

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt

1. Mitteilung

**VERWENDUNG VON EISENBETON
BEI WASSERBAUTEN**

GENERALBERICHT

VON

S. I. DROUGININE

Professeur à l'Institut Polytechnique

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

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

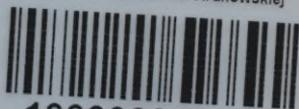
169, rue de Flandre, 169



U-348734

~~119246~~

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299354

Verwendung von Eisenbeton

BEI

WASSERBAUTEN

Sechs Berichte sind über die uns interessierende Frage vorgelegt worden und zwar von den Herren von Préaudeau, Frankreich, A. Lundberg und W. Carling, Schweden, P. Voznéensky, Russland, Wouter Cool, Holland, W. Noble Twelvetrees, England und S. Müller, Deutschland. Sie sind in der zeitlichen Folge ihres Einganges aufgeführt.

Mir ist die grosse Ehre zugefallen, dem Kongress den Generalbericht über die Frage der Anwendung des Eisenbetons bei Wasserbauten auf Binnenschiffahrtsstrassen zu erstatten, d. h. über eine Frage der ersten Abteilung des Kongresses. Die Anwendung des Eisenbetons bei Seehafenbauten, d. h. bei Seebauten, bildet den Gegenstand eines besonderen Berichts in der 2. Abteilung des Kongresses.

Einige der oben erwähnten Berichte haben die Anwendung von Eisenbeton bei Hafenbauten aus leicht begreiflichen Gründen gestreift. Es ist in der Tat schwer, eine reinliche Scheidung zwischen den die 1. und 2. Abteilung betreffenden Fragen vorzunehmen und es ist nicht leicht, die Bauten zu bestimmen, die zur Binnenschifffahrt und die, welche zur Seeschifffahrt gehören.

Es gibt viele Aehnlichkeiten im Charakter und in der Art der Bauten für beide Kategorien und in einigen Fällen stimmen sie ganz miteinander überein. Der einzige charakteristische Unterschied scheint in der chemischen Zusammensetzung des Wassers, in dem die Bauten ausgeführt werden, zu beruhen: Siewasser oder Süsswasser; aber selbst dieses Unterscheidungsmerkmal erlaubt nicht immer die trennende Grenze festzulegen. Das gilt z. B. von den Arbeiten zur Befestigung der Ufer und den Kaibauten in Flussmündungen und an Stellen, wo Kanäle ins Meer münden und wo die Küstenströmungen, die Winde,

die Ebbe und Flut, die Zusammensetzung des Wassers merklich ändern. Man begreift andererseits durchaus das Bestreben, die Frage des armierten Betons bei hydraulischen Arbeiten zu zweifeln, da das in Frage kommende Gebiet sehr weit ist und auch die Art des Verhaltens des Betons im See- und Süßwasser verschieden ist.

Ohne Zweifel haben die undeutlichen Grenzen zwischen den Fragen der 1. und 2. Abteilung einige Berichtersteller veranlasst, ihre Aufgabe umfassender zu stellen, als der 1. Abteilung vorbehalten war. Daher werden wir leider genötigt sein, über das Programm hinauszugehen und, wenn auch nur in grossen Zügen, von der Wirkung des Seewassers auf den Beton zu sprechen.

In seinem eingehenden Bericht gibt Herr A. Préaudeau eine sehr klare systematische Uebersicht über die Anwendung von Eisenbeton auf Wasserbauten in Frankreich. Der Verfasser antwortet auf die im Programm der 1. Abteilung stehende Frage und hält sich streng an die Anwendung von Eisenbeton auf Wasserbauten in der Binnenschifffahrt, die er in drei Gruppen teilt.

1. Bauwerke die unter Wasser ausgeführt werden oder der Eintauchung ausgesetzt sind, aber einen Druck des Wassers oder durchnässten Erdreiches nicht auszuhalten haben, wie zum Beispiel Fundamentierungsarbeiten ;

2. Bauwerke, die über Wasser ausgeführt werden, aber einen ständigen oder wenig wechselnden Wasserdruck auszuhalten haben, wie Röhren, Wasserbehälter, Wehre ;

3. Bauwerke, die über Wasser ausgeführt werden, die einen zeitweiligen oder sehr wechselndem Wasserdruck auszuhalten haben und einem häufigen und grossen Wechsel der Temperatur unterworfen sind, wie Schleusen, Deiche, usw. Diese äusserst einfache Einteilung umfasst alle mit der Binnenschifffahrt zusammenhängenden Wasserbauwerke. Der Verfasser gibt nun die verschiedenen Bestandteile des Eisenbetons an und bespricht die Zusammensetzung des auf verschiedenen Bauten verwandten Betons. Diese Zusammensetzung schwankt ziemlich stark, je nach der Art des Bauwerks für das der Beton bestimmt ist. Der magerste, aus 250 kg Zement, 0,450 cbm Sand und 0,800 cbm Kies bestehende Beton ist für eine Kanalbekleidung (in Epinal) verwandt worden. Alle auf diese Frage bezüglichen Angaben sind in einer Tabelle zusammengestellt.

Es ist jedoch bedauerlich, dass die Grösse der Sandkörner und zum Teil die des verwandten Kieses nicht angegeben ist, da diese Teile die mechanische Eigenschaft des Betons ziemlich stark verändern können, selbst wenn das Verhältnis der Zusammensetzung dasselbe bleibt. Dann beschreibt Herr von Préaudeau, indem er sich an die aufgestellte Einteilung hält, die Bauwerke der 1. Gruppe, die er ihrerseits einteilt in A) Gründungsarbeiten und B) Rostpfähle und Spundpfähle.

In der Unterabteilung A, beschreibt der Verfasser die Gründung zweier Brücken, einer in Châtellerault an der Vienne und der anderen in Soissons im Jahre 1902, nach dem Entwurfe von Hennebique. Dann erwähnt er den Bau einer Kaimauer an der Aisne in Soissons von Ribaud im Jahre 1903 bis 1904, auch hier nach einem Entwurfe von Hennebique. Die Kosten der Herstellung eines laufenden Meters Kaimauer betragen 165 bis 170 Frs, einschliesslich der Wasserhaltung. Die Gesamtlänge beträgt 150 m. In der Unterabteilung B bietet die Beschreibung der Rostpfähle und Spundpfähle ein grosses Interesse.

In Frankreich verwendet man zwei Arten von Pfählen.

1. Solche mit rechteckigem oder quadratischem Querschnitt, deren Haupteinlagen aus Stahldraht bestehen, die in der Längsrichtung liegen und durch Querdrähte verbunden sind ;

2. Solche mit kreisförmigem oder achteckigem Querschnitt, deren Haupteinlagen aus schraubenförmigen Stücken von Eisendraht bestehen, die durch Längseinlagen verbunden sind.

Dann beschreibt der Verfasser im einzelnen die Herrichtung der beiden Pfahlarten. Der Raum zwischen den Quereinlagen wird in den Pfählen mit rechteckigem Querschnitt nach dem Kopf hin immer enger und in den Pfählen mit kreisförmigem Querschnitt nimmt die Windung der schraubenförmigen Einlage ab. Man vermindert hierdurch die Möglichkeit des Zerbrechens der Köpfe beim Einrammen. Drei Ursachen sagt der Verfasser, scheinen Einfluss auf das Rammen der Pfähle zu haben : ihr Alter, das Gewicht des Rammbaren und die Anordnung der Einlagen in der Nähe des Kopfes. Das Alter des Pfahles von seiner Herstellung bis zum Augenblick des Rammens soll $2\frac{1}{2}$ bis 3 Monate betragen. Das Gewicht des Rammbaren muss grösser sein, wenn Eisenbetonpfähle gerammt werden müssen, als wenn es sich um Holzpfähle von gleicher Länge handelt. Für die längsten Pfähle (11 m in Boulogne) hat man

Rammbären von durchschnittlich 2 400 kg verwendet. In Deutschland gibt es solche, die 4 000 kg wiegen. Um zu verhindern, dass die Pfahlköpfe beim Rammen zerbrechen, hat man zu folgenden 2 Hilfsmitteln gegriffen : 1. Verwendung eines besonderen Aufsatzes, der aus einer Ringhülle aus Eisenblech besteht, die an den Quereinlagen befestigt wird ; sie ist zumteil mit Sand oder Sägemehl gefüllt und wird mit einer Jungfer aus Eichenholz bedeckt, auf welche der Rammbär aufschlägt ;

2. Das schon oben genannte Hilfsmittel, welches in der besonderen Anordnung der Einlagen besteht ; von 1 m oder darunter an nähern sich die Einlagen bis zum Kopf mehr und mehr. Auf diese Weise wird der Beton nur auf etwa 0,50 m vom Kopf an zerstört. Am Ende des gleichen Abschnittes weist der Verfasser auf die guten Ergebnisse hin, die dieses zweite Hilfsmittel in Noisiel erzielt hat, wo die Arbeit mit Sorgfalt gemacht wurde und die Bestandteile der Pfähle aus gutem Material waren. Die zweite Gruppe von Wasserbauten, die aus Bauwerken besteht, welche einen ständigen und wenig wechselnden Wasserdruck auszuhalten haben, wird von dem Verfasser in 3 Unterabteilungen eingeteilt : A. Röhren ; B. Wasserbehälter, und C. Arbeiten zur Dichtung von Kanälen.

Die Unterabteilung A., Röhren, enthält die Beschreibung einer Kanalisationsanlage in Achères von 1 460 m Länge. Die Stärke der Röhren schwankt nach dem Grade des Druckes, dem sie unterworfen sind. Es sind 2 Arten zu unterscheiden. Die erste ist bestimmt, einen Druck von 2 bis 13,60 m auszuhalten und die andere einen Druck von 13,60 bis 22 m. Die Zusammensetzung des Betons ist 0,615 cbm Sand auf 450 kg einer Mischung von schnell bindendem und langsam bindendem Zement. Diese Zusammensetzung ermöglicht es, die Röhren 48 Stunden nach ihrer Herstellung zu transportieren. Bald nach ihrer Verlegung bemerkte man Durchsickerungen an den Längsnähten, aber 2 oder 3 Monate später hatte jede Ausschwitzung aufgehört, und die Nähte hatten sich wieder geschlossen. Ferner beschreibt der Verfasser kurz eine Berieselungsanlage bei Triel mit einer Tal-Kreuzung in Dükerform. Er gibt schliesslich die Massnahmen an, die zur Sicherung des regelmässigen Setzens der Leitung getroffen sind und schildert die Entlastungsbogen an Stellen, wo sie unter der Landstrasse liegt, sowie die Massnahmen, welche die Festigkeit des Dükers sichern.

In der Unterabteilung B, Wasserbehälter, berichtet der Verfasser über Betonbehälter zur Wasserversorgung von Eisenbahnstationen und beschreibt 2 grosse Wasserbehälter. Der 1. von 680 cbm Fassungsvermögen wurde 1905 in Brévannes (Seine-et-Oise) gebaut, mit einem inneren Durchmesser von 13,85 m und 4 m Wasserhöhe. Der andere mit 4 000 cbm Fassungsvermögen wurde 1896-1897 von Chassin in Chatillon-sous-Bagneux mit 32 m innerem Durchmesser und 5 m Wasserhöhe gebaut. Da Angaben über den augenblicklichen Zustand dieser beiden Wasserbehälter fehlen, so ist, da seit ihrem Bau 11 Jahre verflossen sind, anzunehmen, dass sie sich bewähren und kein Zeichen von Verfall aufweisen.

In der Unterabteilung C, Kanaldichtungsarbeiten, beschreibt der Verfasser die Bekleidungen des Ostkanals und der Abzweigungen von Epinal und zeigt die Schwierigkeiten, zu denen bei diesen Arbeiten die Verwendung von Eisenbeton Veranlassung gibt, und zwar infolge der verschiedenartigen Bodenbeschaffenheit, infolge der Leichtigkeit, mit der verschiedene Schichten Wasser durchlassen, was ungleichmässiges Setzen der Anlage und trichterförmige Brüche erzeugt. Man hat Platten aus Eisenbeton von 0,12 m Dicke, einschliesslich einer 0,02 m starken Putzschicht verwendet, die durch Eisenrippen verstärkt waren. Die Menge des in diese Platten eingelegten Eisens schwankt zwischen 0,8 und 1,5 %. Bei ähnlichen, in Deutschland ausgeführten Arbeiten hat man festgestellt, dass nach 11 Jahren die Eiseneinlagen die 0,007 m unter der Oberfläche der Platten lagen, mit Rost bedeckt waren. Bei den in Epinal ausgeführten Bekleidungen liegt diese Grenze günstiger, nämlich bei 0,02 m. Eine solche Dicke hält der Verfasser bei derartigen Arbeiten für erforderlich.

Herr von Préaudeau ordnet in die 3. Abteilung diejenigen Arbeiten ein, welche unbeständigem, aber nicht sehr hohem Druck ausgesetzt sind, und bei denen in sehr kurzen Zeiträumen Maxima und Minima wechseln. Das ist bei Wehren und Schleusen der Fall.

Unter den Umständen, die ungünstig für diese Anlagen wirken, sind die häufigen Temperaturschwankungen zu nennen: wenn die Haltung trocken ist, nehmen die Mauerteile die Temperatur der sie umgebenden Luft an und trocknen aus; ist die Haltung voll Wasser, so nehmen die Mauerteile dessen Temperatur an und nehmen Feuchtigkeit auf. Besonders der Frost

hat einen verderblichen Einfluss auf die feuchten Teile. Die Anwendung von Eisenbeton bei derartigen Arbeiten unterliegt in Frankreich noch der Untersuchung und Prüfung.

Was das Wehren zu gebende Profil betrifft, so haben die Untersuchungen bewiesen, dass von den zwei untersuchten Profilarten das mit einer unter 45° geneigten Wand stromaufwärts und vertikalen Gegenpfeilern der Vorzug verdient, wenn die Fundamente einen starken Druck aushalten können; diese Art ist hinsichtlich des Widerstandes gegen Gleiten vorteilhafter als die, deren stromaufwärts gelegene Wand unter 60° geneigt ist, und deren Gegenpfeiler nicht vertikal, sondern unter dem gleichen Winkel geneigt sind. Dies Profil bietet allerdings weniger Widerstand gegen Gleiten, aber es führt dafür zu einer besseren Verteilung des Druckes auf die Grundfläche. Nach dem Verfasser verdient dies letzte Profil in vielen Fällen den Vorzug. Der Berichterstatter schliesst, indem er dem Zeifel Ausdruck giebt, ob es möglich sein wird, den Eisenbeton bei Anlagen dieser Art zu verwenden und gibt folgende Schlussbetrachtungen:

Die Festigkeit zwischen Eisen und Beton bei Bauten aus Eisenbeton beruht auf der Adhäsion zwischen Eisen und Beton und auf den Ausdehnungskoeffizienten dieser Stoffe, die ungefähr gleich sind, aber das Wärmeleitungsvermögen des Betons ist ein anderes als das des Eisens und bei schnellen Temperaturwechseln kann es vorkommen, dass die Ausdehnungsunterschiede zwischen Eisen und Beton so gross sind, dass der Zusammenhang zwischen den beiden Bestandteilen des Eisenbetons zerstört wird und mit ihm die Festigkeit der Anlage. Dann gibt der Verfasser noch der Befürchtung Ausdruck, dass dieser Zusammenhang zwischen Eisen und Beton auch infolge der Wasserdurchlässigkeit des Betons bei grossem Druck gestört werden kann, was die Rostbildung an dem Eisen infolge des Eindringens des Wassers möglich machen würde.

Die Lösung aller dieser Fragen ist, wie der Verfasser sagt, erst nach langen Beobachtungen und Versuchen möglich.

Herr A. von Préaudeau schliesst seinen sehr interessanten Bericht mit der Beschreibung von Versuchen am Wehr von Settons (Nièvre) und teilt die Ergebnisse dieser Versuche und der 1904 bis 1906 gemachten Beobachtungen mit. Die Versuche dauern noch fort und man ist noch nicht zu einem endgültigen Ergebnis gekommen.

Die Herren A. Lundberg und W. Carling geben in ihrem Bericht eine eingehende Beschreibung von den Eisenbetonkais auf Pfählen in Stockholm und im Hafen von Norrköping. Der Kai von Stockholm besteht aus einer vertikalen Mauer aus Eisenbeton von 7 m Höhe in einer horizontalen Plattform aus demselben Stoff, die miteinander durch Pfeiler im Abstand von 1,30 m verbunden sind. Die Kailinie besteht aus Teilen von 7,80 m Länge, die auf einem Gerüst nacheinander ausgeführt und dann auf die Pfähle herabgelassen worden sind. Die horizontale Sohle dient als Drempe. Der Beton bestand aus einem Raumteil Portlandzement und aus 2 Raumteilen Sand und aus 2 1/2 Raumteilen kleingeschlagenen Steinen. Die äussere Wandverkleidung hat eine Putzschicht aus Zement von 0,02 m Dicke erhalten, der zweimal mit Kesslerschem Fluat überzogen ist, um ihn gegen Temperaturschwankungen unempfindlicher zu machen. Die letztere Vorsichtsmassregel ist besonders zweckmässig, weil der Zement und infolgedessen auch der Beton der Wirkung des Frostes wenig Widerstand leistet. Die bisher ausgeführte Kailänge beträgt 230 m.

Der Hafen von Norrköping liegt an der Mündung der Motala, die sich in die Bucht von Bräviken ergiesst. Die Schwankungen der Wassertiefe betragen 1,50 m. Die Kaimauer besteht aus einzelnen Pfeilern von 3,80 m auf 8,80 m, deren Achsenabstände 8,25 m betragen. Diese Pfeiler ruhen auf Platten, die ihrerseits auf Pfähle aufliegen. Die Zwischenräume zwischen den Pfeilern sind durch Eisenbetonplatten ausgefüllt. Um das Gleiten der Erdmassen zu verhindern, ist die Fundamentböschung (Neigung 1 : 2) mit Eisenbeton bekleidet und stützt sich auf eine Spundwand. Dieser 265 m lange Kai ist seit 1904 fertig; bisher sind daran weder Senkungen noch andere Mängel beobachtet.

Am Anfang seines Berichtes schildert Herr Voznécensky einen Wellenbrecher aus Eisenbeton, der augenblicklich in Tuapse am Schwarzen Meer im Bau ist. Er besteht aus Eisenbetonkästen, die mit magerem Beton gefüllt sind und deren oberer Teil über den Niedrigwasserspiegel ragt. Die Senkkästen haben einen Oberbau aus Mauerwerk mit einer Wand aus Stein. Der Verfasser schlägt nun für derartige Anlagen eine andere

Bauart vor. Sie unterscheidet sich von der in Tuapse angewandten darin, dass :

1. die Kästen aus Eisenbeton keinen Boden haben, und
2. ihre Höhe so gross ist, dass ein Steinoberbau unnütz wird, und

3. dass sie von einander in der Längsrichtung des Wellenbrechers getrennt stehen und durch Balken bis zu einer gewissen Tiefe verbunden sind. Der Verfasser macht Angaben, welche den Rechnungen und Kostenanschlägen als Grundlage dienen können und aus denen hervorgeht, dass der vorgeschlagene Wellenbrecher wenig mehr kostet als die bisher gebräuchlichen Arten und viel weniger als die, welche nicht aus armiertem Beton hergestellt sind. Der Berichterstatter beschreibt dann kurz einen Entwurf für eine Eisenbetonbrücke des Ingenieurs Tschekhovitsch, dann in grossen Zügen den Bau eines Leuchtturmes in Nicolaïff im Jahre 1903-1904, dessen Höhe 36 m über Wasser beträgt und schliesslich 2 Entwürfe für Kais aus Eisenbeton, die im Hafen von Novorossisk hergestellt werden sollten. Die Entwürfe sind vom Ingenieur Piatnitsky ausgearbeitet.

Alle obenerwähnten Anlagen, die schon ausgeführt sind oder die sich noch im Entwurfe befinden, betreffen Seebauten und gehören eigentlich nicht in die erste Abteilung des Kongresses, aber die Beschreibung eines Kais in Süsswasser am Ufer des Bang in Nicolaïeff, die der Verfasser giebt, bildet einen Teil des Programms dieser Abteilung. Dieser Kai ähnelt einem Bau, dem von Stockholm, welcher ausführlich im Berichte der Herren Lundberg und Carling beschrieben ist. Der Bericht des Herrn Voznénsky endet mit folgenden Schlussfolgerungen :

1. Es ist wünschenswert in Zukunft bei Wasserbauten namentlich an der See Eisenbeton anzuwenden zur Ersparung von Zeit und Geld ;

2. Für den Bau von Hafenschutzwerken aus Eisenbeton würde es nützlich sein, Versuche anzustellen mit Molen, die in einzelne Pfeiler aufgelöst werden und deren Zwischenräume durch Eisenbetonbalken geschlossen werden ;

3. Für den Bau von Dämmen im Innern der Häfen ist es wünschenswert, Versuche mit Pfeilern und Bogen aus Eisenbeton anzustellen ;

4. Es ist wünschenswert, Versuche mit Brüstungen und Abdeckquadern aus Eisenbeton anzustellen, und

5. Es ist notwendig, die Frage der Verwendung von Eisenbeton zu Wasserbauten weiter zu studieren durch parallele Untersuchungen im Laboratorium und an wirklichen Ausführungen sowohl im Süsswasser wie im Meere.

In seinem Bericht beginnt Herr Wouter Cool mit der Beschreibung der Bauart und der Ausführungsweise der Kais von Rotterdam. Vier Arten von Kaimauern werden darin geschildert.

Die erste besteht aus schwimmenden Kästen mit Seitenwänden und Boden aus Eisenbeton, die Kästen ruhen auf den Pfählen der nicht mehr bestehenden alten Kaimauern, die noch genügend Widerstand zu haben schienen.

Die zweite Art besteht aus Kästen, deren Boden aus Eisenbeton an der Grundfläche erweitert war. Diese Kästen haben 10 m Höhe und ruhen direkt auf einer Sandschicht, 1 m unter der Kanalsohle. Ihre Länge beträgt 40 m, ihre Breite 9,80 m. In der Längsrichtung sind sie in zwanzig Abteilungen geteilt. Die Ausführungen der Arbeiten, der Bau der Senkkästen, sowie die Verlegung derselben werden in sehr interessanter Weise geschildert. Die dem Bericht beigegebenen Tafeln zeigen die Einzelheiten der Konstruktion und die Anordnung der Eisenanlage.

Die Kaimauer der dritten Art ist auf einen Drempel von Eisenbeton begründet, der auf Pfählen ruht. Um das Gleiten der Sandböschungen zu verhindern, sind diese mit Faschinen bekleidet.

Die vierte Art von Kaimauer, die an Stellen verwendet wird, wo die grossen Schiffe anlegen, unterscheidet sich von der dritten darin, dass man, um den Sand des Flusses zurückzuhalten, die verschiedenen Schutzdecken aus Faschinen durch eine vertikale Mauer aus Eisenbeton ersetzt hat, die mit dem Drempel aus Eisenbeton fest verbunden ist.

Ausser den obenerwähnten Arten schildert der Verfasser noch zwei Arten von Kaimauern, von denen die eine in Schiekolk ausgeführt ist. Sie ähnelt den Kaimauern von Stockholm und Nicolaieff. Nur ruht der Bau hier direkt auf dem Boden. Die andere ist 1905 in Amsterdam (Kattenburg) ausgeführt. Letz-

tere besteht aus einer grossen Eisenbetonplatte, die sich nach oben verbreitert und als Unterstützungsmauer dient, und die erste am Gleiten verhindert.

Diese Platte ist etwas unterhalb der Bodenunterfläche durch Zugeisen an Pfähle befestigt, die schräg hinter die Mauer im Abstand von 4,8 m eingeschlagen sind.

Herr Wouter Cool zeigt dann die Anwendung von Eisenbeton beim Bau eines unterirdischen Schiffahrtskanals in Tunnelform unter dem Grand Marché in Rotterdam. Der rechteckige Querschnitt hat 5,50 m Breite und 4,55 m Höhe. Zwei andere Kanäle von ähnlicher Bauart sind in Helmond und in Rotterdam ausgeführt. Der eine davon, bei Ameide, in Form eines Tunnels und von kleineren Abmessungen, der andere offen.

Eisenbeton ist in Holland auch beim Bau des Mervedekanals in Utrecht verwendet worden. Man hat auf beiden Seiten dieses Dammes Stützmauern aus Eisenbeton in derselben Art verwendet, wie beim Kai von Schiekolk, aber diese Mauern sind hier auf Eisenbetonbalken fundiert, die auf Pfählen ruhen.

Am Ende seines Berichtes erwähnt der Verfasser die Anwendung von Eisenbeton bei den pneumatischen Arbeiten (Caissons) des Viaduktes beim Zentralbahnhof in Amsterdam. Die Luftdichtigkeit hat man erhalten, indem man die Wände mit einer Schicht von reinem Zement überzog.

Die kurze Aufzählung der Bauwerke und Anlagen, die in dem Bericht des Herrn Wouter Cool beschrieben werden, zeigt uns, dass Eisenbeton in Holland bei Wasserbauten schon recht umfangreich verwendet worden ist.

Herr W. Noble Twelvetrees teilt in seinem Bericht die Frage der Verwendung von Eisenbeton bei Binnenschiffahrtbauten in sechs verschiedene Kapitel.

Kapitel A. — *Verwendung von Eisenbeton zur Befestigung der Ufer von Kanälen und Flüssen.* — Diese Bauten bestehen im Einschlagen von Pfählen und Spundwänden. Derartige Bauwerke sind in Christchurch auf einer Länge von 30,50 m bei einer Höhe der gestützten Erdmasse von 3,80 ausgeführt, dann am Flusse Itchen in Southampton, wo man Eisenbeton-

pfähle in 15 m Tiefe in einen Boden eingeschlagen hat, der aus festem Sand und Kies bestand. Der 1,37 t wiegende Rammbar fiel dabei aus einer Höhe von 3,81 m herab, dann hat man am Flusse Ouseburn bei Newcastle-on-Tyne eine Kaimauer gebaut, die, wie der Verfasser angibt, ein Beispiel bietet für die überlegene Standfestigkeit des Eisenbetons gegenüber Wänden aus Mauerwerk in Fällen, wo die Fundamente vom Wasser unterspült werden können.

Eine andere Art Kaimauer ist in Nordham bei Southampton ausgeführt worden. Gegenüber der alten Wand aus Mauerwerk sind Eisenbetonpfähle eingeschlagen worden, die mit dieser Mauer durch eine Ueberdachung aus Eisenbeton verbunden sind, auf der ein Schienenstrang liegt, der für die Züge und für Krahe von 40,64 t bestimmt ist.

Kapitel B. — Der Verfasser beschreibt in diesem Kapitel die interessante Anlage eines Docks aus Eisenbeton bei Greenwich. Die Länge dieses Bauwerks beträgt 53,64 m bei 14,64 m Breite. Der dem Generalbericht zugemessene geringe Raum und das Fehlen von Zeichnungen im Bericht des Herrn W. Noble Twelvetrees erlaubte es nicht, auch nur kurz diese interessanten Bauten zu beschreiben, die ganz neu sind.

Kapitel C.— *Kais und Molen.*— Der Verfasser beschreibt Kais und Molen nach dem System der Herren Mouchel und Hennebique. Der Kai von Dunstan in Newcastle-on-Tyne ist auf einzelnen Pfählen gebaut, die auf Gruppen von 6 Hohlpfählen nach dem System Mouchel von durchschnittlich 13,70 m Länge ruhen. Der Vorteil der Hohlpfähle beruht in ihrem geringen Gewicht bei gleichem Biegungswiderstand. Der Verfasser beschreibt dann den Bau einer Mole und eines Viaduktes aus Eisenbeton in Purfleet an der Themse mit einer Jochbreite von 18,18 m. Im Jahre 1907 stiess ein Schiff von 8,128 t gegen die Mole und beschädigte sie. Sieben oder acht Pfähle wurden zerstört, ebenso 1 858 qm Deckung. Die Beschädigungen von Bedeutung blieben auf eine Zone von 6 096 m Länge beschränkt. Die Untersuchung durch sachkundige Ingenieure führte zu der Feststellung, dass die Anlage besonders fest sei und Eisenbeton Stößen grossen Widerstand entgegenzusetzen vermag.

Kapitel D. — *Brücken bei Kanälen und Flüssen.* — Dies Kapitel enthält die Beschreibung von nachstehenden Brücken aus Eisenbeton. Brücke über den Leedsfluss und den Kanal von

Liverpool mit Spannweiten von 15,24 m. Zwei Brücken über den Kanal von Smethwick bei Birmingham mit zwei Jochen von 12,80 m und 8,85 m Spannweite. Brücke von 107,60 m Länge über den Stoorfluss zwischen Bournemouth und Christchurch. Vier Brücken mit drei Bogen von 29,45 m Spannweite über den Temefluss in der Grafschaft Worcester und fünf Brücken mit drei Bogen in Pontypridd über den Tafffluss von 52,42 m Länge und grösster Spannweite von 35,35 m.

Kapitel E. — *Wasserbehälter.* — Der grösste freistehende Wasserbehälter ist in Malvern gebaut worden. Sein Fassungsvermögen beträgt 2 271 725 l. Seine Länge beträgt 36,90 m, seine Breite 19,34 m und seine Tiefe 3,25 an einem Ende und 3,85 m am anderen.

Kapitel F. — Im letzten Kapitel beschreibt der Verfasser das Warenlagerhaus, das aus Eisenbeton am Flusse Towy in Carmarthen gebaut worden ist.

Herr S. Müller giebt in seinem interessanten Berichte ein vollständiges Bild der Anwendung des Eisenbetons bei den Wasserbauarbeiten auf den deutschen Binnengewässern. In seiner Vorrede zeigt der Verfasser in allgemeiner Weise das umfassende Anwendungsgebiet, dessen Gegenstand in letzter Zeit der Eisenbeton bei der Ausführung von Bauwerken aller Art gewesen ist. Er lenkt dabei die Aufmerksamkeit auf zwei Eigentümlichkeiten des Eisenbetons, die seine Verwendung bei gewissen Bauwerken nicht zulassen, wie zum Beispiel bei den Schleusen und bei den Wehren. Diese Eigentümlichkeiten sind die Durchlässigkeit des Betons unter starkem Druck und sein geringes Widerstandsvermögen gegen Stösse. Diese Eigentümlichkeiten haben bisher die Anwendung des Eisenbetons in Deutschland besonders auf die Bekleidung von Kanälen und auf Kaimauern beschränkt. In seinem Berichte beschränkt sich der Verfasser darauf, die Konstruktion verschiedener Bauwerke zur Kenntnis zu bringen. Im ersten Kapitel findet man die Beschreibung einer im Jahre 1892 an den Böschungen des Dortmunder Kanals versuchsweise ausgeführten Eisenbeton-Verkleidung und der am Wentowkanal im Jahre 1898 ausge-

führten Verkleidung. Diese Arbeiten haben zu Zweifeln Veranlassung gegeben, ob es zweckmässig ist, zwischen den einzelnen Platten Fugen in der Längsrichtung des Kanals zu lassen, und ob es notwendig erscheint, Verankerungen zur Befestigung der Bekleidungen an den Böschungen zu verwenden. Zur Entscheidung der Frage hat man im Jahre 1897 verschiedene Arten von Bekleidungen ausgeführt, die dazu dienten einen Vergleich zu ziehen. Diese Versuche haben bewiesen, dass es notwendig war, Fugen zwischen den Platten zu lassen, um die durch Temperaturschwankungen bedingten Ausdehnungen zu ermöglichen; der Nutzen der Verankerungen hat sich nicht genügend nachweisen lassen, indessen hat man die Ueberlegenheit der Zementanker über die eisernen festgestellt. Der Verfasser führt dann die in Fürstenwalde hergestellten Bekleidungen aus Eisenbeton an, wo die Platte nicht auf der Böschung herabgleiten kann, da ihre untere Kanten sich auf eine hölzerne Spundwand stützen. Als Beispiel von Arbeiten zur Uferbefestigung von Flüssen und Kanälen führt man das am Speekanal in Berlin im Jahre 1890 ausgeführte Bauwerk an, welches aus Eisenbetonplatten mit einer Neigung von $1 : 1/5$ besteht, die sich mit ihren unteren Kanten auf eine hölzerne unterhalb des Niedrigwassers liegende Spundwand stützen; die Platten sind an zwei Stellen mittels Zug-eisen an Mauerpfeilern verankert. Im Jahre 1902, also nach elfjährigem Bestehen, ist man zu einer eingehenden Untersuchung des Zustandes des Bauwerkes geschritten; nach den vorgefundenen Ergebnissen wurde anerkannt, dass das gewählte Verfahren mit Erfolg bei der Befestigung von Ufern angewendet werden könnte. Man hat darauf im Jahre 1903 nach diesem Muster Eisenbetonbekleidungen am ganzen Spreekanal in Berlin entlang ausgeführt.

Im zweiten Teile seines Berichtes beschreibt Herr Müller die Herstellung von Kaimauern aus Eisenbeton auf Eisenbetonpfählen. Seit dem Jahre 1901 hat man in Deutschland mit der Herstellung von Eisenbetonpfählen begonnen; anfangs war ihr Querschnitt rechteckig bei 0,13 m Seitenlänge; später stellte man solche mit dreieckigem Querschnitt her mit 0,38 m Kantenlänge. Ihre Länge schwankte zwischen 5 und 8 m. Die Eiseneinlagen bestanden aus drei Längseisen von 0,026 m Durchmesser, die in Abständen von 0,20 m durch Querbänder von 0,026 m Durchmesser verbunden waren. Das Einrammen

der Pfähle erfolgte mit einem Bär von 2500 kg Gewicht bei einer Fallhöhe von 1,70 m. Das Alter der Pfähle vom Tage ihrer Fertigstellung bis zum Einrammen betrug vier Wochen. Im Jahre 1905 hat man in Hamburg zur Herstellung des Beckens des Zollhafens Eisenbetonpfähle mit einem Querschnitt von 0,34 m \times 0,34 m bei einer gleichmässigen Länge von 11,50 m verwendet; ihre Rammtiefe erreichte 9 m. Diese Pfähle wurden in wagerechter Lage gegossen und man schritt zum Einrammen derselben acht Wochen nach ihrer Herstellung. Der Zement wurde zuerst im Verhältnis 1 : 3 und später 1 : 2 gemischt. Man hat bei diesen Arbeiten auch Pfähle mit sechseckigem Querschnitt verwendet, in deren Innerem ein Eisenrohr von geringem Durchmesser angebracht war, welches zum Hineinpressen von Wasser während des Einrammens diente.

Die ersten Versuche mit Eisenbetonpfählen haben die Möglichkeit erwiesen, Spundwände aus Eisenbeton herzustellen. Die ersten Arbeiten dieser Art wurden im Jahre 1904 in Ruhrort ausgeführt; die Spundwand wird in ihrer senkrechten Stellung auf beiden Seiten der Wand durch schräg eingeschlagene Pfähle gestützt, deren obere Enden sich gegen diejenigen der in der Linie der Spundwand eingeschlagenen Pfähle stemmen. Man hat auf diese Weise in Ruhrort etwa 9,5 km Uferstrecke befestigt.

Im Jahre 1905 hat man in Düsseldorf im Rheinhafen eine Kaimauer gebaut. Auf einer Reihe von Spundwänden und Pfählen aus Eisenbeton, von denen ein Teil senkrecht, ein Teil unter einem gewissen Neigungswinkel eingerammt wurden, hat man eine Eisenbetonplatte hergestellt, auf der man die Kaimauer errichtet hat, die in halber Höhe durch eine Eisenbetonplatte verstärkt wurde. Man hat in Düsseldorf noch eine andere Kaimauer nach diesem, etwas geänderten Muster hergestellt: die Pfähle und die Spundwände sind unter einer gewissen Neigung, die zwischen 1 : 3,5 und 1 : 4,5 wechselt, eingerammt, und die Eisenbetonplatte, die die Mauer verstärkt, ist durch Gewölbe ersetzt. Der Verfasser giebt dann interessante Aufschlüsse über den Preis dieser Bauwerke und führt die Unzuträglichkeiten an, zu denen die Verwendung des Eisenbetons Veranlassung giebt; die Herstellung der Pfähle muss rechtzeitig erfolgen; sie müssen mindestens vier Wochen vor dem Einrammen hergestellt sein; zur Verlängerung sind die

Pfähle ganz ungeeignet, falls man sich bei der Bestimmung der ihnen zu gebenden Mindestlänge geirrt hat.

Der Verfasser giebt dann eine Beschreibung der bei der Erbauung einer Kaimauer in Malchin in Mecklenburg ausgeführten Arbeiten, ebenso von der Glienicker Brücke über die Havel bei Potsdam und von der Kaimauer des neuen Hafenbeckens in Spandau. Dann zeigt er die Herstellungsart der von der Firma Menck und Hambrock in Altona ausgeführten Spundwände, zu deren Einrammen man einen 4 t schweren Bären benutzt hat. Der Verfasser schliesst, indem er sich zu Gunsten der Verwendung von Pfählen und Spundwänden aus Eisenbeton ausspricht, die nach Ausführung so vieler Entwürfe ihre Probe bestanden haben.

Der Bericht bringt eine Fülle interessanter Daten und giebt ein sehr klares Bild von den in Deutschland gemachten Anwendungsarten des Eisenbetons bei den Arbeiten an den Binnenwasserstrassen.

Man sieht aus den kurzen Auszügen der Berichte, die wir erhalten haben, dass die Verwendung des Eisenbetons bei den Bauten an den Binnenwasserstrassen einen grossen Umfang angenommen hat. Es giebt kein anderes Beispiel von Baumaterialien, die in einer ebenso kurzen Zeit (etwa zwölf bis fünfzehn Jahre) ein ebenso umfangreiches Feld der Verwendung in der Bautechnik sich erobert hätten.

Man muss den Grund dafür in den besonderen Vorteilen suchen, die eine derartige Ausführung der Arbeiten bietet, die in Zeit- und Geldersparnis besteht. Diese beiden Faktoren sind durch Ziffern in den einzelnen Berichten genügend beleuchtet.

Die Verbindung der beiden solidarisch wirkenden Elemente, des Eisens und des Betons, die die Bestandteile des Eisenbetons bilden, gestattet ausserdem, sofort bei der Ausarbeitung eines Projektes geeignete Vorkehrungen zu treffen, um die Angriffe zu bekämpfen, denen diese Bauwerke durch äussere Ursachen ausgesetzt sind. Man kann tatsächlich durch eine geeignete Anordnung der Eiseneinlagen an einem bestimmten Punkte die Widerstandsfähigkeit des Bauwerkes vermehren und die Zug- und Druckspannungen ausgleichen. Weiterhin fügen sich die Eisenbetonbauten dank der Formbarkeit des Betons in jede Form. Die Unverbrennbarkeit des Betons und die schlechte Wärmeleitung dieses Stoffes (etwas geringer als die des Ziegelsteines) machen den Eisenbeton geeignet zu vielfachem Ge-

brauche bei der Errichtung von Gebäuden, Speichern u. s. w.

Alle diese Eigentümlichkeiten sprechen zu Gunsten der Verwendung des Eisenbetons; indessen, *ehe* man sich endgültig über dieses Thema äussert, ziemt es sich, die Nachteile dieser Materialien in Rechnung zu ziehen. Es sind dies zwei, nämlich erstens: die Unfähigkeit des aus Portlandzement hergestellten Betons, der zerstörenden Wirkung des Meerwassers zu widerstehen, und zweitens: der geringe Widerstand, den der mit Portlandzement hergestellte Beton den Witterungseinflüssen, besonders den niedrigen Temperaturen, bietet.

1. Nach den berühmten Laboratoriumsarbeiten der Herren Le Chatelier, Michaelis, Féret, Candlo, Rebufat und Maynard und nach den von den Herren W. Czarnomski und A. Baykoff angestellten Untersuchungen an den Betonbauwerken in den Häfen des Schwarzen und des Kaspischen Meeres kann kein Zweifel hinsichtlich der schnellen Zersetzung des Betons unter der verderblichen chemischen Wirkung des Meerwassers bestehen. Man macht infolgedessen Laboratoriumsversuche, um ein Mittel zu finden, mit dem man den Beton vor der verderblichen Wirkung des Salzwassers schützen kann. Die bisher angestellten chemischen Versuche lassen erhoffen, dass ein Zusatz von Puzzuolan zu dem Zement- oder Kalkmörtel und zu dem aus beiden Bestandteilen gemischten Mörtel einen Beton liefern wird, der unter passenden Bedingungen dem Meerwasser widerstehen wird. Dieser Gegenstand bildet eine der Fragen, die die internationale Vereinigung für Materialversuche zu lösen versucht, und die auf dem Programm des nächsten Kongresses in Kopenhagen steht. Indessen würde es zur vollständigen Aufklärung dieser Frage grösster Wichtigkeit sein, Versuche in viel grösserem Massstabe zu unternehmen, und zwar nicht nur in den Laboratorien, sondern auch durch Herstellung von Versuchsbauten aus Eisenbeton mit Puzzuolanzusatz in den Häfen, um sich auf gleiche Art zu vergewissern, ob nach Zusatz dieses Stoffes die Stoffe, aus denen der Eisenbeton besteht, ihre Verbindungsfähigkeit bewahren, das heisst, ob das gewünschte Aneinanderhaften zwischen dem Eisen und dem Beton dauernd bestehen bleibt. Um aus diesen Versuchen die Ergebnisse zu ziehen, liesse sich schwerlich eine berufenere Versammlung finden als diejenige des bevorstehenden Kongresses. Wir würden uns nicht für berechtigt halten, diese Frage zu streifen, die in keiner direkten Beziehung zu

dem Programme der ersten Abteilung steht, wenn nicht Herr Voznécensky in der ersten Schlussfolgerung seines Berichtes folgenden Vorschlag gemacht hätte : « Es ist wünschenswert, in Zukunft den Eisenbeton aus Gründen der Ersparnis an Geld und Zeit bei Wasserbauwerken zu verwenden, und zwar besonders bei Bauwerken an der See. »

Die Anwendung des Eisenbetons im Meerwasser kann als ein Mittel zur sparsamen Ausführung gewisser Arbeiten angesehen werden. Dies ist zum Beispiel der Fall bei der Ausführung von Senkkästen aus Eisenbeton, die in dem Berichte des Herrn Voznécensky beschrieben sind ; aber diese Art der Bauausführung ist nur bei provisorischen Bauwerken als Hilfsmittel verwendbar, da sie die Möglichkeit giebt, kostspielige Wasserhaltungen zu ersparen, und zu geringeren Ausgaben führt als die gegenwärtig übliche Art der Bauausführung, die zum Beispiel in der Verwendung metallischer Senkkästen besteht.

2. Inbetreff des Widerstandes des Eisenbetons gegen die Witterungseinflüsse und besonders gegen die Temperaturveränderungen entwickelt Herr von Préaudeau in seinem Berichte beim Beginn der Beschreibung von Bauwerken der dritten Gruppe, zu der die Schleusen und die Wehre gehören, die Erwägungen, zu denen ihm diese Frage Veranlassung giebt. Dieser Verfasser befürchtet, dass infolge plötzlicher Temperaturschwankungen bei dem vorhandenen Unterschied des Wärmeausdehnungskoeffizienten des Betons und des Eisens der Zusammenhang zwischen diesen beiden Materialien beeinträchtigt werden könnte, und dass infolge von Rissebildung in der Betonmasse und infolge des Eindringens von Wasser das Eisen an der Oberfläche rosten könnte, was ebenfalls das Aneinanderhaften zerstören würde. Die Versuche, die in dem Berichte des Herrn Müller behandelt werden, beweisen, dass die Rissebildung unvermeidlich ist.

Wenn man das Vorhandensein von Rissen in den Bauten aus Eisenbeton in Frankreich und Deutschland untersucht, wo der Unterschied der höchsten und niedrigsten Temperatur nicht gross ist, so wird man mehr Risse in den Ländern feststellen können, wo das Klima rauher ist. Die Herren A. Lundberg und W. Carling berichten, dass der in Stockholm gebaute Kai aussen mit Kesslerschem Fluat überzogen ist, das, wie man weiss, Kalksteine vor der Zerstörung durch Kälte bewahrt.

Der Kai im Hafen von Norrköping ist aus Beton hergestellt und mit Granit verkleidet und dies augenscheinlich, um ihn dem Einfluss des Frostes zu entziehen. Laboratoriumsversuche, die mit Würfeln aus Zement und Betonmörtel hergestellt sind, haben ausserdem bewiesen, dass diese Stoffe unter der Wirkung der Kälte zerfallen. Bei den Bauten aus Eisenbeton, die Wände von geringer Dicke enthalten, müssen die zerstörenden Wirkungen einer niedrigen Temperatur noch schneller bemerkbar werden. Die plötzlichen Temperaturschwankungen lassen Kapillarrisse entstehen, in denen das Wasser gefriert und sie allmählich vergrössert. Schliesslich erreicht das Wasser die Oberfläche der Metalleinlage, bringt diese zum Rosten und zerstört den Zusammenhang der Teile, aus denen der Eisenbeton besteht. Dieser Umstand führt allmählich zur Zerstörung des Materials, wenn nicht Schutzmassregeln getroffen werden.

Die beiden erwähnten Uebelstände, die zu Ungunsten des Eisenbetons bei Verwendung von Portlandzement sprechen, berechtigen uns, folgende Resolution aufzustellen, die wir uns dem Kongress zu unterbreiten beehren.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

1. Bei Seewasser muss man die Verwendung von Eisenbeton mit Portlandzement ausschliessen, wenn nicht ein Stoff zugefügt wird, der den Beton vor der zerstörenden Wirkung des Seewassers schützt;
2. Eisenbeton kann in Seewasser nur als Hilfsmaterial Verwendung finden, um die Ausführung von Arbeiten zu erleichtern, zum Beispiel beim Bau von Senkkästen, bei Gründungen in grossen Tiefen. Man kann aber durchaus nicht den Eisenbeton als integrierenden Teil von Bauwerken betrachten und darf nicht annehmen, dass er den verschiedenen Beanspruchungen widerstehen kann, die die Zweckbestimmung dieser Bauten mit sich bringt;
3. Man muss sich auch der Verwendung von Eisenbeton bei Binnenschiffahrtsbauten enthalten, wo sich infolge von Ebbe und Flut, von Winden und Strömungen eine Vermischung von Süss- und Salzwasser einstellen kann;
4. Es ist zweckmässig, die Verwendung von Eisenbeton in

Teilen von Wasserbauten zu vermeiden, die der direkten Wirkung des Frostes ausgesetzt sind, wofern nicht gegen diese Wirkung besondere Schutzmassregeln getroffen sind;

5. Bei der Herstellung von Bauten auf Pfählen scheint es zweckmässig, die Pfähle unter dem Punkte abzusägen, bis wohin der Frost reicht;

6. Bei Bauten, die häufigen Schwankungen des Wasserdrucks ausgesetzt sind (Wehre, Dämme, Schleusen u. s. w.) ist es zweckmässig, von der Verwendung von Eisenbeton abzusehen, solange nicht durch Versuche die Erscheinungen geklärt sind, die in der Betonmasse infolge seiner Durchlässigkeit auftreten.

Sasnovka, April 1908.

S. DROUGININE,
Wegebauingenieur,
Professor am polytechnischen Institut.
