

4647196
16927838
18448735

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt
1. Mitteilung

VERWENDUNG VON EISENBETON BEI WASSERBAUTEN

BERICHT

VON

S. MULLER

Eh. Professor der Ingenieur-Wissenschaften an der Technischen Hochschule zu Berlin

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)

169, rue de Flandre, 169



II - 254158

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000316758

2011-10-10/2018

Verwendung des Eisenbetons bei Wasserbauten

In Deutschland hat der Eisenbeton, wie fast auf allen Gebieten des Hoch- und Tiefbaues, so auch im Wasserbau eine rasch steigende Anwendung gefunden; bei manchen Wasserbaukonstruktionen wird schon heute dem Eisenbeton vor anderen Baustoffen der Vorzug gegeben. Seit den ersten Ausführungen grösserer Eisenbetonkonstruktionen im Wasserbau ist mehr als ein Jahrzehnt vergangen, und bei der ungewöhnlich schnellen Entwicklung lässt sich nunmehr ein, wenn auch nur ange näherter, Ueberblick über die Bewährung und die Aussichten für die weitere Entwicklung geben.

Es erübrigt sich hier, die bekannten *allgemeinen* Eigenschaften, welche den Wert des Eisenbetons als Baustoff bedingen, hervorzuheben. Der Wert des Eisenbetons für Wasserbauten hängt jedoch noch wesentlich von den besonderen Eigenschaften ab, die der Eisenbeton für die Eigenart dieser Konstruktionen gegenüber den anderen Baustoffen zeigt; im besonderen kommen hier nur die Bauten der Binnenwasserstrassen in Frage, auf welche sich der vorliegende Bericht allein beschränkt.

Infolge seiner Eigenart kann der Eisenbeton, je nach der Art des Bauwerkes, jeden bisher in Anwendung befindlichen Baustoff ersetzen und ihm je nach den Baubedingungen überlegen werden, dem Holz so gut wie dem massiven Mauerwerk aus Stein oder Stampfbeton, wie schliesslich den Eisenkonstruktionen.

Dem *Holz* gegenüber hat der Eisenbeton für den Wasserbau den nicht höch genug schätzenden *Vorteil* der dauernden Widerstandskraft gegen den Wechsel von Wasser und Luft; bei der überwiegenden Mehrzahl der bisher bei deutschen Binnenwasserstrassen zur Ausführung gekommenen Eisenbetonkonstruktionen ist der Eisenbeton an die Stelle von Holz getreten, und fast immer hat der Fortfall jeder Fäulnisgefahr für die

Wahl des Eisenbetons einen massgebenden Einfluss geübt. Dies gilt für die Schalwände der Bollwerke, für die Spundwände in allen Anwendungsmöglichkeiten, vornehmlich aber für das bisherige Hauptgebiet des Eisenbetons im Binnenwasserstrassenbau, für die Tiefgründungen auf Eisenbetonpfählen. Ueber raschend schnell ist es gelungen, die anfänglichen Schwierigkeiten, welche sich bei den ersten Rammungen infolge der grösseren Härte des Eisenbetons ergaben, zu überwinden und den Eisenbeton in seiner Rammfähigkeit tunlichst dem Holz ebenbürtig zu machen.

Nicht so einfach ist bei Wasserbauten die Frage der Bewertung des Eisenbetons im Vergleich zum massiven Baukörper ohne Eiseneinlage. Die entscheidenden Vorteile des Eisenbetons, die ungleich grössere Festigkeit vornehmlich bei Biegungsbeanspruchungen bei gleichzeitiger wesentlicher Verminderung der Masse, bleiben bei allen Bauwerken, bei denen nicht der besondere Einfluss des Wassers und des Wasserverkehrs hinzutritt, naturgemäss in ihrer ausschlaggebenden Bedeutung bestehen; so für das ganze Gebiet des massiven Brückenbaues, so für wasserbauliche Hochbauten, wie Hafenschuppen, Speicher, Wassertürme u. dergl. Bei einer Reihe von Wasserbaukonstruktionen, und gerade bei den nur im Wasserbau vorkommenden Bauten, tritt für die Bewertung des Baustoffes neben der Frage der ruhenden Festigkeit die Frage der Widerstandsfähigkeit gegen die Stosswirkungen grosser Massenkörper, wie die der anfahrenden Schiffe, — schliesslich häufig die Frage der Dichtigkeit bei hohem Wasserdruck! — Solche Fragen sind von Wichtigkeit für die Wand- und Sohlenkonstruktionen von Wasserrinnen, im besonderen für Schleusen- und Wehrbauten. In wie weit etwa die Rücksicht auf diese beiden Forderungen dazu führen mag, den Eisenbeton nicht in den sonst üblichen geringen Stärken, wie sie bei alleiniger ruhender Belastung zulässig sind, zu verwenden, darüber können nur Erfahrungen an grösseren Ausführungen entscheiden; in deutschen Binnenwasserstrassen liegen hierfür geeignete Ausführungen noch nicht vor.

Eisenkonstruktionen kommen bei Bauwerken der Binnenwasserstrassen, bei denen die Widerstandskraft gegen Stosswirkungen des Schiffsbetriebes und die Wasserdichtigkeit von Bedeutung sind, vornehmlich nur bei bewegten Bauteilen vor, so bei Schleusentoren und Wehrschützen. In diesen Anwendungs-

gebieten ist der Eisenbeton mit dem Eisen ebensowenig wie mit dem Holze in Wettbewerb getreten. Eisenkonstruktionen sind durch Eisenbeton hauptsächlich in den Ueberbrückungen der Wasserläufe ersetzt worden; hier sind die geringen Betriebskosten, wie alle Vorteile der massiven Bauweise für den Eisenbeton ausschlaggebend.

Seine natürlichen Vorteile im Wettbewerbe der Baustoffe haben dem Eisenbeton trotz der kurzen Zeit seines Eintrittes in den Wasserbau schon ein weites Feld verschiedenartiger Anwendungsgebiete erschlossen.

Wie bei allen Arten von Hochbauten, so ist auch bei den hochbaulichen Betriebsanlagen des Wasserverkehrs eine grosse Reihe bemerkenswerter Ausführungen entstanden; der Fortschritt, den der Eisenbeton bei diesen Bauten ermöglicht hat, liegt in ihrer Feuersicherheit, in ihrer Unempfindlichkeit gegen die ungünstigen Witterungseinflüsse und die mechanischen Beschädigungen des Hafensbetriebes und schliesslich in der Verringerung der Baukosten. Ein Muster unter vielen bildet das schon seinem Umfange nach bemerkenswerte, ganz in Eisenbeton ausgeführte, soeben fertiggestellte Speichergebäude am Tempelhofer Hafen des Tellowkanals. Freilich vollzieht sich die Entwicklung dieses Anwendungsgebietes ganz im Rahmen des gesamten Eisenbetonhochbaues; ein besonderer Einfluss des Wasserbaues ist weder in Planung noch in Ausführung vorhanden.

Für ein zweites allgemeines Anwendungsgebiet des Eisenbetons, für die Eisenbetonbrücken über Wasserläufen, kann der Wasserverkehr für die Ausgestaltung eigenartiger Tragwerke von ausschlaggebender Bedeutung werden. Insbesondere für den Bau neuer Kanäle wird es von Wichtigkeit sein, über das erforderliche Freiprofil mit anschliessendem Leinpfade eine Ueberbrückung mit geringster Höhen- und Seitenentwicklung zu schaffen. Gerade für diese Aufgabe ist der Eisenbetonbau vermöge seiner Biegefestigkeit und des monoliten Charakters, den er dem Seitenbau und Ueberbau geben kann, in hohem Masse geeignet. Das allgemeine Gebiet der Eisenbetonbrücken ist bereits heute ein solch umfassender Zweig des Eisenbetonbaues, dass auch nur eine Besprechung der wichtigsten Hauptpunkte im Rahmen dieser wasserbaulichen Mitteilung nicht möglich ist. Sonderkonstruktionen für die Anforderungen neuer Kanäle sind erst im Werden begriffen und werden voraussichtlich beim Bau des Mittellandkanals sich entwickeln.

Geeignetes Material für die vorliegende Mitteilung liegt noch nicht vor. Für die Verhandlungen kommender Schiffahrtskongresse wird die Betrachtung von Eisenbetonkonstruktionen für Kanalbrücken ein dankbares Feld bieten.

Im eigentlichen Gebiete der Wasserbaukonstruktionen ist die Verwendung des Eisenbetons nicht in allen Gebieten gleichmässig. Im Wehr- und Schleusenbau liegen heute, soweit deutsche Binnenwasserstrassen in Betracht kommen, abgesehen von vereinzelt Versuchen, bemerkenswerte Ausführungen und Erfahrungen noch nicht vor; auch nicht auf dem Gebiete der Korrektionswerke des Flussbaues.

Das *Hauptgebiet* der Eisenbetonausführungen liegt in den *Uferbefestigungen* und *Ufermauern* für Kanäle und Häfen: *diese Bauwerke* sind demgemäss im Einzelnen zum Gegenstand der vorliegenden Mitteilung gemacht. Doch auch auf diesem Gebiete muss bei der bereits übergrossen Anzahl von Ausführungen auf eine Vollständigkeit verzichtet werden; es können nur an der Hand einzelner Ausführungen wenige Hauptpunkte hervorgehoben werden.

I. — Eisenbetonplatten für Uferböschungen und Bollwerkswände

Die Ufer der Kanäle können selbst durch kleine Strömungen und Wellen aus dem Schiffsbetriebe oder durch die Einwirkungen des Frostes, häufig auch durch mechanische Einwirkungen leicht beschädigt werden, wenn sie nicht geschützt sind; früher befestigte man sie hauptsächlich durch Rasenbedeckung, durch Schotterschüttung oder Bepflasterung. Nach der Entwicklung des Betons zum überall anwendbaren Baustoffe lag es nahe, durch Ueberziehen der Uferböschungen mit einer dünnen Cementplattenhaut ein billiges, einfaches und wetterbeständiges Schutzmittel gegen diese Angriffe zu schaffen; dadurch, dass man zur Erhöhung der Festigkeit dünne Eisen in die Cementplatten einlegte, trat der Eisenbeton in dieses Anwendungsgebiet ein. Freilich kann man solche armierte Platten nur im allgemeinen Sinne als Eisenbetonkonstruktionen ansehen. Die Eiseneinlagen sollen weniger eine ausgesprochene Zugzone der Platte *zugfest* machen, als vielmehr die Festigkeit der Platte hauptsächlich bei der Herstellung, beim Transport und beim

Einbauen erhöhen und schliesslich, soweit möglich, die Platte gegen Stosswirkungen und Temperaturänderungen schützen.

Schon im Jahre 1892 sind solche Eisenbetonplatten von der Actiengesellschaft für Beton- und Monierbau in Probestrecken am Dortmund-Emskanal zur Ausführung gelangt. Die Uferböschungen wurden mit vorher fertiggestellten Cementplatten von 0,08 m Stärke, 1,8 m Länge und 0,6 m Breite belegt; die Eiseneinlagen bestanden aus hochkantig gestellten Flacheisen von 20,2 mm Stärke, die mit 2 mm starkem, zickzackartig umgewickelten Draht verbunden waren. Die Fugen sind theils mit Moos, theils durch hintergelegte Teerpappestreifen gedichtet, oder die Platten möglichst dichtschiessend verlegt worden. In der weiteren Entwicklung tauchte nun der Gedanke auf, ob es der Eisenbeton ermögliche, eine dünne, zusammenhängende, fugenlose Schutzhaut für die Kanalböschungen zu schaffen. Solche einheitliche Eisenbetondeckplatte wurde nach dem Vorschlage von Prof. Möller in Braunschweig zum ersten Male, ebenfalls beim Dortmund-Emskanal, als Probestrecke in die Kanalböschungen eingestampft (Abb. 1). Eine zweite Neuerung zeigten diese, nach der Bauweise Möller hergestellten, Uferbefestigungen in der Anordnung von Eisencementerdankern. Die Herstellung der Anker ist einfach; man stösst in den Boden ein etwa einen halben Meter langes Loch, steckt einen Draht hinein und giesst das Loch mit Cementmörtel voll. In ähnlicher Weise hat später die Firma Rabitz (Berlin) eine durchgehende Uferbefestigung im Jahre 1898 am Wentowkanal in und vor der Marienthaler Schleuse zur Ausführung gebracht; und zwar ebenfalls mit einer Verankerung im Boden. Bei der Rabitzbauweise sind die Anker *eiserne* Erdbohrer, welche in den Boden eingeschraubt werden; auch ist die Stärke der Betonplatte höher als sonst, nämlich 0,20 m. Eigenartig ist ferner die Eiseneinlage. Durch die oberen Ausablungen der Anker sind hochkantig Flacheisen gelegt, und zwar abwechselnd in Quer- und Langrichtung. An den Stossstellen sind die Längs- und Querschieben flach gedreht und durch Vernietung fest mit einander verbunden. Ueber das so gespannte Flacheisennetz ist ein aus 6 mm starkem Rundeisen hergestelltes Quernetz gelegt und mit den Flacheisen und den Ankern durch Bindedraht verknüpft (Abb. 2).

Eine dritte Art der Verankerung von Eisenbetonplatten ist durch Bücking'sche Schraubenanker so ausgeführt worden, dass

eine Ankerscheibe durch einen Schlüssel in den Boden eingedreht wird; der Schlüssel lässt sich durch Linksdrehung herausdrehen, und es bleibt ein Draht zur Verbindung von Eisenbetonplatte und Scheibe zurück.

Bei den Beobachtungen, die man an den nach verschiedenen Bauweisen ausgeführten Eisenbetonplatten für Uferdeckungen dauernd anstellt, handelte es sich um zwei Hauptfragen:

1. Ist die Ausführung einer durchgehenden Platte ohne Fugen möglich und zweckmässig;
2. Ist eine Verankerung der Eisenbetonplatten erforderlich?

In systematischer Weise sind im Jahre 1897 am Ufer des oberen Flutgrabens in Berlin am Landwehrkanal drei Versuchsstrecken hergestellt worden. Jede Strecke ist 16 m lang und 1,50 m breit bei 1 1/2 facher Böschung. Die Uferdeckplatten bestehen aus 0,04 m starkem Beton. Die erste Strecke ist mit Drahteinlage und 0,45 m langen Erdankern in Abständen von 0,35 m und 0,60 m von einander ausgeführt worden; die zweite Strecke hat keine Erdanker, jedoch Drahteinlage erhalten. Die dritte Strecke ist allein in Beton ohne Verankerung ausgeführt. *Querfugen* waren in der ganzen Strecke nicht angelegt. Die Versuchsstrecke zeigte schon im Frühjahr 1898 Querrisse in ziemlich regelmässigen Abständen von 2 m. Unterschiede zwischen den drei Bauarten traten zunächst nicht hervor. Nach drei Jahren stellte sich die Reihenfolge der Bewährung wie folgt: 1. Platte mit Drahteinlage *ohne* Anker; 2. Platte mit Drahteinlage *mit* Anker; 3. Platte ohne Einlage und ohne Anker. Nach weiteren drei Jahren wechselten in dieser Gütefolge die beiden ersten ihre Stelle; nach den Beobachtungen hielt der durch die Eisenbetonanker bewirkte feste Anschluss an den Boden die Feuchtigkeit ab und hinderte dadurch die Weiterbildung der Risse. Bei *allen* drei Versuchsstrecken, wie an früheren ähnlichen Ausführungen, hat sich jedoch erwiesen, dass die zusammenhängende Ausführung einer durchgehenden Strecke auch in Eisenbeton nicht zweckmässig ist; das durch den Wärmewechsel verursachte Reissen von Betonplatten wird durch die Eiseneinlagen wenig oder garnicht verhindert. Das einzige Mittel gegen die Bildung der Risse ist die Anordnung künstlicher Fugen in Quer- und Längsrichtung. Selbst bei der reichlichen Eiseneinlage und der kräftigen Anfangsspannung des Eisenetzes, wie sie bei der Rabitzbauweise vorliegt, ist auf die Dauer die Rissebildung nicht zu vermeiden. Im Jahre 1901 ist in der

Spree-Oder-Wasserstrasse dicht unterhalb der Charlottenburger Schleuse eine Uferbefestigung mit Rabitzdeckung ausgeführt worden, über deren Bewährung Beobachtungen vorliegen. Im Jahre 1903 war die Deckung an mehreren Stellen ganz durchgebrochen; die Befestigung hat sich trotz ihrer hohen Kosten nicht bewährt.

Ueber den *Wert der Anker* sind die Ansichten heute noch geteilt; die Beobachtungen über ihre Bewährung sind noch nicht abgeschlossen. Die Gegner der Verankerung sind der Ansicht, dass auf festem Boden eine Eisenbetonplattendeckung, deren Fuss gesichert ist, schon durch ihr Eigengewicht festliege, dass dagegen im losen Erdreich jede Bewegung die kurzen Anker widerstandlos mache. Andererseits ist nicht zu verkennen, dass nicht selten gute Erfolge mit den Ankern erzielt worden sind. Wo überhaupt Anker in Frage kommen, sind die Möllerschen Eisencementanker den reinen Eisenankern vorzuziehen.

Nach der heutigen Bauweise werden daher Eisenbetonplatten in Uferbefestigungen *mit* Teilfugen hergestellt. Entweder werden die Eisenbetonplatten vorher angefertigt und dann ergeben sich regelmässige Fugen von selbst, oder die Platten werden in der Böschung in getrennten Teilen mit 2-3 m Seitenlänge eingestampft. Um die Gefahr der Ausspülung zu beseitigen, werden z. T. die Fugen durch Unterlagen und Einlagen aus Teerpappe gedichtet; am Tellowkanal hat man bei Möllerschen Uferdeckungen die Pappe fortgelassen und die Fugen mittels dünner Blechlehren möglichst schmal hergestellt.

Als Beispiel für jetzt übliche Uferbefestigungen von fertigen Betonplatten mit Eiseneinlagen möge die Bauart, wie sie im Wasserbaukreise Fürstenwalde üblich, angegeben werden (Abb. 3). Oberhalb eines hölzernen Unterbaues werden die Böschungen in einer Neigung von 1:1 bis 1:1 1/4 mit Eisenbetonplatten bekleidet. Die Länge der Platten beträgt 1,10 m, ihre Breite 0,50 m und ihre Dicke 0,085 m (Abb. 4). Die Eisenarmierung wird durch ein Netz von 5 mm starkem Eisendraht gebildet, bestehend aus einem rechteckigen Rahmen mit 2 Längs- und 4 Querstäben, der in 0,03 m Abstand von der Unterseite eingestampft wird. Die Platten werden in hölzernen Rahmen unmittelbar auf den Boden gestampft; der Beton besteht aus 1 Teil Cement und 4 Teilen scharfem Oderkies, in der obersten Abdeckschicht aus 1 Teil Cement auf 3 Teile Sand. Diese Eisenbetonplatten haben sich sehr gut bewährt.

Eisenbetonwände in Bollwerken

Wichtiger als für die flachen Befestigungen der Uferböschungen ist der Eisenbeton für die steilen Schalwände der Bollwerke geworden; auf diesem Anwendungsgebiete kann der Eisenbeton mit allen seinen Vorteilen der Festigkeit zur Ausnutzung gelangen.

Die alten, lotrechten Uferschalungen für Häfen und Kanäle sind überwiegend als hölzerne Bohlwände auf hölzernen Spundwänden hinter verankerten Wandpfählen gebaut worden. Alle über Wasser gelegenen Teile werden in verhältnismässig kurzer Zeit vermorscht, und das ganze Bauwerk wird schnell baufällig; die dauernden Reparaturen sind umfangreiche.

Die Vorteile der Eisenbetonwände für diese Bauwerke sind so einleuchtend, dass dieses Gebiet das erste war, in welchem der Eisenbeton im Wasserbau Eingang gefunden hat.

Schon im Jahre 1890 sind Eisenbetonbollwerke am Spreekanal in Berlin durch die Aktiengesellschaft für Beton- und Monierbau ausgeführt worden. Nach der Abb. 5 besteht die zuerst in der Unterwasserstrasse hergestellte Eisenbetonuferschälung aus senkrechten, auf einem unter Niedrigwasser liegenden Holme einer Grundpfahlreihe in Abständen von 1,5 m bis 2 m aufgestellten eisernen Ständern, auf welche der zwischenliegende Erd- druck durch Eisenbetonplatten von 0,6 m bis 1 m Höhe und 0,075 m bis 0,06 m Stärke übertragen wird; die Eisenbetonplatten wirken als einfache Balken auf Endstützen und sind demgemäss nur in den unteren Zugzone armirt. Die in Strassenhöhe durch ein leichtes U-Eisen verholmten Ständer werden durch zwei Ankerlagen gehalten. Die Gesamtkosten haben, auf das Quadratmeter Ansichtsfläche bezogen, mit allen Nebenarbeiten etwa ein Drittel mehr betragen, als für eine hölzerne Uferschalung.

Es ist natürlich, dass diese ersten Eisenbetonausführungen im Wasserbau besonders eingehend beobachtet wurden, um über das Verhalten des Eisenbetons unter der Einwirkung des Wassers und der Witterung Schlüsse ziehen zu können. Zur Klärung der Frage des Rostschutzes und der Haftfestigkeit nach einer längeren Reihe von Jahren wurde im Jahre 1902 aus dieser Eisenbetonwand an allen Stellen, wo sich in der Oberfläche feine Risse oder geringe Mörtelstärke über den Eiseneinlagen zeigten, sowie an mehreren ganz gesunden Stellen das Eisen

völlig freigelegt. Dabei fanden sich fast nur an solchen Stellen, die der Aussenfläche sehr nahe oder ganz frei gelegen hatten, meist an der der Aussenseite zugewandten Eisenoberfläche der Stäbe leichte Rostflecken, oder auch stärkere Rostschichten, *nirgends aber solcher Art*, dass sie zu einer nennenswerten Schwächung des Eisenquerschnittes hätten führen können. Im übrigen war das Eisen unter dem Mörtel überall *metallisch rein*. Die kleine Anzahl und der geringe Umfang der nach 11-jährigem Bestehen der Anlage beobachteten Schäden berechtigen zu dem Schlusse, dass die verwendete Eisenbetonbauweise sich für die Uferschälung vorzüglich bewährt hat.

Auf Grund der ausgezeichneten Erfahrungen mit dieser Ufermauer wurde alsdann in den Jahren 1901 bis 1903 der ganze Spreekanal in Berlin oberhalb der Stadtschleuse mit Eisenbetonbollwerken versehen. Diese Uferbefestigungen wurden vollständig neu hergestellt. Nach Abb. 6. wurde auf eine hölzerne Spundwand von 5 m Länge und 0,15 m Stärke als eiserner Holm ein U-Eisen aufgesetzt. In Abständen von 2 m sind auf den Holm I-Ständer aufgestellt, die durch zwei eiserne Anker gehalten werden. Zwischen die oben durch einen Winkeleisenholm verbundenen Ständer wurden die vorher fertiggestellten Eisenbetonplatten von 0,07 m bis 0,12 m Stärke eingeschoben; die Verwendung vorher fertig gestellter Platten war hier durch die Forderung einer möglichst kurzen Bauzeit geboten. Die Kosten betragen durchschnittlich 300 M für 1 m Uferlänge einschliesslich der ziemlich hohen Pflasterkosten.

Etwa zur gleichen Zeit, in den Jahren 1901-1902, sind ausserdem in Berlin am Holsteiner Ufer, und später 1903-1904 am Wickinger Ufer von der Berliner Stadtverwaltung Eisenbetonbollwerke erbaut worden. In der Ausbildung der Eisenbetonkonstruktionen stellen sie in sofern einen weiteren Fortschritt dar, als die Wand an Ort und Stelle eingestampft wurde. Dadurch wurde es möglich, wie beim Wickinger Ufer, die Platte als Koenen'sche Voutenplatte mit Endeinspannung herzustellen. Die Spannweite der Ständer konnte bis auf 4 m erweitert werden. Trotz der bedeutend grösseren Höhe der Uferwand stellte sich der Preis für 1 m der von der Aktiengesellschaft für Beton- und Monierbau ausgeführten Wand nur auf rd. 450 M.

Nach den Berichten der Wasserbauinspektionen I und II in Berlin sind die Erfahrungen mit allen Eisenbetonbollwerken dauernd gute. Für die am Spreekanal ausgeführten Wände

sind beispielsweise bis heute eigentliche Reparaturen überhaupt noch nicht notwendig geworden. Es ist bisher nur eine einzige Platte ersetzt worden, und bei dieser Platte lag ein Fabrikationsfehler vor.

Es kann bei dem lebhaften Verkehr wohl der Schluss gezogen werden, dass die Eisenbetonwände in solchen Wasserbauten gegen die mechanischen Einwirkungen des Schiffsbetriebes nicht empfindlich sind.

Aehnliche Eisenbetonwände sind in einer Reihe von Bollwerken in den letzten Jahren zur Ausführung gekommen; ebenso sind die Erfahrungen allgemein gute. Uferbollwerke aus Eisen mit Monierplatten, im Jahre 1902 am Hafen in Lauenburg errichtet, zeigen befriedigendes Verhalten. Geringfügige Ausbesserungsarbeiten sind nach 4 Jahren durch einige Haarrisse in den Platten, unbedeutende Sackungen im Hinterfüllungsboden und offene Fugen im oberen Pflaster notwendig geworden. In Danzig, Neufahrwasser, Stettin haben sich Eisenbetonuferbollwerke in ähnlicher Ausführung gleich gut bewährt.

Wenn bisher in den Wänden der Bollwerke hauptsächlich die Platten nur aus Eisenbeton, die Ständer aber in der Regel aus Eisen gebaut wurden, so entspricht diese Entwicklung einer früheren Periode im Eisenbetonhochbau. Wie dort auch für die *Träger* der Eisenbeton sein Feld eroberte, wird man auch für die auf Biegung beanspruchten Ständer der Bollwerke Eisenbetonbalken verwenden können. Eine solche vollständig aus Eisenbeton hergestellte Bollwerkswand ist in Hamburg von der Aktiengesellschaft für Hoch- und Tiefbau in Frankfurt a/M ausgeführt worden.

II. — Ufermauern auf Eisenbetonunterbau

Einen wichtigen Einfluss hat das Eintreten des Eisenbetons in den Wasserbau auf die Ausgestaltung der massiven Uferbefestigungen mit massivem Unterbau ausgeübt; der Eisenbeton hat hier eine neue Bauweise geschaffen.

Mit dem Begriff *Ufermauern* seien allgemein massive Uferbefestigungen und Ufersicherungen zusammengefasst, Kai- und Ufermauern ebensowohl wie Lösch- und Ladestege, massive Bollwerke, Leitwerke u. s. w.

Die Entwicklung dieses Anwendungsgebietes begann in dem Zeitpunkte, als es feststand, dass rammfähige Pfähle und Spundbohlen technisch einfach herstellbar sind und wirtschaftlich mit den hölzernen Bohlen in Wettbewerb treten können.

Bei der grossen Bedeutung, welche diese Ausgestaltung des Eisenbetonbaues für den Uferbau gewinnen musste, ist es angebracht, zunächst diejenigen Eisenbetonpfahlgründungen in Deutschland kurz hervorzuheben, welche als Vorläufer für die Wasserbauausführungen gedient haben und bei welchen in Deutschland selbständig Erfahrungen gesammelt worden sind.

Die ersten Eisenbetonpfähle sind in Deutschland durch die Firma Züblin in Strassburg i.E. bei Fundierungen von Brückenbauten ausgeführt worden, jedoch in Anlehnung an die Bauausführungen von Hennebique; so wurden auf Eisenbetonpfählen gegründet: die Flutbrücke bei Brumath, Elsass, die Brücke über die Larg bei Brüninghofen, die Brücke über die Zembs bei Kogenheim, die Verbreiterung der Weissturmbücke in Strasburg.

Etwa zur gleichen Zeit, im Jahre 1901, sind von der Firma Möbus in Berlin und zwar selbständig, nach eigenen Versuchen bei der Gründung des Gerichtsneubaues Berlin-Wedding Eisenbetonpfähle hergestellt und gerammt worden. Die Pfähle hatten zuerst quadratischen Querschnitt von 0,13 m Seitenlänge, später dreieckigen Querschnitt mit abgestumpften Ecken von 0,38 m Seite. Die Pfahllänge wechselte von 5 m bis 8 m; die Eisenarmirung bestand aus drei 26 mm starken Langeisen mit 6 mm starken Querverbindungen in 0,20 m Abständen. Das Stampfen der Pfähle erfolgte, wie bei den übrigen Bauten, in *lotrechten* Holzlehren. Die etwa 4 Wochen alten Pfähle wurden durch Dampfrahmen mit 2 500 kg Bärge wicht bei einer Hubhöhe bis zu 1,70 m eingerammt. Eine Packung von Blei-, Eisen- und Holzplatten, zusammengehalten durch einen breiten Eisenring, diente als Schlaghaube. Die anfänglich auftretenden Schwierigkeiten wurden durch eingehende Versuche schliesslich behoben, wenn auch die Kosten bei der stehenden Stampfung nicht geringe waren. Im Jahre 1905 sind in Hamburg beim Bau des Zollhafens auf der Veddel 270 Eisenbetonpfähle für die Gründung der Zollschuppen geschlagen worden. Die 0,34 m \times 0,34 m starken Quadratpfähle hatten eine Länge von 11,50 m; die Rammtiefe betrug über 9 m. Die Herstellung dieser Pfähle bedeutet in sofern einen Wendepunkt in der Entwicklung dieser Bauweise, als die Pfähle nicht stehend, sondern liegend gestampft

wurden; man musste notgedrungen die liegende Stampfung versuchen, da sonst weite und schwierige Transporte der über 3 t schweren Pfähle nötig geworden wären. Die Pfähle waren 8 Wochen alt, als sie gerammt wurden; das Bärge wicht betrug 1 500 kg, die Fallhöhe 1 m. Es zeigte sich aus den Erfahrungen, dass schwerere Bärge wichte und geringere Fallhöhen günstiger sind. Der Beton wurde anfangs im Verhältnis 1 : 3, später 1 : 2 gemischt. Das wichtigste Ergebnis dieser Ausführung ist jedenfalls die gute Bewährung der wagrechten Stampfung. Durch den Fortfall der hohen Gerüste und des umständlichen Materialtransportes, durch die weit einfachere Stampfarbeit an sich und durch die raschere Herstellung wurden die Kosten so erniedrigt, dass damit die Eisenbetonpfähle wirtschaftlich einen bedeutenden Vorsprung im Wettbewerbe mit den übrigen Bauweisen erhielten. Die Hamburger Arbeiten sind von der Firma Deimling in Verbindung mit der Firma Züblin ausgeführt worden. Ein weiterer Fortschritt, die Verbindung der Eisenbetongründung mit Spülung wurde kurz darauf bei dem Bahnhofsneubau in Metz von der Firma Züblin erzielt. Nachdem anfangs vergebliche Versuche mit Trockenstampfung gemacht worden waren, ging man zur Verwendung von sechseckigen Pfählen mit einem inneren dünnen Blechrohr für die Spülleitung über. Die Eisenarmirung wurde aus 6 Langseisen gebildet, die dem Umfang nach und diagonal durch verschnürte Rundeseisen in der Querrichtung armirt wurden. Der für die Spülung besonders eingerichtete Gusstahlschuh ist ein Patent der Firma Züblin.

Die ersten wohlgelungenen Ausführungen von *Eisenbetonpfählen* führten zu dem naheliegendem Gedanken, auch zur Herstellung von Spundwänden *Eisenbetonspundbohlen* zu benutzen; eine Reihe von Versuchen, die mit der Entwicklung der Eisenbetonpfähle mitschritten, führten schon vor einigen Jahren den Nachweis, dass der Eisenbeton ebenso gut für Spundwände wie für Pfähle mit gutem Erfolge anwendbar ist.

Mit dieser Erkenntnis war die Grundlage geschaffen, bei dem Bau von massiven Ufermauern durch die Verwendung des Eisenbetons neue Wege zu beschreiten, und trotz der kurzen Zeit seit dem Eintritt dieser Bauweise in den Wasserbau liegen schon umfangreiche, in der technischen Entwicklung dauernd fortschreitende Ausführungen vor.

Die erste grössere Wasserbauausführung begann in *Ruhrort* im Jahre 1904. Es handelte sich dort darum, für die drei neuen

Hafenbecken und die Mündung in den Rhein eine massive Uferbefestigung herzustellen. Die nach dem Entwurf des Bauleiters, Regierungs- und Baurats Ottmann, ausgeführte Eisenbeton- uferwand besteht nach Abb. 7 aus einer Eisenbetonspundwand, welche in Abständen von 6 m durch je zwei Pfähle, einen Druck- und einen Zugpfahl, gestützt wird. Die Spundwand ist durch einen Eisenbetonholm abgeschlossen, der als biegungsfester Balken die Erddrücke auf den Pfahlblock überträgt; die statische Durchbildung stammt von dem Wasserbauinspektor Schnapp im Ministerium der öffentlichen Arbeiten. Neu ist hier die Anordnung der Eisenbetonzugpfähle; an den Pfählen sind in der Nähe der Spitze nasenförmige Konsole ausgebildet, die sich gegen den Boden nach oben abstützen und durch diese mechanische Verankerung die durch Reibung entstehende Pfahlzugkraft wesentlich erhöhen. Abb. 8 zeigt die Spitze des Zugpfahles im einzelnen.

In dieser Ausgestaltung gelangten in Ruhrort etwa 9,5 km Uferbefestigung zur Ausführung. Beim Beginn der Arbeiten, im Jahre 1904, wurden zunächst von den beiden Unternehmerfirmen, der Firma Th. Möbus in Berlin und der Aktiengesellschaft für Hoch- und Tiefbau in Frankfurt a/M, vorm. Gebr. Helfmann, je 100 m Probestrecke hergestellt. Die Firma Möbus stämpfte die Pfähle in stehender Form, die Frankfurter Hoch- und Tiefbaugesellschaft in liegender Form.

Durch die Bauverwaltung wurden eingehende Versuche und Vergleiche bezüglich der Festigkeit und Rammfähigkeit der nach beiden Methoden hergestellten Pfähle ausgeführt und auch hier fiel die Entscheidung mit Rücksicht auf den hohen Preisunterschied und die kaum unterscheidbare Festigkeit zu Gunsten der liegend gestampften Pfähle. In den Jahren 1905, 1906 und 1907 ist, nur mit unwesentlichen Aenderungen, nach dem ursprünglichen Entwurfe die ganze Strecke der Uferbefestigung zur Ausführung gekommen. Die beiden Hauptteile sind von den beiden oben genannten Firmen übernommen worden; ein kleineres Stück wurde von der Firma Grün & Bilfinger in Mannheim hergestellt. Die Kosten betragen einschliesslich der Böschungsarbeiten und der Pflasterung für das lfd. m 155 M, von denen etwa 128 M auf die Eisenbetonkonstruktionen nebst Streichbalken entfallen. Die konstruktive Durchbildung der Einzelheiten, insbesondere der Eisenarmierungen ist bemerkenswert. Abb. 8 zeigt die Eisenbetonspund-

bohle, wie sie durch die Unternehmung Möbus ausgeführt worden ist. Die Querverbindungen stehen sehr nahe, in Abständen von 0,12 m und sind sorgfältig um die sechs Längseisen der Armirung umschlungen und dem ganzen Umfange der Bohle, auch der Feder und Nut entlang geführt. Die Querarmirung der Bohlen, wie sie von der Frankfurter Baugesellschaft ausgeführt worden ist, zeigt der Querschnitt in Abb. 7 neben dem Ufermauerschnitt und der Längsschnitt darunter; die Abstände sind ein wenig weiter; die Quereisen sind gedrehte Flachbänder, die von Langeisen zu Langeisen fassen.

Beim Rammen wurden direkt wirkende Bären von fast durchweg 4 t Gewicht verwendet; mit dem fortschreitenden Einarbeiten der Rammkolonnen wurde die Anzahl der zerschlagenen Pfähle immer geringer. Jedenfalls zeigte sich auch hier, dass die Pfähle mit den engsten Querverbindungen die geringsten Verluste ergaben. Die Arbeiten sind zur Zeit nahezu fertiggestellt.

Von besonderem Interesse ist ein im Jahre 1906 ausgeführtes Leitwerk auf Eisenbetonunterbau, das zum Schutz der neu erbauten Drehbrücke im Ruhrorter Hafen dient. Nach Abb. 9. besteht das etwa 70 m lange Leitwerk aus einem Eisenbetonunterbau mit einem flusseisernen Ständeraufbau. Der Unterbau wird in der normalen Strecke durch einzelne Eisenbetonpfahlböcke in Abständen von 4,750 m gebildet; jeder Pfahlblock enthält zwei lotrechte Zugpfähle in derselben Flucht und je einen vorderen und einen hinteren schrägen Druckpfahl, und zwar zu verschiedenen Seiten der Zugpfähle. Eine durchgehende Eisenbetonplatte verbindet die einzelnen Pfähle und die einzelnen Böcke unter einander; in diese Platte sind die nach dem Rammen frei gemachten Armierungseisen der Pfähle sorgfältig eingebunden, ebenso wie bei der Uferwand. Die Pfähle mit Platte ragen etwa 6 m frei aus dem Boden heraus; das ganze Leitwerk ist seiner Bestimmung gemäss dem vollen Stossdruck des Schiffsbetriebes ausgesetzt und wirkt ähnlich wie ein Duedalbenbock. Das Vertrauen, welches trotz der Befürchtungen, die, wie in der Einleitung bemerkt, hier und da im Wasserbau noch gehegt werden, hier dem Eisenbeton in Bezug auf seine Stossfestigkeit entgegen gebracht wurde, hat die Bewährung durchaus bestätigt.

Eine zweite umfangreiche Eisenbetonausführung zeigt die *Erweiterung des Rheinhafens in Düsseldorf.*

Die ersten Eisenbetonkonstruktionen sind dort bei der Ufermauer im Zollhafen im Jahre 1905 begonnen worden. Nach Abb. 10 (Tafel II) zeigt der Mauerquerschnitt eine geschlossene vordere Wand aus 0,50 m breiten, 0,32 m starken gespundeten, mit einer Neigung 5 : 1 gerammten Pfählen und eine hintere Reihe abwechselnd senkrechter und in der Neigung 2,5 : 1 stehender Pfähle quadratischen Querschnitts, mit 0,32 m Seitenlänge. Beide Pfahlreihen sind durch in Beton gehüllte Rundeisenstäbe mit einander verhängt. Auf die Pfahlköpfe setzt sich eine stark mit Rundeiseneinlagen armierte Betonplatte in der Weise, dass die vorderen freigelegten Eiseneinlagen der Pfähle noch in die Platte hineingreifen und mit Bügeln verbunden, ein zusammenhängendes Eisengerippe bilden. Pfähle und Platte sind in der Mischung von 1 Teil Cement auf 4 Teile Rheinkies gestampft.

Auf die Platte setzt sich ein gewöhnlicher Mauerquerschnitt in Beton mit der Mischung 1 : 9 und an der Aussenseite mit Basalt verblendet. Der in halber Höhe der Mauer nach hinten ausladende Sporn hat den Zweck, durch Nutzbarmachung der aufliegenden Erdlast eine günstigere Druckverteilung im mittleren Mauerquerschnitte herbeizuführen.

Eine andere Ausbildung hat das nordöstliche Ufer der Einfahrt zum neuen Becken erhalten ; es soll dem Umschlag von Massengütern vom Schiff zu Bahn bzw. Landfuhrwerk zugewiesen werden. Die Art des Verkehrs bedingt, behufs rascher und geordneter Abwicklung des Ladegeschäftes dem Ufer eine Ausgestaltung zu geben, die in ihrer Benutzungsfähigkeit einer Kaimauer gleich zu achten ist, ohne jedoch die hohen Herstellungskosten einer solchen zu erfordern. Die in Abb. 11 dargestellte Konstruktion entspricht bei gleichen Anforderungen naturgemäss vollständig der Ruhrorter Bauweise. Eine durchgehende Spundwand aus Eisenbetonbohlen, von in Abständen stehenden Zug- und Druckpfählen bockartig gestützt, trägt einen stark armierten Holm aus Eisenbeton, auf dem die unteren Laufrollen eines nach Art der Halbportalkräne gebauten Kranes rollen (vergl. Abb. 11). Der Holm stützt zugleich die anschließende gepflasterte Böschung, auf deren oberer Kante die landseitige Kranschiene verlegt ist. Eine dritte massive Ufermauer auf Eisenbetonunterbau wird gegenwärtig für den Speditionshafen in Düsseldorf ausgeführt. Abb. 12 zeigt den Querschnitt. Die Ufermauer, in deren Rückenfläche durch Gewölbe über-

deckte Aussparungen angeordnet sind, ruht auf einer Fundamentplatte, die durch Eisenbetonpfähle unterstützt wird. Die Hinterfüllung der Ufermauer unter der Fundamentplatte wird hafenseitig durch eine Spundwand aus Eisenbeton abgeschlossen. Die Aussparungen der Ufermauer haben eine Breite von 1,90 m, die Zwischenpfeiler sind 0,60 m stark, so dass die Achsenentfernung 2,50 m beträgt. Der in der Achse der Zwischenpfeiler sitzende vordere Spundwandpfahl soll als Tragpfahl dienen; ausserdem kommen auf jeden Zwischenpfeiler noch drei, bezw. fünf weitere Eisenbetonpfähle, die in der Schräge 3 : 1 gerammt werden. Die Köpfe der Pfähle werden in ähnlicher Weise, wie bei der Ufermauer im Zollhafen, durch Längs- und Quereisen mit einander verbunden und in eine Fundamentplatte einbetonirt. Die Arbeiten an diesem Teile des Hafens sind zur Zeit im Gange.

Die in Düsseldorf ausgeführten Eisenbetonarbeiten stellen auch wirtschaftlich einen bemerkenswerten Erfolg dar. Die Kosten der Mauer im Zollhafen betragen 1 065 M für d. lfd. m; eine Mauer von gleichen Abmessungen auf Holzpfahlrost hätte unter sonst gleichen Verhältnissen 1 315 M für den lfd. m gekostet. Die Kosten der Uferbefestigung am Massengüterufer beliefen sich auf 300 M für den lfd. m.

Im Speditionshafen wird mit Rücksicht auf die inzwischen eingetretene beträchtliche Steigerung der Materialpreise und Arbeitslöhne der lfd. m auf 1 150 M kommen.

Der Hauptvorteil für die Anwendung der Eisenbetonpfähle lag bei den Düsseldorfer Bauten den Holzpfählen gegenüber in dem Vorteil, dass die Fundierung der Kaimauer ohne Hilfe eines Fangedammes am freien Wasser erfolgen konnte. Man brauchte nur die tragende Fundamentplatte so hoch anzusetzen, dass sie bei einem im Herbst und Frühjahr fast mit Sicherheit zu erwartenden Niedrigwasserstand (von 2 m D. P.), der noch erheblich über dem absoluten Niederwasserstand liegt, im Trocknen hergestellt werden konnte. Bei Verwendung von Holzpfählen hätte man dagegen die Köpfe unter dem niemals zu erwartenden niedrigsten Wasserstand abschneiden müssen, da nur die stets unter Wasser stehenden Pfahlteile vor dem Verfaulen geschützt sind, und die Herstellung der die Pfahlköpfe verbindenden Platte mit ihren Bolzen und Verankerungen natürlich nur im Schutze eines Fangedammes im Trocknen hätte erfolgen können. Es ist somit verständlich, dass der Fortfall des

Fangedammes oder einer dichten Spundwand und der Wasserhaltung einen nicht gering einzuschätzenden Einfluss ausgeübt hat. Dass bei einem kleinen Teile trotzdem ein einfacher Fangedamm erforderlich wurde, hat an besonderen Gründen und an dem ungewöhnlich hohen Wasserstande der Bauzeit gelegen. Bei der Ausführung der Eisenbetonpfähle, die sonst nach jeder Beziehung gute Erfolge ergab, hat sich nur insofern eine gewisse Schwierigkeit ergeben, als eine nachträgliche Verlängerung der Pfähle, die immerhin 4 Wochen vor ihrer Rammung hergestellt werden müssen, misslich ist, falls die Bodenverhältnisse eine stellenweise tiefere Fundierung verlangen; durch Probebohrungen lässt sich nicht ein absolut sicheres Bild gewinnen. Bei den Düsseldorfer Bauten liessen erst die Proberammungen erkennen, dass der erbohrte Kies erst in einer bestimmten Tiefe tragfähig war, so dass ein Teil der Pfähle nachträglich verlängert werden musste. Wurden die Eiseneinlagen in den zu verlängernden Pfählen stumpf gestossen oder überlappt, ohne mit einander verschweisst zu werden, so brach der grösste Teil der so hergestellten Pfähle beim Rammen entzwei und es mussten die Pfähle wieder herausgezogen werden. Nach diesen Erfahrungen empfiehlt sich, falls die kürzeren Pfähle irgendwo noch verwendet werden können, die *Neuherstellung* längerer Pfähle, da die Verschweissung der Eiseneinlagen nur sehr umständlich zu bewerkstelligen ist: für den Abschluss des Vertrages zwischen Bauherren und Unternehmer ist es daher zweckmässig, den immerhin möglichen Fall der Pfahlverlängerung vorzusehen, und in gleicher Weise wie bei Holzpfählen für den lfd. m Pfahllänge mehr oder weniger Preise festzusetzen. Die Herstellung der Pfähle erfolgte natürlich in liegender Stellung. Das Hauptaugenmerk bei dem Rammen wurde auf die Ausbildung der Schlaghaube gerichtet. Ohne eine gut durchgebildete Haube ist das Eindringen der Pfähle in unversehrtem bzw. brauchbarem Zustande unmöglich gewesen. Nach den dortigen Erfahrungen muss die Pfahlhaube den Pfahl auf eine gewisse Länge, die im Verhältnis zum Pfahlquerschnitt und zum Arbeitsmoment steht, fest umspannen, so dass der Schlag des Bären sich nicht allein dem Kopfe mitteilt, sondern auf einen längeren Teil des Pfahles übertragen wird. Aus demselben Grunde müssen auch elastische Zwischenmittel zwischen Pfahlkopf und Schlagplatte eingeschaltet werden, sonst würde das Arbeitsmoment des Bären Beanspruchungen im Beton hervorrufen, die die Bruchfestigkeit

weit übersteigen. Bezüglich dieser elastischen Zwischenlage sind viele Versuche gemacht worden. Zunächst mit Bleiplatten, dann mit gummierter Leinwand (Elevatorband). Beide Materialien wurden sehr bald unbrauchbar und der stetige Ersatz derselben machte ihre Verwendung zu einer unwirtschaftlichen.

Am besten und billigsten zeigten sich Bohlenstücke, die passend geschnitten auf den Pfahlkopf gelegt und mit einer Lage Sägemehl überdeckt wurden. Es möge bei dieser Gelegenheit erwähnt werden, dass an anderer Stelle als Zwischenmittel mit gutem Erfolge Sand, auch Rasen Verwendung gefunden hat und findet.

Die Eisenbetonarbeiten in Düsseldorf sind von der Firma *Grün & Bilfinger* in Mannheim zur Ausführung gebracht worden.

Die neben Ruhrort und Düsseldorf zu erwähnenden Ausführungen von Eisenbetonufermauern sind überwiegend von den genannten Unternehmerfirmen dieser beiden Bauten ausgeführt worden. Die anderweitig gemachten Erfahrungen sind in Düsseldorf und Ruhrort benutzt worden und umgekehrt. Mit Rücksicht auf die Berichte dieser beiden Baustellen genügt eine kurze Uebersicht anderer Bauten.

Von der Firma *Grün & Bilfinger* ist für die Gewerkschaft « Deutscher Kaiser » in Schwelgern im vorigen Jahre eine Eisenbetonufermauer zur Ausführung gebracht worden, die in Abb. 13 dargestellt ist. Eigenartig ist bei dieser ganz in Eisenbeton ausgeführten Ufereinfassung die Anordnung einer horizontalen Ankerplatte, die vermöge des aufruhenden Kiesgewichtes und der Reibung die vordere Eisenbetonwand zurückhält. Die Ankerplatte ist mit den Eisenbetonständern der Wand durch einen wagrechten und einen schrägen Eisenbetonstab verbunden. Die ganze Wand stützt sich auf eine Eisenbetonpfahlreihe; die vorderen Druckpfähle stehen in Abständen von 2,50 m, die hinteren Zugpfähle sind 5 m von einander entfernt.

Von der Aktiengesellschaft für Hoch- und Tiefbau in Frankfurt a/M ist in Malchin i/Meckl. eine 100 m lange Ufermauer im Hafen im Jahre 1906-1907 ausgeführt worden; Abb. 14 gibt den Querschnitt. Bei diesem Bauwerk ist der aus Eisenbetonpfählen und Eisenbetonspundwand bestehende Unterbau mit dem aus der Vorderwand, der Unterplatte und den verbindenden Zwischenrippen bestehenden Aufbau in gegliederten, organi-

schen Zusammenhang, den wirkenden Kräften entsprechend, gebracht.

Von der Bauunternehmung Möbus werden zur Zeit Eisenbetongründungen für den Anschluss der Landpfeiler der neuen Glienicker Havelbrücke bei Potsdam ausgeführt. An beiden Seiten sollen massive halbkreisförmige Treppenanlagen von der Brücke nach den vor der Brücke gelegenen Landungstellen führen. Mit Rücksicht auf die Fäulnisgefahr ist auch hier wieder an Stelle von Holz Eisenbeton gewählt worden. Wie Abb. 15 zeigt, sind die Treppe und die Stützmauer auf einen Eisenbetonpfahlrost mit darüber liegender Eisenbetonplatte aufgesetzt. Die durchschnittliche Länge der Pfähle beträgt 6,80 m; die Rammtiefe nimmt mit der steigenden Treppe von 6 m auf 3 m ab. Die rechteckigen Pfähle mit einer Seitenlänge von 0,28 m erhalten Langeisen von 20 mm Durchmesser; die Querverbindungen liegen in Abständen von 0,125 m. Bemerkenswert ist die Pfahlspitze, welche ohne Eisenschuh aus Beton mit zusammengescheissenen inneren Langeisen zwischen einem mittleren Dorn ausgebildet worden ist. Der Fortfall des eisernen Schuhs hat bei dem Rammen durchaus keine Nachteile mit sich gebracht. Das durchschnittliche Alter der Pfähle beträgt 6 Wochen. Der Rammbär wiegt 3 000 kg; die Hubhöhe beträgt 0,25 m.

Die Reihe dieser Eisenbetonwasserbauten schliesst zur Zeit mit einer vor kurzem in Angriff genommenen massiven Uferbefestigung ab, die hauptsächlich durch die Einfachheit der Eisenbetonkonstruktion einen Abschluss bedeutet: mit der *Ufermauer des neuen Hafens in Spandau*. Bei der öffentlichen Ausschreibung, welche von der Stadt Spandau für dieses Bauwerk erlassen worden war, ist die weitaus grösste Anzahl der eingereichten Entwürfe in reiner Eisenbetonkonstruktion gedacht worden — gewiss ein bemerkenswertes Zeichen der vollzogenen Entwicklung. Unter den vielen Vorschlägen erhielt das Eisenbetonbollwerk der Firma *Drenkhahn & Sudhop* in Braunschweig den Vorzug. Nach Abb. 16 wird für die 2 500 m steiler Uferstrecke des Haveldurchstiches ein massives Uferbollwerk mit einer Eisenbetonspundwand und einer einfachen rückwärtigen Verankerung erbaut. Die 6,50 m lange lotrechte Spundwand wird durch einen vorderen Ankerholm in der Höhe 1,50 m unter Bordkante mittels eiserner Rundanker von 0,35 m Durchmesser gegen lotrechte Eisenbetonankerplatten verankert.

Die Anker liegen in Abständen von 2,40 m ; sie werden in ihrer ganzen Länge von 7 m mitsamt dem Spannschloss durch Betonumhüllung gegen Rost geschützt. Den oberen Abschluss der Spundwand bildet ein Eisenbetonholm von 0,35 m Breite und Höhe.

Die einzelnen Bohlen sind 0,16 m stark und 0,80 m breit. Jede Bohle hat 8 Längseisen von 16 mm Durchmesser, welche in 0,50 m Abständen, am Kopfe in 0,25 m Abständen durch Quer- und Breitbügel (6 mm) mit einander verbunden sind. Der Fuss der Bohlen ist abgeschrägt und an der Spitze durch ein gebogenes Flacheisen geschützt. Der Kopf ist zwecks Aufsetzen der Haube beim Rammen beiderseits um 0,10 m abgesetzt. Die Bohlen greifen mit ausgeschweiften, 0,04 m starken Nuten und Federn in einander.

Die Bohlen werden an Ort und Stelle, und zwar unmittelbar an der späteren Verwendungsstelle in kräftigen, hölzernen, mit Blech ausgeschlagenen Formen eingestampft und zwar mit der Schmalseite nach oben stehend. Abb. 17 gibt die Formen in Querschnitt und Grundriss.

Die Einrammung der Bohlen erfolgt nach 6 wöchentlicher Erhärtung mittels besonderer Eisenbetonpahlramme von Menck & Hambrock, Altona, unter gleichzeitiger Anwendung von Wasserspülung. Die Rammen sind selbsttätig wirkende und haben einen Bär von 4 Tonnen. Nach erfolgter Einrammung werden die beschädigten Köpfe der Bohlen ausgebessert und die Fugen durch Cementeinspritzung gedichtet. Sodann erfolgt die Verankerung der Spundwand und die Herstellung des Seiten- und Kopfholmes, die in entsprechenden Holzschalungen an bzw. auf die Spundwand betonirt werden. Es werden durchschnittlich täglich 16 lfd. m Bollwerk fertiggestellt. Die *Kosten* betragen für einen Meter dieser massiven, lotrechten Ufereinfassung 115 M! Auffällig ist bei der konstruktiven Durchbildung der Eisenbetonbohle der weite Abstand der Querverbindungen im Mittelstück, nämlich 0,50 m ; wenn bei dieser Ausführung sich, so weit die jetzige Rammung zeigt, die Anordnung als zulässig erwiesen hat, so ist diese Tatsache nur der kräftigen Spülung und der damit erreichten Lockerung des Rammbodens zu erklären.

Fasst man aus der Zahl und der Verschiedenartigkeit dieser heute schon abgeschlossenen Ausführungen ein Ergebnis zusammen, so ergibt sich zunächst im allgemeinen ein vollgültiger

Beweis für die vielseitige Bedeutung und Anwendbarkeit des Eisenbetons im Wasserbau der Binnenstrassen. Im besonderen liegt alsdann für die Eisenbetonpfähle und Spundwände der Nachweis vor, dass sie, aus dem Stadium des Versuches herausgetreten, nunmehr ein Bauglied bilden, welches sich technisch wie wirtschaftlich bewährt hat. Welche grossen und neuen Vorteile damit aber insbesondere für die Ufermauern schon erreicht worden sind, haben die Erfahrungen der im einzelnen beschriebenen Ausführungen vorhin gezeigt. Je nach den Baubedingungen des Einzelfalles können sie mehr oder weniger zur Ausnutzung kommen; im Ueberblick seien sie zusammenfassend nebeneinander gestellt: Befreiung der Aufbauunterkante von der niedrigsten Niedrigwasserlinie, Fortfall des Fangedammes, Fortfall der Wasserhaltung, Verringerung der Mauermasse des Aufbaues, Unabhängigkeit vom Wasserstande und schliesslich für das fertige Bauwerk, soweit praktisch erforderlich, unbegrenzte Haltbarkeit, gleichzeitig geringster Aufwand an Unterhaltungskosten.

Weiterhin haben jedoch die vorbehandelten Ausführungen der Ufermauer auch den Beweis mit geliefert, dass die Eisenbetonkonstruktionen bei entsprechender Ausbildung den Stosswirkungen des Schiffsbetriebes gewachsen sein können, wie die Eisenbetonbollwerkswände, die Ueberbauten der Uferwände in Malchin, Schwelgern, Düsseldorf und Ruhrort zeigen.

Es ist zu hoffen, dass die Eisenbetonbauweise demnächst auch für den Bau der Wände und Böden der Schleusen in schnellerer Folge bei dem weiteren Ausbau der deutschen Binnenwasserstrassen Verwendung finden wird.

Berlin, Juli 1907.

SIEGMUND MÜLLER.

Internationaler ständiger Verband
der
Schiffahrts-Congresse

XI. Congress — St.-Petersburg — 1908

I. Abteilung: Binnenschiffahrt
1. Mitteilung

BERICHT

von

S. Müller

BLATT I.

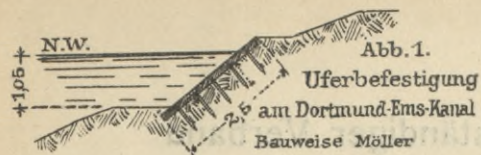


Abb. 1. Uferbefestigung am Dortmund-Ems-Kanal Bauweise Möller

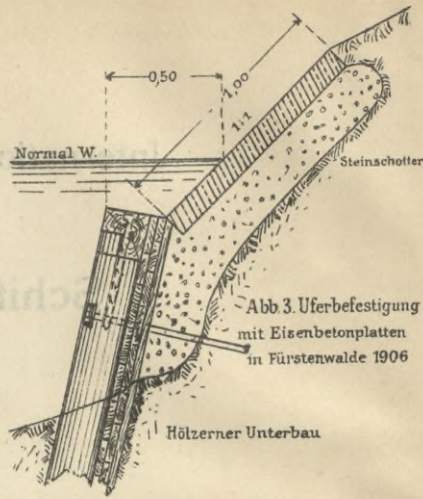
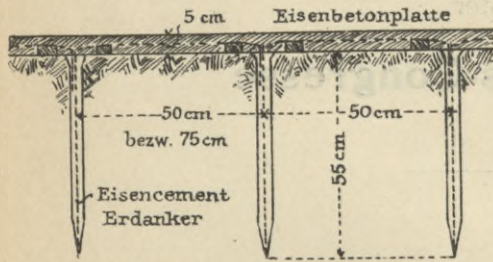


Abb. 3. Uferbefestigung mit Eisenbetonplatten in Fürstenwalde 1906

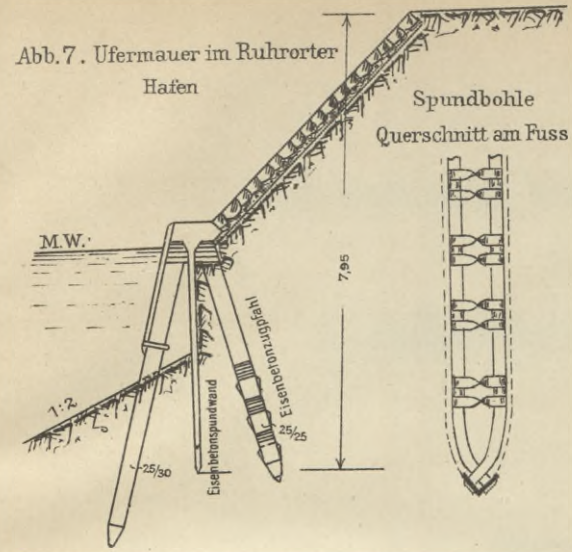


Abb. 7. Ufermauer im Ruhrorter Hafen

Abb. 9. Leitwerk im Ruhrorter Hafen 1905 Drehbrücke

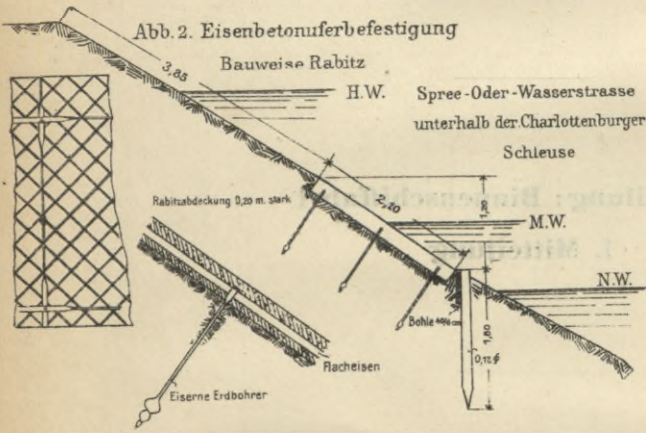
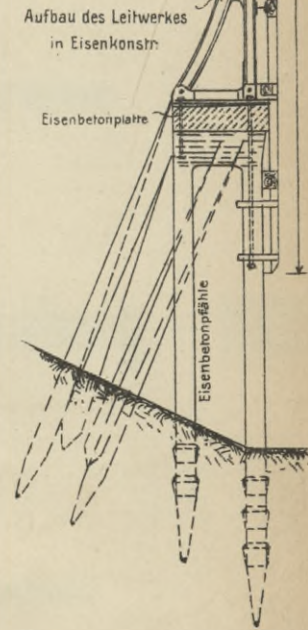


Abb. 2. Eisenbetonuferebefestigung

Abb. 4. Uferbefestigung in Fürstenwalde

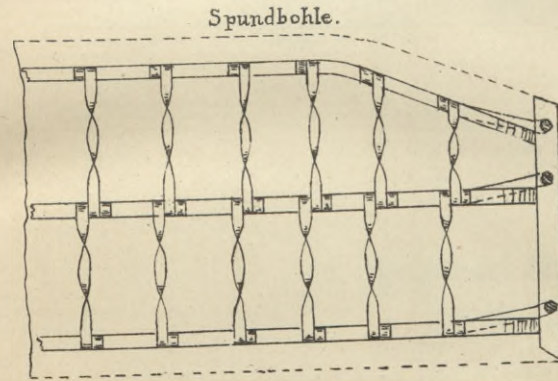
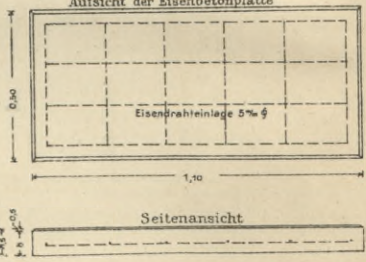


Abb. 8. Neubau des Ruhrorter Hafens: Eisenbetonspundbohle und Schlaghaube

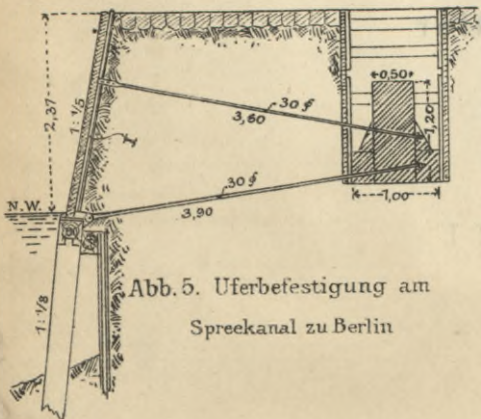
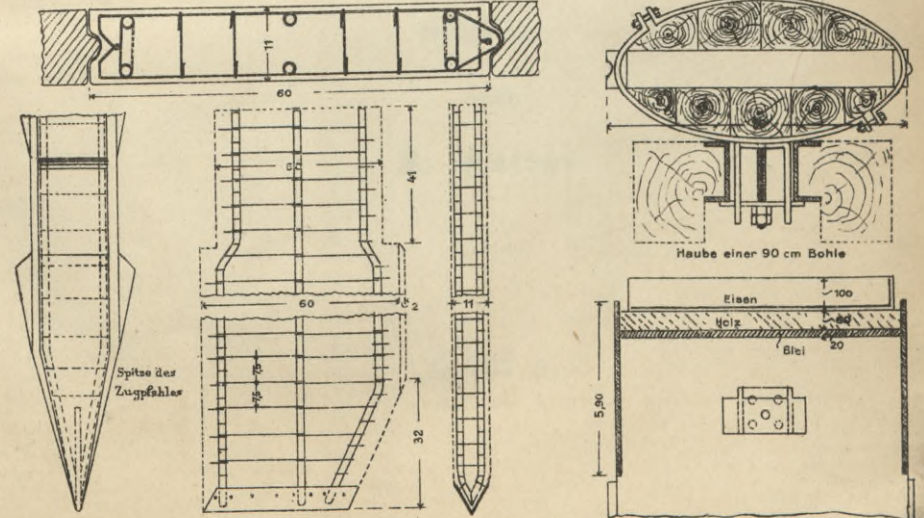
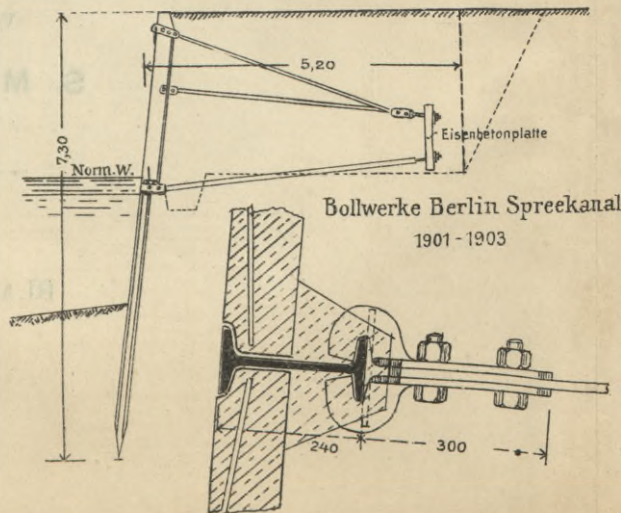


Abb. 5. Uferbefestigung am Spreekanal zu Berlin



Bollwerke Berlin Spreekanal 1901-1903

Internationaler ständiger Verband
der
Schiffahrts-Congresse

XI. Congress — St.-Petersburg — 1908

I. Abteilung: Binnenschifffahrt

1. Mitteilung

BERICHT

von

S. Müller

BLATT II.

