behandeln. Das ist aber auch nicht nötig, da es sich hier bloß um die Grundgedanken der Konstruktion handelt. Es sei im übrigen noch auf die Abb. 48, 50 u. 52 im zweiten Abschnitt hingewiesen.

Im allgemeinen ist es erwünscht, die Decke durch Tragbalken zu unterstützen, die in den Spanten aufliegen, aber auch in der Längsrichtung der Schute müssen die nötigen Träger für den Längs-

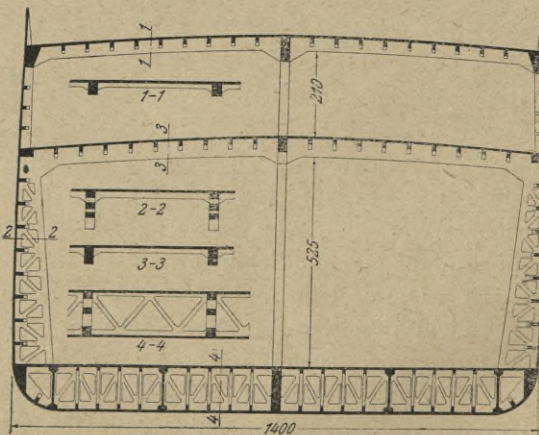


Abb. 110. Betonspant nach dem Isherwood-System.

verband angebracht werden. Auch ist es empfehlenswert, überall da, wo ein Deck liegt, die Spanten durch einen Seitenstringer zu verbinden. Diese Seitenstringer brauchen nicht besonders kräftig zu sein, da sie nur eine Verstärkung der Haut in bezug auf die Drehungsspannungen gewähren sollen. Bei Handelsschiffen können quer

durch den Schiffsraum gehende Raumbalken nicht angebracht werden; dort werden also die Spanten sehr stark belastet, da sie allein imstande sein müssen, dem auf die volle Höhe wirksamen Wasserdruck zu



widerstehen. Bisweilen können oben noch ein oder mehrere Deckbalken angebracht werden. Wenn solche schweren Spanten nötig sind, versteht es sich wohl von selbst, die Spanten weiter als etwa 0,50 bis 1,50 m voneinander zu setzen, und man wird dann die Schiffshaut durch Seitenstringer stützen, die auf den Spanten ruhen. Diese Art der Kraftübertragung, die man im Wohnhausbau schon lange allgemein anwendet, um die billigste Konstruktion zu erhalten, ist im Schiffbau mehr unter dem Namen „Isherwood-System“ bekannt.

Ein Betonspant nach dem Isherwood-System ist in Abb. 110 dargestellt.

Man sollte beim Entwurf der Spanten an erster Stelle nicht an die Kosten denken, sondern seine Aufmerksamkeit vielmehr auf

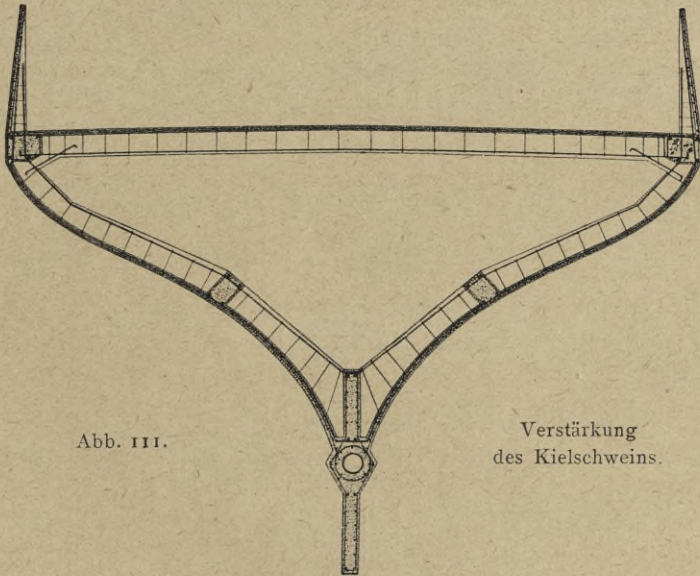


Abb. 111.

Verstärkung  
des Kielschweins.

das Gewicht richten. Es wird also in jedem einzelnen Falle nötig sein, durch Berechnung festzustellen, wie groß hier der Abstand der Spanten sein muß, um die leichteste Konstruktion zu ergeben.

Die Vorteile des Isherwood-Systems sind allgemein bekannt, so daß der Verfasser sich darüber nicht weiter zu äußern braucht.

In den Spanten müssen Löcher vorgesehen sein, um dem Leck- und anderem Wasser Gelegenheit zu geben, nach den Pumpen zu laufen. Man kann diese Löcher am einfachsten unmittelbar über der Haut anbringen, und zwar dadurch, daß man in den Spant neben dem Kielschwein ein Stückchen Gasrohr einbetoniert.

Die Spanten bekommen bei dem Vorderschiff und dem Hinterschiff eine immer schärfere Form. Wir sahen schon, daß dieses konstruktiv keine Aenderungen verursacht. Querverbände und



Spanten bleiben ein Ganzes bildend. Besondere Konstruktionen sind überflüssig, höchstens ergeben sich für die hölzernen Schalungen für das Gießen des Betons etwas verzwicktere Formen. Nur die hintersten Spanten in der Nähe der Stelle, wo bei Schraubenschiffen der Schraubengang liegt, werden etwas geändert. Das Schiff ist an dieser Stelle meistens schon so zugeschärft, daß nichts anderes übrig bleibt als ein hoch emporragendes Kielschwein, aus dem die Spanten gleichsam entspringen. Um die Schraubenwelle durchzulassen, wird das Kielschwein verstärkt. Wie dieses geschieht, ist in Abb. 111 dargestellt.

Der Heckspant, der hinterste Querschiffspant, der an der Vorderseite des Ruderstevens angebracht wird, erfordert noch einige wenige Worte.

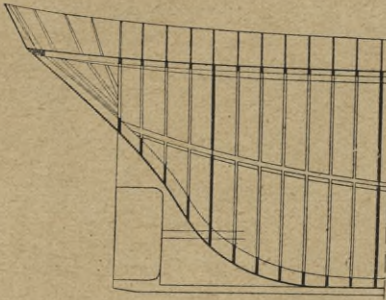


Abb. 112.

Einspannung der Spiegelspanten.

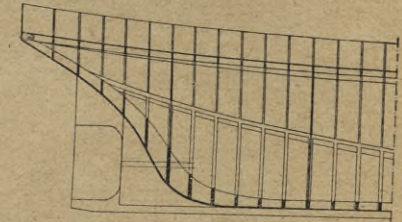


Abb. 113.

Anbringung von Spanten am Hinterstev.

Man kann, um das Hinterschiff zu vervollständigen, verschiedene Konstruktionen verwenden. Entweder kann die Eisenkonstruktion nachgeahmt werden, die darin besteht, daß Spiegelspanten ausgebaut werden, gegen die sich die Haut stützt. Bei Eisenbeton ist es indessen nicht nötig, eine hohe Wrangplatte zu verwenden, da eine solche für die Befestigung entbehrlich ist. Man kann die gebrochenen Spiegelspanten einfach in den herumlaufenden Bordbalken und den Heckspant einspannen (Abb. 112). Man kann aber auch die Konstruktion durchführen, die für die übrige Schute verwendet ist, und also noch weitere Spanten nach hinten anbringen, die alle am Bordbalken hängen und auf dem Hinterstev ruhen, der einfach die



Verlängerung des Kielschweines ist (Abb. 113). Am zweckmäßigsten ist wieder diejenige Konstruktion, die in einem gegebenen Fall das geringste Gewicht ergibt.

### Der Vorderstevan.

Der Vorderstevan dient dazu, um den Vorderteil des Schiffes zu versteifen. Er wird deshalb auch von einem hervorragenden



Abb. 114.

Abb. 115.

Abb. 116.

Abb. 117.

Abb. 114 bis 117. Eisenbeschlag am Stevan.

Balken gebildet, der mit der Haut ein Ganzes ausmacht und im allgemeinen auch innerhalb des Schiffes vorkommt und da die Fortsetzung des Kielschweines bildet.

Der Vorderstevan bildet mit dem Kiel stets ein Ganzes und ist gleichsam dessen Fortsetzung. Die Form des Vorderstevens er-

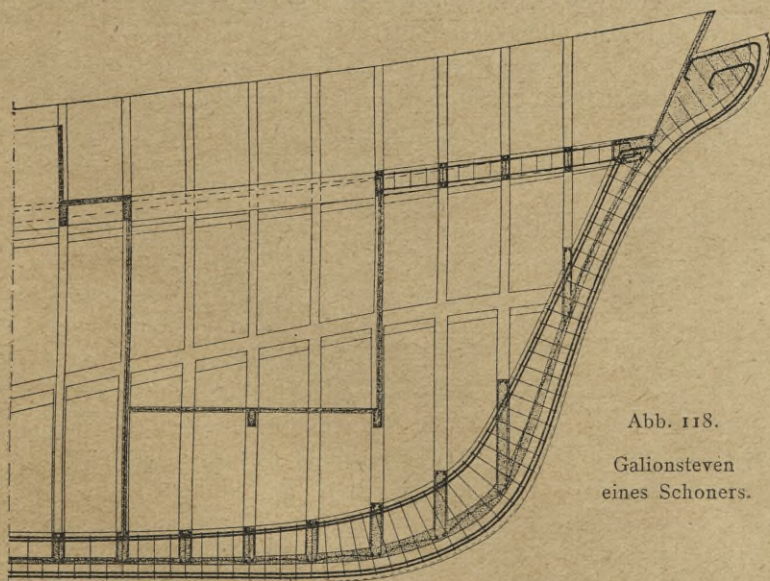


Abb. 118.

Galionstevan  
eines Schoners.

gibt sich von selbst aus der Form des Schiffes. Man kann auch hier verschiedene Konstruktionen verwenden, deren einige in den Abb. 114 bis 120 dargestellt sind.

Abb. 118 stellt den Galionstevan eines Schoners mit einem Kiel dar, Abb. 119 den Stevan eines Fahrzeuges mit Kiel und



Abb. 120 den Steven eines Fahrzeuges ohne Kiel. Zum Schutze des Stevens beim Anprall oder bei Eisgang ist der Steven mit einem Eisenbeschlag zu versehen, der nach Abb. 114 bis 117 angebracht werden kann.

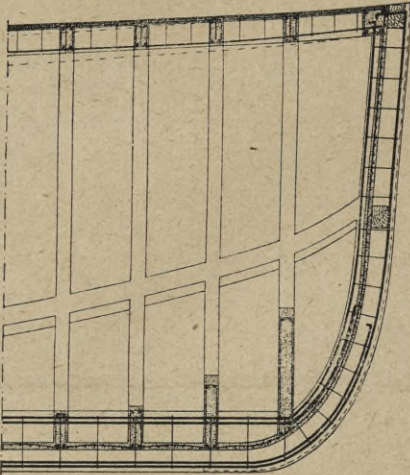


Abb. 119.  
Steven eines Fahrzeuges mit Kiel.

dieser leicht in jede gewünschte Form gebracht werden kann. Man ist eben nicht, wie bei Eisenkonstruktionen, abhängig von den Abmessungen oder von der Form anderer, naheliegender Konstruktionsteile. Es ist also möglich, den Steven viel leichter zu machen an Stellen, wo das ohne Bedenken geschehen kann, z. B. über der geladenen Lastlinie oder bei schrägen oder Galionsteven.

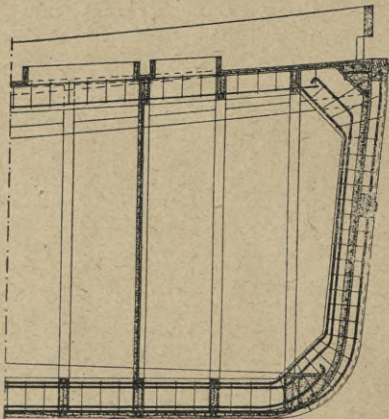


Abb. 120.  
Steven eines Fahrzeuges ohne Kiel.

### Der Hinterstevan.

Die Form des Hinterstevens ist bei den verschiedenen Fahrzeugen sehr ungleich, z. B. ganz anders für Plattschiffe, Segelschiffe, Schlepper und Doppelschraubenschiffe als für Einschraubenschiffe. Bei gewöhnlichen Plattschiffen kann die Konstruktion sehr einfach sein. Man läßt einfach das Kielschwein durch die Haut hindurchgehen und betoniert in diesem auskragenden dreieckigen Teil, Schag

genannt, ein Paar Augen ein, in die die Ruderhaken eingehängt werden (Abb. 121). Bei größeren Schiffen wird man um den Schag herum schwere Bügel anbringen müssen, an denen Fingerlinge an-



geschmiedet werden, die mit durchgehenden Bolzen befestigt werden, so daß sie leicht entfernt und erneuert werden können.

Eine solche Konstruktion ist in Abb. 122 dargestellt.

Bei kleinen Doppelschraubenschiffen hat der Hinterstevan eine Form, die nur wenig von der bei Segel- und anderen derartigen Schiffen abweicht. Der Schag gibt hier eine besonders gute Gelegenheit, um durch Ausbau von Eisenbetonkonsolen die Schraubenachsen zu stützen.

Im allgemeinen empfiehlt es sich, den Schag etwas nach oben abzuschrägen, damit, wenn das Schiff auf den Grund stößt, sein Gewicht nicht etwa nur mit einem Punkte aufrucht.

Der Schag bildet immer einen ziemlich schweren Bauteil eines Betonschiffes. Um an Gewicht zu sparen, muß man seine Dicke möglichst gering wählen, und zur Aufnahme der Biegungsspannungen

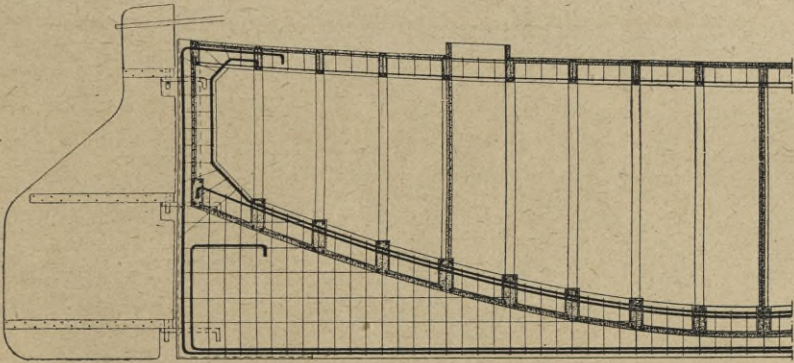


Abb. 121. Hinterstevan für gewöhnliche Plattschiffe.

wird er mit einer doppelten Bewehrung versehen werden müssen.

Es ist ferner erwünscht, daß einige Stäbe des Kielschweines im Schag auslaufen, um auf diese Weise zu einer dauerhaften Konstruktion beizutragen.

Ganz anders stellt sich die Konstruktion bei Schraubenschiffen. Gerade an der Stelle, wo bei anderen Schiffen der Schag sitzt, muß hier die Gelegenheit zum Durchführen des Schraubenwellen-Rohres geboten werden. Man braucht in diesem Falle also zwei Steven, einen Ruderstevan und einen Schraubenstevan. Man würde nun der bei eisernen Schiffen üblichen Konstruktion folgen und diese beiden Steven von Eisen oder Stahl machen und sie in den Beton ein gießen können, doch erscheint mir dieses überflüssig. Der Schraubenstevan kann vielmehr ohne Bedenken in Beton hergestellt werden, und zwar mit Eisenbeschlag als Schutz oder auch, wenigstens für die kleineren Schraubenschiffe, ohne einen solchen. An der Stelle, wo die Schraubenwelle durch den Schag läuft, muß dieser verstärkt werden, was sich in einfachster Weise dadurch erreichen läßt, daß



man den Schag dort so verdickt, daß das Schraubenwellen-Rohr darin eingegossen werden kann. Ich sehe vorläufig keine Schwierigkeit darin, diese Konstruktion hauptsächlich auch für größere Dampfschiffe zu verwenden.

Der Ruderstevan muß in Eisen hergestellt werden. Es scheint mir, als ob die Durchführung einer Eisenbetonkonstruktion hier nur zu einer unnötigen Gewichtsvergrößerung führen würde. Dazu kommt, daß gerade der Ruderstevan, der gleichsam das Schraubenloch abschließt, imstande sein muß, den seitlichen Wasserdruck aufzunehmen. Wenn man den Ruderstevan in diesem Falle aus Eisenbeton herstellt, wodurch er also ein richtiger Eisenbetonbalken werden würde, der zur Verbindung mit dem verlängerten Kiel oder dem verlängerten Kielschwein unten ein Sohlstück haben müßte, dann würde er in Quer-

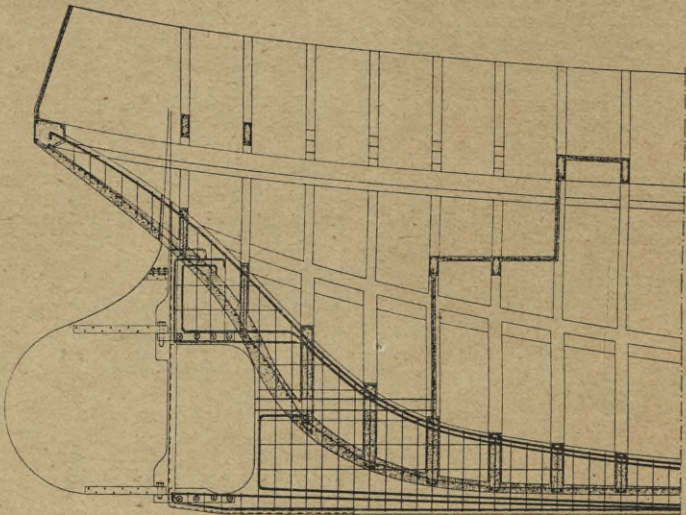


Abb. 122. Hinterstevan für einen Schoner.

schiffsrichtung Abmessungen erfordern, die in Rücksicht darauf, daß das von den Schrauben nach hinten geworfene Wasser unbehindert abfließen muß, wenig erwünscht sein würden.

Abb. 71 (S. 74) stellt die Stevankonstruktion eines Prahms von 200 Tonnen dar, der von der Porsgrund Cementstøperie zu Porsgrund gebaut worden ist. Hier besteht der Schraubenstevan aus Eisenbeton und der Ruderstevan aus Eisen. Der letztere ist von einem  $\square$ -Eisen N.-P. Nr. 10 gebildet, das rechtwinklig umgebogen und an dem Schag befestigt ist. An der Oberseite ist der Ruderstevan mittels zweier eiserner Platten, die in den Beton eingegossen sind, an dem Schiffe befestigt. Die Ruderhaken ruhen in Löchern der Winkeleisen, die an den eisernen Ruderrahmen angenietet sind. Ganz anders bin ich bei dem Entwurf eines Schoners verfahren



(Abb. 122). Dort ist das Schraubenloch gerade so groß bemessen, daß oben gleichsam noch ein zweiter Schag entsteht. Hieran sind die Bügel mit angeschmiedeten Fingerlingen befestigt; diese Bügel lassen sich also zu jeder Zeit abnehmen und erneuern, was unter Wasser geschehen kann.

Zur Verstärkung des Sohlstücks ist der Kiel bis zum Rudersteven weitergeführt, wodurch man zugleich Gelegenheit erhält, auch dort einen Ruderbügel anzubringen. Alle Bügel können mit quer durchgehenden Bolzen befestigt werden, ohne daß die Wasserdichtigkeit des Schiffes irgendwelche Gefahr läuft.

Diese Konstruktion kann stets als Muster dienen, denn auch wenn das Hinterschiff voller ausläuft, so können die Bügel dennoch angebracht werden. Sie müssen alsdann entsprechend der Form des Schiffes umgeschmiedet werden. Mitunter werden dann allerdings keine durchgehenden Bolzen zur Befestigung benutzt werden können. Die in diesen Fällen zu wählende Art der Befestigung soll später behandelt werden.

### Laderäume.

Bei offenen Schuten, wie Sand- und Baggerprahmen, wird die Ladung in den Laderaum gestürzt und nicht besonders abgedeckt. Zum Schutze der Ladung bei überströmendem Wasser, bei Wellenschlag usw. bringt man bekanntlich einen Süll an. Dieser besteht aus einer aufrechtstehenden Platte um den Laderaum herum und ruht auf den Halbbalken und den Lukenendbalken. Um etwaigen Beschädigungen vorzubeugen, werden die Süllplatten mit einer eisernen Schutzleiste versehen.



Abb. 123. Koppelbalken.

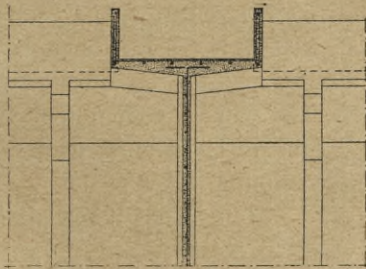


Abb. 124. Koppelbalken als Laufbrücke.

Wenn die Laderäume im Vergleich zur Breite lang sind, so werden die Borde an einer oder mehreren Stellen durch einen Koppelträger miteinander verbunden. Diese Koppelbalken haben eine wichtige Aufgabe zu erfüllen. Die Spanten einer offenen Schute drücken nämlich auf die Borde oder ziehen an ihnen mit einer gewissen Kraft, deren Größe und Richtung von dem Wasserdruck und



der Ladung abhängig sind. Die Borde müssen diesen Kräften Widerstand leisten können und wirken also als Balken, die an ihren vorderen und hinteren Enden in den Decken eingespannt sind. Um nun die Borde leicht konstruieren zu können, ist darum bisweilen ein Zwischenstützpunkt in der Form eines Koppelbalkens nötig. Abb. 123 gibt die Konstruktion, die bei dem Prahm zu Malmö verwendet ist.

Es ist zu beachten, daß ein solcher Koppelbalken durch niederfallende Steine leicht beschädigt werden kann, so daß ein besonderer Schutz nötig ist. Ein derartiger Schutz ist hier durch ein mit zwei Winkeleisen verstärktes Eisenblech erreicht, das mit leichten Ankeren in den Balken eingegossen ist.

Der Koppelbalken kann zweckmäßig auch als Laufbrücke benutzt werden, die die Verbindung zwischen den beiden Borden herstellt. Dies ist in Abb. 124 dargestellt, wo zugleich der Laderaum durch ein wasserdichtes Schott in zwei Teile unterteilt ist.

In Abb. 10 (S. 23) ist dargestellt, wie Gabellini jene Koppelbalken in der Form von Hohlbalken ausgebildet hat, eine Konstruktion, die für seine Putzbauweise besonders geeignet ist.

Hält man es für nötig, bei leicht verderblichem Ladegut die Laderäume durch Segeltuch abzudecken, so müssen in den Süll einige Ringe eingegossen werden, an denen sich das Segeltuch befestigen läßt.

Wenn die Laderäume überdeckt werden müssen, so macht man die Lukendeckel gewöhnlich viel kleiner als den Laderaum. Der Süll wirkt dann nicht nur als Verschuß, sondern er hat auch noch die Aufgabe, das Gewicht der Luken zu übertragen. Die Süllplatte überträgt in den Fällen, wo die Halbbalken nicht imstande sind, als Konsolen dieses Gewicht aufzunehmen, die Belastung auf die Lukenendbalken. Diese Balken werden darum gewöhnlich etwas schwerer hergestellt oder stärker bewehrt. Auch kann man, um an Gewicht zu sparen, unter die Lukenendbalken eine Säule stellen.

Die Luken selbst müssen möglichst leicht gemacht werden. Eisenbeton kommt dafür nicht in Betracht, und man tut hier am besten, die sonst üblichen Konstruktionen anzuwenden.

### Das Schanzkleid.

Bei Eisenbetonschiffen muß das Schanzkleid zur äußeren Haut gerechnet werden, da es mit der über die Spanten laufenden Haut ein Ganzes bildet. Eine Dicke von 2 bis 3 cm ist für das Schanzkleid genügend, unter der Bedingung, daß man es durch Rippen absteift, die in 1 bis 1,50 m Abstand liegen.

Die Höhe des Schanzkleides ist von der Größe des Schiffes abhängig und schwankt von 0,60 bis 1,50 m. Von oben wird das



Schanzkleid mit einem wagerechten, mit ausgerundeten Ecken versehenen Brett aus Teak- oder Ulmenholz abgedeckt. Auch kann eine Absteifung mittels Winkel- oder C-Eisen oder, wie im Eisen-schiffbau, durch eine Reellingeiste erfolgen. Das Schanzkleid ist in der Schiffshaut vollständig eingespannt, ebenso wie die Rippen, die mit den Spanten und den Deckbalken ein unzertrennliches Ganzes bilden.

Im Schanzkleide müssen stets die erforderlichen Wasserpforten zum Ablauf des Deckwassers und Schanzkleidpforten in der Nähe der Ladeluken angebracht werden. Dort muß die Wand verstärkt werden, wie früher beschrieben wurde. Die großen Oeffnungen werden verschalt, ähnlich wie im Wohnhausbau die Fenster und Türen, die kleineren Oeffnungen werden dadurch hergestellt, daß man zwischen die Schalungen ein Stück Holz anbringt, das später herausgeschlagen wird.

### **Wasserballastschiffe mit doppeltem Boden.**

In großen Schiffen müssen Räume zum Einnehmen von Wasserballast vorgesehen werden. Gewöhnlich werden dazu über gewisse Längen doppelte Böden nach irgend einer Bauweise gebildet, doch richtet man auch ganze Laderäume als Tiefbehälter ein. Auch an die Seiten des Schiffes werden die Wasserballasträume gelegt oder man benutzt wohl dafür verlorene Räume im Vorpiek und im Hinterpiek. Es ist hier natürlich nicht beabsichtigt, auf die Vorzüge und Nachteile irgend einer dieser Anordnungen hinzuweisen, noch weniger aber, eine Abhandlung über die Wasserballasträume zu schreiben, denn über diesen Gegenstand kann in den bekannten Werken des Schiffbaues alles nötige gefunden werden. Indessen soll doch darauf aufmerksam gemacht werden, daß, weil Eisenbeton ein so außerordentlich geeigneter Baustoff für Wasserbehälter, unabhängig von deren Größe und Form, ist, sich hier für seine Verwendung ein Gebiet gefunden haben dürfte, das noch zu zweckmäßigen Konstruktionen Veranlassung geben kann.

Es ist höchst merkwürdig, daß der Eisenbeton bisher für diesen Zweck fast nicht gebraucht worden ist, obwohl viele Gründe dafür sprechen, und wenn es nur der eine wäre, daß die Unterhaltung von Behältern aus Eisenbeton keine Kosten verursachen würde.

Eiserne Behälterplatten sind ja immer stark dem Rosten ausgesetzt, während dies bei gut ausgeführtem Eisenbeton ausgeschlossen erscheint.

Bei der Konstruktion von Eisenbetonbehältern braucht man sich an keine bestimmte Bauweise zu binden, die von irgend einer Spantenkonstruktion abhängig ist, denn man ist ganz frei hinsichtlich der Stelle, wo man die Wände anbringen will. Allein im Auge zu



behalten ist, daß die Stelle der Schotten so gewählt werden muß, daß das Schiff keine Schlagseite bekommen kann. Im allgemeinen wird man wegen des Eigengewichtes die obersten Platten dünn halten wollen, es wird sich also empfehlen, die Stützrippen in geringen Abständen voneinander zu halten.

Wenn die Spanten dicht nebeneinander liegen, dann kann die Platte einfach über die Spanten gegossen werden. Ist eine größere Höhe erwünscht, so macht man zweckmäßig die Spanten höher, und zwar so, das was an Höhe verloren geht, in der Breite gewonnen wird, so daß das Eigengewicht nicht vergrößert wird.

Liegen die Spanten in größeren Abständen, wie z. B. beim Isherwood-System, dann muß die Topplatte auf die Längsträger gelegt werden. In diesem Falle empfiehlt sich, Boden und Topplatte durch Gitterträger zu unterstützen, wie dies z. B. schematisch in Abb. 110 (S. 100) angegeben ist.

Die zum Leerpumpen erforderlichen Leitungen lassen sich leicht in den Beton wasserdicht einbetonieren, während zum Entlüften des Behälters ohne Schwierigkeiten Gasröhrchen in die Konstruktion eingefügt werden können. Auch das Anbringen von Mannlöchern bringt keine Schwierigkeiten mit sich.

### **Wasserdichte Schotten.**

Durch verschiedene Mittel hat man versucht, Eisenbetonschiffe bei einem Anprall möglichst gegen das Sinken zu schützen. Gabellini hat schon früh seine Aufmerksamkeit auf diesen Punkt gerichtet und und darum Schiffe mit Doppelwand gebaut (siehe Seite 23). Mit dieser Bauweise sind aber zwei Nachteile verknüpft, und zwar folgende: Das Anbringen einer doppelten Haut gibt dem Fahrzeug eine sehr große tote Last, es geht dadurch also an Ladefähigkeit viel verloren. Ferner leistet die zweite Wand dadurch, daß sie in verhältnismäßig geringem Abstände von der eigentlichen Haut angebracht wird, bei einem starken Anprall keinen nennenswerten Dienst, da sie dann höchstwahrscheinlich selbst ebenfalls zerschmettert wird. In diesem Falle läuft die Schute voll und wird sinken, wenn nicht wenigstens wasserdichte Querschotten angebracht sind. An Stelle der Betonschiffe mit Doppelwand tritt also weit besser die einwandige Bauweise mit den erforderlichen wasserdichten Schotten.

Bei eisernen Schiffen ist man übrigens demselben Gedankengange gefolgt; man hat diese schon bald mit einem sogenannten Anprallschott auf ungefähr die halbe Schiffsbreite am Vorderstevan versehen, ferner mit Schotten für Laderaum, Maschinen- und Kesselraum und mit einem Hinterpiekschott.

Jedes Schiff muß eigentlich mit soviel wasserdichten Schotten versehen werden, daß, wenn eine Abteilung voll läuft, die Schwimm-



fähigkeit des Schiffes nicht in Gefahr gebracht wird, aber dieser Grundsatz ist noch lange nicht allgemein durchgeführt, und man hat im heutigen Kriege nur allzugut beobachten können, daß an diesem Punkte noch manches zu verbessern sein würde. Bei Eisenbetonschiffen hat die Verwendung wasserdichter Schotten einen großen Vorteil. Auch diese bilden wieder ein monolithisches Ganzes mit den Spanten, dem Boden und Deck und bieten also zugleich einen guten Querverband und einen vollkommenen und sicheren Abschluß bei Feuersgefahr. Außerdem können alle Längsverbände ungehindert weiterlaufen. Die Wasserdichtheit bleibt in jeder Hinsicht gesichert, im Gegensatz zu den eisernen Schotten in eisernen Schiffen, die sich oft nur schwierig wasserdicht halten lassen. Es ist klar, daß wasserdichte Schotten nur dann einen einwandfreien, sicheren Verschuß bilden, wenn sie keine Stellen haben, an denen die Wasserdichtheit irgendwie verloren gehen könnte.

Es empfiehlt sich deshalb, den Zutritt zu den wasserdichten Abteilungen an der Oberseite anzuordnen und also die Wand nirgendwo zu durchbrechen. In den meisten Fällen wird sich dies als möglich erweisen, wenn auch mit Opferung einiger Bequemlichkeiten.

Die Wand selbst wird in bestimmten Abständen durch Rippen gestützt werden müssen, die so anzubringen sind, daß sie den Wasserdruck auf die Spanten oder das Deck übertragen. Es genügt, die Rippen nur an einer Seite anzuordnen; sie müssen dann aber mit doppelter Bewehrung versehen werden.

Man trifft oft in Schuten auch Längsschotten an, wodurch in Verbindung mit den Querschotten ein sehr kräftiger Schiffskörper erzielt wird, der fast unsinkbar ist.

Mit einem solchen Netz von Längs- und Querschotten sind indessen gewisse Nachteile verbunden. Diese bestehen darin, daß durch die Schotten das Gewicht der Schute vergrößert wird und der Zugang zu ihnen eine Anzahl Mannlöcher erfordert.



Abb. 125. Anordnung der Mannlöcher bei Deckschotten.

Man sollte sowohl das eine wie das andere auf ein Mindestmaß beschränken. Bei Deckschotten haben viele Mannlöcher außerdem den Nachteil, daß sie für die Ladung hinderlich sein können, wenn sie Konstruktionsteile haben, die über das Deck emporragen. Sie müssen dann etwa nach Abb. 125 angeordnet werden. Das Anbringen von Mannlöchern an Stellen, wo die Ladung liegt, sollte tunlichst vermieden werden, da solche Mannlöcher bei beladenen Schuten sich nicht benutzen lassen. Man sollte vielmehr dafür sorgen, daß die Zugänge zu den wasserdichten Abteilungen möglichst auf



das Vorderschiff und das Hinterschiff gelegt werden. Entwürfe zu derartigen Anordnungen der Zugänge findet man in Abb. 126 u. 127.

Man muß sich wohl bewußt sein, daß, was das Anbringen der wasserdichten Schotten betrifft, nicht bei allen Schiffen dieselben Forderungen gestellt zu werden brauchen. Wenn man beispielsweise für Frachtschiffe gewöhnlich verlangt, daß sie, wenn eine Abteilung voll Wasser läuft, nicht sinken dürfen, so werden bei Reisedampfern die Anforderungen gewöhnlich höher sein, und man wird also sicherheitshalber mehr Schotten anbringen müssen. Diese vergrößern aber das tote Gewicht des Schiffes in hohem Maße.

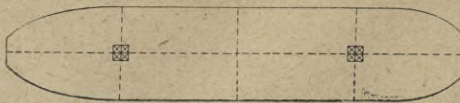


Abb. 126.

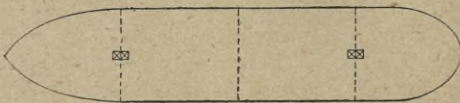


Abb. 127.

Abb. 126 u. 127. Anordnungen der Zugänge zu den wasserdichten Abteilungen.

Fast unbegreiflich ist die Tatsache, daß eine Anzahl Eisenbetonfahrzeuge mit einem soweit durchgeführten System von Längs- und Querschotten in die Fahrt gebracht sind, daß sie zwar fast nicht sinken können, aber ihrem eigentlichen Zwecke nicht entsprechen.

Es ist nicht nötig, die wasserdichten Schotten eben

zu machen, vielmehr können diese jede beliebige Form erhalten, wie sie in Verbindung mit der Anordnung der Maschinen, der Kajüten und dergl. sich als erwünscht oder nötig erweist (s. Abb. 118, S. 103).

Wenn bei größeren Schiffen durch die wasserdichten Schotten hindurch eine Verbindung verlangt wird, so können dieselben Konstruktionen angewendet werden, die im Eisenschiffbau gebräuchlich sind, doch hat man dafür zu sorgen, daß die einzubetonierenden Eisenteile völlig wasserdicht verankert werden.

## Stützen.

Haben die Decke große Stützweite oder sind sie, wie bei Deckschuten, zur Aufnahme der Ladung bestimmt, so müssen sie durch Säulen unterstützt werden. Man kann zu diesem Zwecke kleine Eisenbetonsäulen verwenden, die mit den Deckbalken, Raumbalken und Spanten ein Ganzes bilden und also eine kräftige Versteifung des Querschiffsverbandes bedeuten, aber den Nachteil eines großen Eigengewichtes haben. Wenn es also auf ein kleines Eigengewicht besonders ankommt, so wird sich empfehlen, die Säulen einfach durch einen Rundeisenstab oder durch ein Gasrohr zu bilden. Die Befestigung in dem Deckbalken und dem Kielschwein geschieht am einfachsten durch umgebogene Enden. Zieht man wenige Säulen vor, so werden diese stärker belastet, und ein Rundeisenstab oder



ein Gasrohr genügt deshalb nicht mehr. In diesen Fällen kann man ein gewalztes I-Eisen oder ein Mannesmannrohr oder eine umschnürte Gußeisensäule, Bauart Dr. Ing. von Emperger, verwenden. I-Träger oder Mannesmannrohre können indessen nicht unmittelbar auf das Kielschwein oder einen Spant gestellt werden, da der Druck auf den Beton zu groß werden würde. Die Stütze erhält dann vielmehr einen Fuß, der in Rücksicht auf ein kleines Eigengewicht am zweckmäßigsten auch aus Eisen besteht und im Beton verankert wird und der den Druck der Stütze auf eine große Fläche überträgt.

Sollen die Stützen leicht entfernt werden können, so befestigt man sie oben an der Kopfplatte und unten an der Fußplatte lösbar durch Schrauben.

Bei größeren Schiffen mit hohen Säulen in größeren Abständen erscheint eine Säule von umschnürtem Gußeisen als die richtigste Lösung, nicht nur wegen des geringeren Eigengewichtes, sondern auch deshalb, weil in diesem Falle die Konstruktion feuersicher ist und sie zugleich eine Verstärkung von Boden und Deck bildet.

### Maschinenfundament.

Den in Schiffen aufzustellenden Maschinen gibt man ein kräftiges Fundament, und zwar nicht nur zur möglichst gleichmäßigen Uebertragung des Gewichtes der Maschine auf die Spanten, sondern auch, um sie möglichst starr befestigen zu können, damit die Schiffsachse keine Biegung erfährt. Es ist klar, daß die Form des Maschinenfundamentes von der Form des Schiffes abhängig ist, aber auch die Art und Abmessungen der Maschine und ihre Höhe Lage kommen dabei in Betracht. Da nun verschiedene Maschinengattungen und Schiffformen im Gebrauch sind, so ist für jeden besonderen Fall ein anderes Fundament zu entwerfen, und allgemeine Regeln können somit nicht leicht angegeben werden.

Soviel aber ist gewiß, man sollte dafür sorgen, daß das Fundament nicht übermäßig schwer wird. Einerseits würde das Schiff durch ein schweres Maschinenfundament ein zu großes Eigengewicht bekommen und zu ungünstig im Wasser liegen, andererseits würde man die monolithische Eigenart des Eisenbetons zu wenig ausnutzen. Es ist darauf zu achten, daß alle Spanten, die Haut und alle Längs- und Querverbindungen ein Ganzes bilden und alle zugunsten des Maschinenfundamentes mitwirken, indem sie mit ihrer großen Masse an den Schwingungen des Maschinengestelles teilnehmen.

Hieraus ergibt sich — und die Erfahrung hat diese Behauptung auch bereits als zutreffend befunden —, daß eine Eisenbetonschute vom Laufe der Maschine viel weniger behindert werden wird als eine eiserne Schute.



Das Fundament muß also derartig angeordnet sein, daß die Grundplatte der Maschine starr und unbeweglich mit der Betonmasse der Schute verbunden ist. In welcher Weise dies geschehen kann, soll an Hand einiger Beispiele in folgendem besprochen werden.

Im einfachsten Falle, der besonders bei kleinen, scharf gebauten Schiffen vorkommt, läßt man die Maschine ihren Druck unmittelbar auf die Kattspuren übertragen, und zwar dadurch, daß unterhalb der Fundamentplatte der Maschine Eisenbetonstühle angeordnet werden, in die die Fundamentbolzen einbetoniert werden (Abb. 128). Man kann

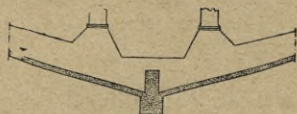


Abb. 128.

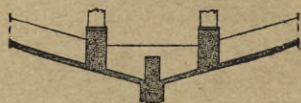


Abb. 129.

diese Stühle in der Längsrichtung miteinander kuppeln, so daß unter der Fundamentplatte ein durchgehender Längsträger entsteht (Abb. 129).

Bei schwereren Maschinen läßt sich dieser Konstruktionsgedanke noch weiter verfolgen, indem man auch Querkuppelungen anbringt. Diese sind dann tatsächlich erhöhte Kattspuren, die auch dieselbe Dicke bekommen müssen. Um sie zugleich als Bodenverstärkung wirken zu lassen, muß man sie mit dem Spant aus einem Stück gießen. Sollten sie aber dabei zu hoch ausfallen, so bringt man besser einen Kuppelträger frei von den Kattspuren an (Abb. 130).

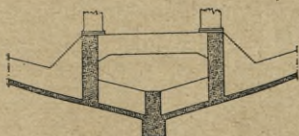


Abb. 130.

In jedem einzelnen Falle wird man also überlegen müssen, welche Konstruktion die leichteste und beste ist, insoweit diese beiden oft widerstreitenden Bedingungen sich miteinander vereinigen lassen.

Bei Schiffen mit doppeltem Boden kann tatsächlich dieselbe Konstruktion verwendet werden. Man stellt dann die Stühle auf die Topplatte, und zwar stets über einen Spant.

Wenn die Maschinenwelle tief liegt, kann die Topplatte unmittelbar als Fundament dienen und muß dann bisweilen in der Längsrichtung durch Längsträger verstärkt werden. Diese können ohne Schwierigkeit unter die Topplatte gelegt und mit dieser zugleich gegossen werden.

Es kann sogar auch vorkommen, daß die Topplatte an der Stelle, wo das Triebwerk liegt, nicht durchgehen kann. Man formt sie dann an jener Stelle nach der Rundung des Triebrades, das dann gleichsam in einem Kasten läuft.



Das Fundament für die Kessel kann ebenfalls in einfacher Weise hergestellt werden. Man gießt dazu auf die Kattspuren sogenannte Kniee, auf denen der Kessel ruhen muß und die verhindern, daß der Kessel beim Schwanken des Schiffes in Bewegung gerät. Jeden Kessel unterstützt man in dieser Weise durch je drei Spanten. Bei mehreren Spanten nebeneinander müssen auch diese gegeneinander gestützt werden. Da man den Beton in jeder gewünschten Form gießen kann, so ist man auch hier wieder völlig frei in bezug auf Form und Abmessungen. Die Kniee kuppelt man womöglich durch Längsbalken, die am zweckmäßigsten an der Oberseite der Kniee an diese anschließen (Abb. 131).

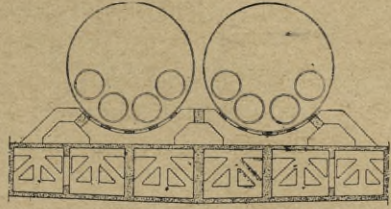


Abb. 131. Fundament für die Kessel.

### Die Mastspuren.

Der Mast kommt im allgemeinen auf das Saatholz zu stehen, und die Stützkonstruktion muß zwei Anforderungen entsprechen: erstens muß das Gewicht des Mastes und der Takelung über eine größere Oberfläche verteilt werden, und zweitens muß der Mast verhindert werden, sich zu drehen. Man kann hiernach auf das Saatholz ein Fußgestell mit Rippen auf dem Saatholz und den Spanten stellen, und die Drehung des Mastes

durch ein einbetoniertes T-Eisen nach Abb. 132 verhindern, der Hiel des Mastes wird in diesem Fußgestell festgeklammert.

Bei hölzernen Masten wird das Loch, in das die Hiel

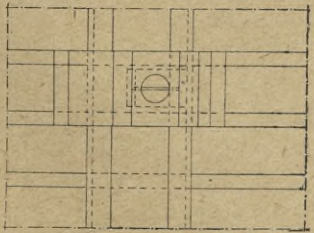
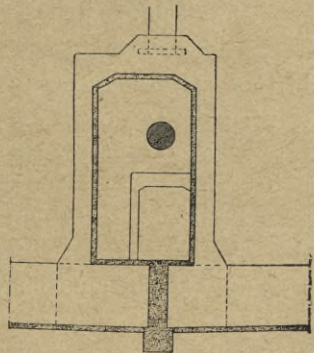
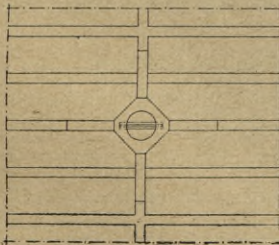
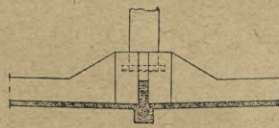


Abb. 132. Befestigung des Mastes. Abb. 133.

des Mastes gesetzt wird, viereckig gemacht; hier kommt das T-Eisen, das das Drehen verhindern soll, also in Wegfall. Auch kann man den



Mast in einen Koker setzen, der vom Boden zum Verdeck läuft, eine Konstruktion, die besonders für große Segelfahrzeuge erwünscht ist und mittels deren dem Eindringen von Wasser vorgebeugt wird. Bei großen Dampfschiffen kann der Mast nicht auf dem Kielschwein stehen, weil an dieser Stelle der Tunnel für die Schraubenwelle durchläuft. Der Mast muß in diesem Falle auf den Tunnel gesetzt werden, und dieser muß dort durch einen außenliegenden Rahmenträger nach Abb. 133 verstärkt werden. Die Stelle, wo der Mast durch das Deck hindurchgeht, muß ebenfalls etwas verstärkt werden. Man kann dieses dadurch erreichen, daß man die Deckplatte an dieser Stelle dicker macht und mit einigen kräftigen Bewehrungsseisen versieht. Längs dem Umfange des Loches betoniert man ein ringförmiges L- oder C-Eisen ein. Gegen den so erzielten Rand legt sich dann der Mast mit weichen, hölzernen Keilen fest.

Besteht die Gefahr, daß bei überschlagenden Seen das Wasser durch das Mastloch hindurch in das Schiffsinne eindringen kann, so muß ein bis zur Höhe von etwa 20 bis 50 cm über Deck hinausragender Mastkoker angebracht werden. Es empfiehlt sich, diesen Koker aus Eisen zu machen, da dieses ein geringeres Gewicht ergibt als Beton.

### **Befestigung von Gegenständen an Eisenbetonschiffen.**

Dadurch, daß Eisenbetonschiffe nicht bewachsen und wenig Unterhaltung erheischen, wird es nur selten vorkommen, daß das Schiff auf eine Helling gezogen oder gedreht werden muß. Es wird sich also empfehlen, die Gegenstände, die an den Beton befestigt werden müssen, leicht auswechselbar anzubringen.

Der Bauteil, der am meisten der Abnutzung und Beschädigung unterliegt, ist das Reibholz. Die Befestigung des Reibholzes am Beton geschieht am einfachsten durch eingegossene Bolzen, die an ihrem vorstehenden Ende mit Schraubengewinde nach Abb. 134 versehen sind. Diese Bolzen werden in den Bordbalken oder in die Spanten gleich bei deren Betonierung mit eingegossen. Die Schraubenmuttern läßt man etwas in das Reibholz ein, und zwar am besten etwas tiefer, als die Mutter hoch ist. Ueber dem Reibholz bringt man schließlich noch einen flachrunden Eisenbeschlag an, der einen besseren Schutz gegen Beschädigungen des Reibholzes und der Mutter bildet. Wird etwas tiefer noch ein zweites Reibholz angebracht, das also in vielen Fällen unter Wasser liegen wird, dann muß dieses Reibholz anders befestigt werden, denn der Teil des Bolzens, der im Reibholz sitzt, würde bald dem Roste und der Verwitterung erliegen, da er sich abwechselnd unter und über Wasser befindet. Ein solcher Bolzen muß also erneuert werden können, ohne daß der Beton aufgeschlagen zu werden braucht. Wie dieses geschehen



kann, ist in Abb. 135 dargestellt. An der Stelle, wo das Reibholz befestigt werden soll, werden Stückchen Gasrohr, die mit Schraubengewinde versehen sind, einbetoniert. Das Reibholz wird dann dadurch befestigt, daß in das Gasrohr ein Schraubenbolzen eingedreht wird.

Dieselbe Art der Befestigung kann auch verwendet werden, um alle unter Wasser liegenden Gegenstände, die später erneuert oder abgenommen werden sollen, am Beton zu befestigen.

Es verdient hier ausdrücklich erwähnt zu werden, daß die Befestigung von Gegenständen unter Wasser mittels durchgehender Bolzen m. E. durchaus verkehrt ist. Solche Bolzen haben nicht nur den oben genannten Nachteil des Wegrostens, sondern sie verursachen auch sehr leicht Leckstellen. Die neue Art zur Befestigung von Gegenständen am Beton unter Wasser habe ich hingegen bei verschiedenen Schiffen mit gutem Erfolge verwendet.

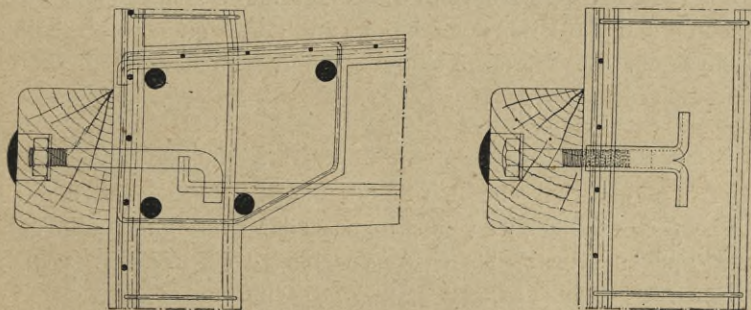


Abb. 134.

Befestigung des Reibholzes.

Abb. 135.

Alle Gegenstände auf dem Deck, wie z. B. Poller, können mit durch das Deck hindurchgehenden Bolzen befestigt werden.

Die meisten offenen Schuten, zumal diejenigen, die zur Beförderung von Massengütern dienen, müssen an ihren Innenseiten mit einer hölzernen Bekleidung (Schiffstreu) versehen werden, damit die Haut nicht durch niederfallende Stücke beschädigt wird. Die innere Bekleidung kann auf verschiedene Weise angebracht werden. Walter Stroß hat bei den von ihm gebauten Schuten die innere Bekleidung sehr solide ausgeführt, da er sie zugleich als Wasserwehr ausnutzen wollte. Auf den Betonspanten und den hölzernen Zwischenträgern, die sich als notwendig erwiesen, weil der Spantenabstand (1,50 m) ziemlich groß ist, wurde die hölzerne Wand auf die in Abb. 136 angegebene Weise befestigt, während die Nähte noch besonders gedichtet und mit Goudron und Asphalt überzogen wurden. Dadurch blieb ein Raum von ungefähr 25 cm Breite zwischen der hölzernen Wand und der Betonhaut frei, die also bei einem Anprall, wenigstens anfänglich, das Wasser noch aufhalten.



Da die innere Bekleidung ebenfalls möglichst leicht sein muß, zeigt sich hier wieder der Vorteil eines kleinen Spantenabstandes, denn bei einem solchen braucht man keine hölzernen Zwischenspanten zur Abstützung der hölzernen Wand. Es empfiehlt sich, hier dieselbe Arbeitsweise zu verwenden, wie man sie meist auch bei eisernen Schutenvädhlt, daß man nämlich den Boden mit losen Verschlügen und die Seitenwände mit leicht abnehmbaren Verschlügen versieht.

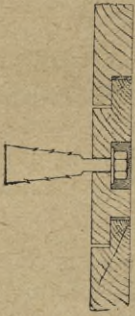


Abb. 136.  
Befestigung der  
hölzernen Wand.

Es kommt mir vor, daß sich dafür eine Konstruktion benutzen läßt, wie sie beim gewöhnlichen Hausbau gebräuchlich ist, nämlich eine solche mit Hilfe galvanisierter Spiralen, in deren jede ein Holzdrahtbolzen gerade hineinpaßt. Beim Betonieren werden die Spiralen in die Konstruktion eingelegt, während der Erhärtung des Betons werden die Bolzen herausgedreht, während die einbetonierte Spirale sitzen bleibt, die man dann dazu benutzen kann, um daran eine hölzerne Wand zu befestigen. Die hölzerne Wand kann also im Bedarfsfalle bequem erneuert werden.

### Die Notwendigkeit des Bauens von Eisenbetonschiffen.\*)

Auf den vorhergehenden Seiten haben wir gezeigt, daß der Bau von Eisenbetonschiffen jetzt nicht mehr zu den Unmöglichkeiten gehört, ja wir meinen selbst, daß es uns gelungen ist, nachzuweisen, daß der Eisenbetonschiffbau mit dem Eisenschiffbau sogar wettbewerbfähig ist, und daß auch in konstruktiver Hinsicht auf diesem Gebiete unüberwindliche Schwierigkeiten für die neue Bauweise nicht mehr bestehen.

Die Bedenken gegen das übermäßig große Eigengewicht glauben wir dadurch behoben zu haben, daß wir die Verwendung einer dünnen Haut mit kleinem Spantenabstande vorschlugen. Näherten wir uns bei Eisenbetonschiffen mit kleinem Tonnenmaß schon dem Gewicht einer eisernen Schute derselben Ladefähigkeit, so kann fast mit Gewißheit behauptet werden, daß bei einem größeren Eisenbetonschiffe das Eigengewicht höchstens ebenso groß, ja selbst kleiner ausfallen wird als das eines eisernen Schiffes derselben Ladefähigkeit.

Fassen wir weiter die einzeln aufgezählten Vorteile zusammen, so stellt sich heraus, daß alle Umstände dafür sprechen, dem Eisenbetonschiffbau eine große Zukunft vorauszusagen.

Es gibt aber noch einen anderen Gesichtspunkt, den wir bis jetzt nur beiläufig berührt haben und der uns dazu führt, die Folgerung

\*) Unter Benutzung eines Aufsatzes von Dr. Ing. F. von Emperger in „Beton u. Eisen“ 1918, Heft 2/3.



zu ziehen, daß der Bau von Eisenbetonschiffen gegenwärtig eine dringende Forderung bildet und man diese neue Industrie allerorts notwendigerweise wird fördern müssen. Wir sahen bereits, daß in Frankreich der Ingenieur Lorton ein Eisenbetonschiff von 675 Tonnen Ladefähigkeit mit 12 Tonnen Eisen baute. Jedenfalls ist hiermit die unterste Grenze des Eisenverbrauchs angegeben. Wenn man die Konstruktionen so schwach bewehrt, kann man nur schlechte Ergebnisse erwarten. Verfasser baut seine Schiffe mit ungefähr dem dritten oder vierten Teil des Eisens, das für ein Eisenschiff gleicher Ladefähigkeit nötig ist, und das ist schon ein ungeheurer Unterschied. — Diese Schiffe haben sich in der Praxis als sehr gut erwiesen. Die Herstellung des Schiffskörpers aus Eisenbeton ist mit Hilfe nur weniger Arbeitskräfte ausführbar, weil das Biegen und Verlegen der Rundeisenstäbe mit viel weniger Arbeitsaufwand durchführbar ist als das Nieten, und ferner, weil das Gießen des Eisenbetonschiffes rasch erledigt sein kann und das Schiff binnen kurzem soweit ist, daß es vom Stapel gelassen werden kann und die Maschinen eingebaut werden können.

Die gesamte Herstellungsdauer des Eisenbetonschiffes wird daher, sofern es sich um Schiffe mit eigenem Motor handelt, in erster Linie von der Geschwindigkeit abhängen, mit der die Schiffsmaschinen und Ausrüstung beigestellt werden können, und der Umstand, daß wir den Maschinenfabriken für den Bau der Maschinen weder Baustoff noch geeignete Arbeiter entziehen, wird die Werften leistungsfähiger machen. Man muß Eisenbetonschiffe bauen, sonst zieht man den kürzeren. Man darf sich nicht dadurch irreführen lassen, daß der Unterseebootkrieg nur die feindlichen Mächte schädigt und nur diese ein Interesse daran haben, ihre Verluste durch Neubauten wettzumachen. Nach dem Kriege wird die Frachtrate durch den in der ganzen Welt zur Verfügung stehenden Schiffsraum bestimmt und höchstens in der Weise abgestuft werden, daß jede Nation bestrebt sein wird, sich bei ihren eigenen Schiffen Vorrechte zu sichern. Alle verloren gegangenen Schiffe beeinflussen demnach die Handelsverhältnisse, und jedes Land hat das gleiche Interesse daran, nach dem Kriege den Verlust an Schiffsraum tunlichst rasch ausgeglichen zu sehen. Die Frachtraten werden nach dem Kriege zu schwindelnder Höhe ansteigen. Der vom Reeder zu erzielende Gewinn hängt aber nur davon ab, ob er seine Schiffe zur Zeit der Hochkonjunktur bereit hat oder nicht. Fehlen ihm die Schiffe, so können ihm selbst alle übrigen günstigen Umstände nicht den erwünschten Gewinn bringen und, was natürlich wichtiger ist, für die Allgemeinheit nicht die erwünschte Herabsetzung der Frachtrate erlauben. Um diesem Ziele nahe zu kommen, muß man also eine Schiffbauweise haben, die mit einer kurzen Lieferfrist, also mit



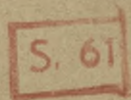
dem Vorhandensein der für den Schiffbau notwendigen Baustoffe rechnet, und hier kommt der Unterschied zwischen dem Eisenschiffbau und dem Eisenbetonschiffbau in maßgebender Weise zur Geltung. Wenn es auch möglich ist, auf dem Wege der Massenerstellung rasch Eisenschiffe, sogenannte Standardschiffe, zu bauen, so ist die Möglichkeit einer solchen Massenerstellung doch an die Lieferung entsprechender Eisenmengen gebunden. Mit dem Ende des Krieges ist aber ein außerordentliches Anschwellen der Nachfrage nach allen jenen Baustoffen bestimmt zu erwarten, die für solche Bau- und Betriebszwecke in Betracht kommen, die man während des Krieges zu vernachlässigen genötigt war. In erster Linie wird der Bedarf an Eisen in allen seinen verschiedenen Handelsformen emporschnellen, so daß die gegenwärtigen Verhältnisse der Eisenindustrie, die sich weniger durch die hohen Preise als durch die ganz unbestimmten Liefertermine gekennzeichnet haben, auch für längere Zeit hinaus fortbestehen und vielleicht erst dann auflösen werden, wenn die Hochkonjunktur in der Schifffahrt vorüber ist und demnach der starke Bedarf an neuen Schiffen bereits hinter uns liegt. Diese Umstände müssen uns dazu führen, dem Schiffbau in Eisenbeton besondere Aufmerksamkeit zu schenken, der Schiffe rascher und mit einer weit geringeren Eisenmenge herzustellen in der Lage ist, als dies bisher der Fall war. Ist es doch schon heute möglich, aus dem für ein Eisenschiff nötigen Eisen sechs oder sieben Eisenbetonschiffe zu bauen.

Wem es gelingt, diesen Ausgleich rasch durch Schiffe unter eigener Flagge zu vollziehen, der hat einen sehr weittragenden Gewinn.

Wenn der Mangel an Eisen und an Schiffsraum nicht entstanden wäre, so hätten vielleicht die vortrefflichen Eigenschaften des Eisenbetons für den Schiffbau nicht so schnell allgemeinere Anerkennung gefunden. Wie abscheulich und verheerend der Krieg auch sein mag, er hat jedenfalls den Vorteil, daß er die Grundlage für neue Konstruktionsgedanken schafft und Bauweisen möglich macht, auf deren praktische Verwendung sonst niemals eine Aussicht bestanden hätte. Der Eisenbetonschiffbau war ein notwendiger Erfolg des Unterseebootkrieges. Vom Unterseeboot zum Eisenbetonschiff!

Und jetzt, wo bereits zahlreiche Versuche vorliegen, wo die Ausführungsmöglichkeit auch für größere Schiffe glänzend erwiesen ist und die konstruktiven Schwierigkeiten Schritt für Schritt überwunden worden sind, da öffnen sich neue Ausblicke für den überseeischen Güteraustausch.

Künftig werden auch die weißen Eisenbetonschiffe den Ozean durchschneiden, um die nötigen Rohstoffe für die notleidende Menschheit herbeizuholen.





- Statische Tabellen.** Belastungsangaben und Formeln zur Aufstellung von Berechnungen für Baukonstruktionen. Von *F. Boerner*, Ingenieur. Fünfte neubearbeitete Aufl. Mit 399 Textabb. 1915. geb. 4,40 M.
- Hilfsmittel zur einfachen Berechnung von Formänderungen und von statisch unbestimmten Trägern.** Von *R. Schadek v. Degenburg* und *K. Demel*, Ingenieure. Mit 440 Textabb. 1915. geh. 4 M., kart. 4,40 M.
- Die Berechnung der Rahmenträger mit besonderer Rücksicht auf die Anwendung.** Von *Dr.-Ing. Fr. Engesler*, Geh. Oberbaurat, Professor. Mit 42 Textabb. 1913. geh. 1,80 M. *Vergriffen.*  
Zweite Aufl. *erscheint voraussichtlich im Laufe des Jahres 1918.*
- Rahmenberechnung mittels der Drehwinkel.** Von *Dr.-Ing. W. Gehler*, Professor a. d. Techn. Hochschule, Dresden. Beitrag zur Festschrift „Otto Mohr zum 80. Geburtstag“. Mit Bildnis Otto Mohr und mit 140 Textabb. 1916. geh. 8 M., geb. 9,50 M.
- Erläuterungen zu den Eisenbetonbestimmungen 1916 mit Beispielen.** Von *Dr.-Ing. W. Gehler*, Professor a. d. Techn. Hochschule, Dresden. Zweite ergänzte Aufl. Mit 31 Textabb. 1918. geh. 3,60 M.
- Der Rahmen.** Einfaches Verfahren zur Berechnung von Rahmen aus Eisen und Eisenbeton mit ausgeführten Beispielen. Von *Dr.-Ing. W. Gehler*, Professor a. d. Techn. Hochschule, Dresden. Mit zahlreichen Textabb. geh. etwa 10 M.  
Zweite Aufl. *erscheint voraussichtlich Frühjahr 1919.*
- Gußbeton.** Eine Studie über Gußbeton unter Berücksichtigung des Stampfbetons. Von *P. Haves*, Ingenieur. Mit 34 Textabb. 1916. geh. 2,60 M.
- Rahmenformeln.** Gebrauchsfertige Formeln für einhüftige, zweiseitige, dreieckförmige und geschlossene Rahmen aus Eisen- oder Eisenbetonkonstruktion nebst Anhang mit Sonderfällen teilweise und ganz eingespannter Träger. Von *Dr.-Ing. A. Kleinlogel*, Privatdozent a. d. Techn. Hochschule, Darmstadt. Mit 338 Textabb. 1914. geh. 10 M., geb. 11 M.
- Der doppelt gekrümmte Träger und das schiefe Gewölbe im Eisenbetonbau.** Ein Beitrag zu ihrer Berechnung. Von *Dr.-Ing. H. Marcus*. Mit 23 Textabb. 1914. geh. 2,80 M.
- Beiträge zur Theorie der im Eisenbetonbau gebräuchlichen Form der Rippen-Kuppel.** Von *Dr.-Ing. K. W. Mautner*. Mit 47 Textabb. 1911. geh. 4 M.
- Die Berechnung mehrstieliger Rahmen unter Anwendung statisch unbestimmter Hauptsysteme.** Von *Dr.-Ing. W. Nakons*. Mit 92 Textabb. 1914. geh. 4,20 M.
- Der Einfluß der Längs- und Querkräfte auf statisch unbestimmte Bogen- und Rahmentragwerke.** Von *Dr.-Ing. Rueb*, Städt. Ingenieur. Mit 6 Textabb. u. 3 Tafeln. 1914. geh. 2,60 M.
- Beschaffenheit, zweckmäßige Mischungsverhältnisse und Ausbeute hydraulischer Baustoffe.** Von *Dipl.-Ing. B. Safir*. Mit 9 Diagrammen. 1909. geh. 1,80 M.



Verlag von **WILHELM ERNST**  
Wilhelmstraße

**POLITECHNIKA KRAKOWSKA**  
**BIBLIOTEKA GŁÓWNA**



L. inw.

16930

„Beton u. Eisen“ veröffentlichte u. a.

**Jahrgang 1917.**

Leichter aus Eisenbeton und Sicherungskiele.  
Der Bau von Schiffen aus Eisenbeton. Mit 34 Abb. Nr. 452/57  
Amsterdam.

**Jahrgang 1918.**

**Heft 1.** Der Eisenbetonschiffbau. Mit 29 Abb. Von Oberbaurat Dr. Ing.  
*F. von Emperger.*

**Heft 2/3.** Schiffe aus Eisenbeton. Von Oberbaurat Dr. Ing. *F. von Emperger.*  
Neuere Anwendungen im Eisenbetonschiffbau. Mit 3 Abb. Von Zivilingenieur  
*A. A. Boon,* Amsterdam.

Eisenbetonschiffbau in Niederländisch-Indien. Mit 3 Abb.

**Heft 4/5.** Ueber Eisenbetonschiffbauten. Mit besonderer Berücksichtigung  
einer Ausführung der Firma Ed. Züblin & Co. Mit 12 Abb. Von Dr.-Ing.  
*H. Schürch,* Straßburg.

**Heft 6.** Vorschriften für den Bau von Seeschiffen in Eisenbeton. Mit 10 Abb.  
Von Professor *Suenson,* Kopenhagen.

Das erste österreichische Schiff aus Eisenbeton auf der Adria. Mit 5 Abb.  
Von Ingenieur *Zigerli,* Spalato.

Patente über den Bau von Schiffen aus Eisenbeton. (Anfang.) Mit 1 Abb.  
Von Ingenieur *Ferdinand,* Berlin.

*Preis des Jahrganges 1918 beträgt postfrei Inland 20 M., Ausland 23 M.*

**Neuere Hohlkörperdecken.** Versuch einer statischen und wirtschaftlichen Wertung. Von *K. Böhm-Gera.*

Mit 330 Textabb. 1917. geh. 12 M., geb. 15 M.

**Der Bau massiver Brückenpfeiler mit Preßluftgründung.** Von Dipl.-Ing.  
*F. H. Flach,* Oberingenieur. Mit 71 Textabb. 1917. geh. 4,50 M.

**Der wirtschaftliche Wettbewerb von Eisen und Eisenbeton im Brückenbau.** Massen und Kosten sowie Kostenvergleiche von Eisen- und Eisenbetonbrücken. Von Dr.-Ing. *Th. Gestesch.* Mit 24 Abb. 30 Texttafeln u. 4 Tafeln im Anhang. 1918. geh. 8 M., geb. 9,50 M.

**Hölzerne Brücken.** Statische Berechnung und Bau der gebräuchlichsten Anordnungen. Von *A. Laskus,* Geh. Regierungsrat.  
Mit 303 Textabb. 1918. geh. 7,40 M., kart. 8 M.

**Schiffsgefäße,** enthalten im Handbuch für Eisenbetonbau, 2. Aufl. Band IV. Wasserbau. Von *F. W. Otto Schultze,* Professor an der Techn. Hochschule, Danzig.

Mit zahlreichen Textabb. 1910. geh. 14 M., geb. 17,50 M.

**Beiträge zur Theorie kontinuierlicher Eisenbetonkonstruktionen** besonders der mehrstöckigen Rahmen und durchgehenden Balken mit veränderlichem Trägheitsmoment. Von *A. Straßner,* Ingenieur.  
Mit 21 Textabb. 1912. geh. 2,60 M.

**Neuere Methoden zur Statik der Rahmentragwerke und der elastischen Bogenträger.** Mit gebrauchsfertigen Tabellen für die Einflußlinien von Gewölben und ausführlichen Rechnungsbeispielen. Von *A. Straßner* Ingenieur. Mit 157 Textabb. 1917. geh. 16 M., geb. 17,50 M.

**Schwimmkörper aus Eisenbeton.** Von *W. Straß,* Ingenieur.  
Mit 154 Textabb. 1911. geh. 6 M.

**Zur Statik der Stockwerke** Von *R. Wuczkowski,* Ingenieur.  
Zwei 4 Textabb. 1912. geh. 1,60 M.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300365

st. Berlin S. V.