

19

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND  
DER  
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

# X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschifffahrt  
4. Mitteilung

## BERICHT

ÜBER DIE

neuesten Arbeiten, die in den hauptsächlichsten Seehäfen ausgeführt sind

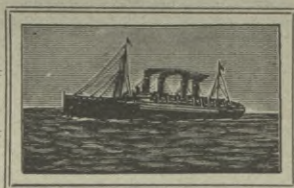
## BERICHT

VON

**M. PERILLI**

Bauleitendem Obergeringieur

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

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

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



II - 354124

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000318957

BRU 3-8/2019

# Molen auf Pfahlwerk von Eisenbeton

---

## BERICHT

VON

**PERILLI**

Bauleitendem Oberingenieur

---

### Allgemeines.

Bekanntlich werden die offenen Hafenanäle in seichtem Meeresstrand mittels Molen gebrauchsfähig gehalten, die soweit sich ins Meer vorschieben, wie zur Erhaltung des nötigen Wasserstandes an der Mündung und auf die schiffbare Länge hinauf erforderlich ist. Diese Molen werden gewöhnlich aus Pfahlwerk von Pinien-Lärchen- oder Eichenholz hergestellt, das in sich in jeder Richtung durch wagerechte Hölzer verbunden und mit Steinen ausgepolstert wird, die das Holzbauwerk aussteift und den von Strömungen und Gezeiten bewegten Sand am Eindringen in die zwischenliegende Wasserrinne und so am deren Zerstörung hindern.

Längs der Küste des adriatischen Meeres nimmt der Corsinikanal bei Ravenna (zwischen Ancona und Venedig) durch seine Bedeutung für Seeschifffahrt und Handel die erste Stelle ein; er verdankt sie seiner Tiefe, die sich auf 4 m, gemessen vom Nullpunkt des Flutmessers (1), hält und die sowohl Seglern von kleinem und grossem Tonnengehalt wie selbst den Dampfbooten der Apulischen Schifffahrtsgesellschaft und denen nach und von Triest die Zufahrt zu den Hafenbecken in der Nähe der mehr als 12 km entfernten Stadt ermöglicht.

Nun wird das Holzwerk bekanntlich einerseits durch den Bohrwurm, andererseits durch den Einfluss der Luft zusehends zerstört wenigstens auf diejenige Länge, die im Wechsel der Ge-

---

(1) Die letzten Flutbeobachtungen haben festgestellt, dass der Nullpunkt des Flutmessers von Porto Corsini 0,74 m unter dem mittleren Meereswasserstand liegt.

zeiten bald mit Wasser bald mit Luft in Berührung ist, und zwar in dem Maasse, dass ein Pfahl an der Hafenmündung nur eine Lebensdauer von ein oder zwei Jahren, weiter aufwärts von zwei bis vier Jahren aufweist; das ist der Grund für die grossen Unterhaltungskosten, die diese Bauten verlangen.

Zur Ersparnis an solchen Ausgaben kam man für den Hafen von Ravenna auf den Gedanken, die hölzernen Molenpfähle durch solche aus Eisenbeton zu ersetzen, und nachdem der Versuch so gut geglückt ist, dass die Auswechslung auf breitester Grundlage in Angriff genommen wurde, kann man annehmen dass sich die Eisenbetonpfähle überall empfehlen, sowohl bei der Ergänzung beschädigter Molen, wie bei Neubauten (1).

## II. — Kurze Schilderung der Gesamtanlage.

Um eine Vorstellung dieser Art von Bauausführungen zu geben, werde ich die bei den Molen von Porto Corsini eingehaltenen Bauweisen näher darlegen.

Die Anlage, wie sie aus den Figuren auf Tafel I hervorgeht, wurde folgendermassen ausgeführt.

In der ersten Reihe vom Kanal aus, wurden Pfähle von 9 m Länge und 30 auf 30 cm Querschnitt so tief eingerammt bis ihre Oberkante auf ungefähr 0,80 m über den Nullpunkt des Flutmessers zu liegen kam, und zwar je einer alle 40 cm, so dass ein Zwischenraum von 10 cm von einem zum andern verblieb.

In einer zweiten Reihe wurden Pfähle von 7 m, und in einer dritten solche von 8 m Länge bis zur gleichen Lage der Oberkante eingetrieben, in Abständen von 1 und 2 Metern von der ersten Reihe und in 2 m Abstand untereinander. Gegenseitig wurden die Reihen durch Längs- und Querbalken von Querschnitt der Pfähle verbunden, und darüber erhebt sich der Ueberbau durch Verlängerung der Pfähle bis auf 2,80 m über den Nullpunkt und durch Einbau all der andern Zwischenglieder, wie sie sich aus den obengenannten Zeichnungen ergeben.

---

(1) Für den grossen, auf den rechten Ufer des Reno gelegnen, Entwässerungskanal der Tiefebeue von Ravenna, der sich mit einer Tiefe von 2,28 unter dem Mittelwasserstand des Meeres frei ins Meer ergiesst, sind zwei Molen gleicher Banart vorgeschlagen und inzwischen in Auftrag gegeben von denen die auf dem rechten Ufer 190 m und die auf dem linken 170 m Länge aufweist. (Vergl. Zchnng. auf Tafel Va.)

Sowohl für die Molen des Corsinihafens, wie für die des Renokanals findet die Banart Heunebique Anwendung.

So sieht in den Hauptzügen die Anlage aus ; selbsverständlich wird man in den verschiedenen Fällen mit der Länge der Plähle, der Breite des Dammes und mit der Maschenweite und den Versteifungen des Gerippes wechseln können (1).

### III. — **Bauliche Einzelheiten.**

A) *Pfähle aus Eisenbeton.* — Die Eisenbetonpfähle (Vergl. die Figuren auf Tafel II) haben parallelepipedische Gestalt, auf quadratischen Querschnitt von 30 cm Seitenlänge und mit leichten Abfasungen an den Ecken. Sie werden in entsprechenden Holzformen oder senkrechten Kästen, die an ein festes Gestell sich lehnen, ausgeführt, derart, dass man gleichzeitig eine grössere Zahl von ihnen anfangen und fertigstellen kann.

Jede Form hat eine offene Stirnwand, vor die entsprechend dem allmählichen Auffüllen mit Beton Brettchen vorgelegt werden.

Die Eisenarmierung jedes Pfahles besteht aus vier Rundstangen von 22 oder 24 Millimeter Durchmesser je nach ihrer Länge ; sie werden in den Ecken mit rund 20 mm Abstand von den Ausenseiten eingezogen, werden mit der eisernen Fussspitze, deren Gestalt und Abmessungen aus der Figur zu ersehen sind, und deren Gewicht 12 kg beträgt, fest verbunden und auf alle 30 cm Höhe durch Eisenbänder von 4 m Stärke in gleichem Abstand gehalten.

Selbsverständlich werden die Plähle aufrecht hergestellt, damit eine gleichartige Mischung von gleicher Widerstandskraft in jeden Punkte des senkrechten Querschnittes entsteht, und aus demselben Grund muss das Eingiessen des Betons ohne Unterbrechung und in grösster Eile erfolgen.

Die Mischung aus den Bestandteilen des Betons — reinster scharfkantiger Kiessand, gewaschener und in Stücke von höchstens 2 m Seitenlänge zerschlagener Kies, künstlicher langsam bindender Portlandzement (2), und klares Süsswasser — geschieht für die verschiedenen Abschnitte des Pfahles in verschiedenen Verhältnissen, wie nachstehend.

a) Vom Pfahlschuh bis rund ein Meter darüber : 2 Teile Zement, 2 Teile Sand, 2 Teile Kies.

---

(1) Siehe Anmerkung auf Seite 2.

(2) Für die Quais von Porto Corsini fand langsambindender Zement von Casale Monferrato, II Güte, Anwendung.

b) Im Hauptteil des Pfahles bis ein Meter unter Oberkante : 1 Teil Zement, 2 Teile Sand, 3 Teile Kies.

c) Im Oberteil : 2 Teile Zement, 2 Teile Sand, 3 Teile Kies.

Dies geschieht zur Erlangung eines an den gefährdetsten Stellen des Pfahles stärkeren und widerstandsfähigeren Gemisches, nämlich am Pfahlschuh wegen des Eindringens in das Erdreich und an der Oberkante wegen der Schläge des Rammjärens.

Es braucht kaum erwöhnt zu werden, dass es bei dieser Herstellung auf die allergrösste Sorgfalt in der Beobachtung jeder guten und gesunden Kunstregel ankommt : Die Bestandteile müssen bester Güte sein, die Arbeiter sorgsam und gewissenhaft in der Bemessung und Behandlung der Bestandteile, im ununterbrochenen Einstampfen des Betons unmittelbar mit dem allmählichen Eingiessen, im Reinigen der Oberfläche und in der Wiederanfeuchtung mit flüssigem Zement jedes Mal, so oft aus irgend welchem Grunde der Einguss doch hat unterbrochen und wieder aufgenommen werden müssen, wobei der innige Zusammenhang nicht in Mindesten unterbrochen werden darf.

Erwünscht ist, dass der Kies, der, wie gesagt, abgespült und gereinigt sein muss, rauhe Oberfläche hat ; die Eisenteile dürfen keine Verrostung zeigen, sollen also rein und glänzend sein ; auch müssen sie unmittelbar vor Einguss des Betons mit Hülfe eines Pinsels mit flüssigem Zement benetzt werden, ebenso wie gleichzeitig die Innenseiten der Form mit Wasser und Zement angefeuchtet werden müssen.

Im Durchschnitt sind 9 Tage erforderlich, um jede Gruppe von in dem Gerüst enthaltenen Pfählen fertigzustellen, und 15 oder 20 Tage nach ihrer Beendigung können sie aus den Formen genommen und an Ort und Stelle eingeschlagen werden ; aber die Klugheit fordert und die Erfahrung lehrt es als besser, mit dem Einrammen noch wenigstens ein paar Monate zu warten. In der Wartezeit zwischen der Erstellung und der Entnahme aus dem Gerüst empfiehlt sich, sie täglich nach Abnahme der Brettchen von den Stirnseiten zu wiederholten Malen mit einer Pumpe zu wässern.

Zum Rammen dient eine Dampfamme mit einem Bärge-  
wicht von 1000 bis 1300 kg und einer von 2 bis 4 m wechselnden Fallhöhe ; zwischen Bär und Pfahl wird eine mit Sägespähen gefüllte Haube aus Eisenblech von 22 mm Stärke eingesetzt und darüber ein « falscher Pfahl » aus vorzüglichem Eichen- oder Ulmenholz aufgebracht, damit die Rammschläge sich dadurch fortpflanzen ohne das Betongefüge anzugreifen. (Vgl. Fig. auf Taf. IIIa.)

Obwohl die Rammarbeit manchmal zwischen Felsgestein oder zwischen Ueberresten älterer Pfahlwerke sich vollzieht, so geht sie doch im allgemeinen regelmässig vor sich, und weist keinerlei Schwierigkeiten auf.

B) *Ueberbau (Tafel IVa)*. — Wie schon gesagt, werden zur Bildung des Ueberbaues die Pfähle an Ort und Stelle bis auf 2,80 m über Flutmessernull verlängert und untereinander durch Längs- und Querbalken oben und unten, und auch durch Schrägstreben verbunden, die bei jedem zweiten Quaiabschnitt die Richtung wechseln; darauf wird auf der oberen Fläche eine Abdeckplatte gebildet, die als Gehsteig dient.

Bei der Ausführung bricht man zunächst das Betongefüge an der Kopfseite der Pfähle auf (also auf der Seite, die geringeren Querschnitt hat), um die Schlaghaube zu befestigen; und pfpopft auf den vier Eisenstäben jedes Pfahles mit Schraubenmuffen andre vier Eisenstücke geringeren Durchmessers (15 mm) auf, und versteift sie gegeneinander mit den gleichen Einsdrahtkrampen von 4 mm Durchmesser.

Darauf stellt man mit Hülfe von Holzbrettchen das genaue Profil der Balken und Steifen her, und bringt darin die Eisenarmierungen nach der Regel an (also so, dass sie die Zugspannungen aufnehmen können), und verkettet und verbindet sie untereinander mit Eisendraht, namentlich an den Stössen.

Innerhalb der Hauptbalken werden vier lange Rundstangen von 12 mm Durchmesser angebracht; zwei davon liegen waagrecht an der Unterkante, und zwei liegen gegenüber den Auflagern an der Oberkante, fallen dann schräg nach dem Mittelpunkt des Balkens herab, wo sie auf eine Länge von 50 cm an den ersten entlang laufen. Die einen wie die andern werden ausserdem eingefasst und teilweise auch unterstützt von Bügeln aus U-Eisen (30 × 3 mm) in Abständen von rund 20 cm, von einer Länge ungefähr gleich der Balkenhöhe und in doppelter Reihe, vorn und hinten. Sie haben den Zweck die eine der beiden Aussenschichten der Balken gegen Zug, die andre gegen Druck widerstandsfähig zu machen.

In ähnlicher Weise versteift man die Diagonalen, die nicht gerade notwendig wären, die man aber doch zur Erhöhung der Steifigkeit des Systems einfügt, und ebenso auch die Abdeckplatte, deren Gerippe mit Eisenankern von 10 und 12 mm Durchmesser netzartig versteift ist in doppelter Lage, wie die Eisen der Balken, zwischen denen sie eingehängt ist.

Das Betongefüge ist in allen Teilen des Ueberbaues aus 1 Teil

Zement, 2 Teilen Sand und 3 Teilen Kies zusammengesetzt; bei Herstellung und Eingiessen sind natürlich alle die Vorsichtsmassregeln zu beachten wie bei den Pfählen.

C) *Steinschüttung*. — Hinter den Molen bringt man zum Schutz gegen stürmische Meeresbrandung Schüttungen von ausgesuchten Bruchsteinen an, die je nach der Wassertiefe in der sie verlegt werden an Gewicht und Umfang wechseln.

Für Porto Corsini wurden Steinblöcke aus Istrischem Kalkstein von bis 500 kg Gewicht verwandt.

#### IV. — Hauptangaben für die Kostenaufstellungen von Molen in Eisenbeton.

Nennen wir den aus Pfählen zusammengesetzten Teil den Unterbau und alles was über die Pfahlköpfe aufträgt den Oberbau, so ergibt sich für das laufende Meter Mohle in Eisenbeton vorbeschriebener Bauart der Bedarf an Materialien und Arbeitskräften wie folgt:

Unterbau . . . . .	}	Pfähle von 9 m . . . . . Stück	2,5
		" 8 " . . . . .	0,5
		" 7 " . . . . .	0,5
Ueberbau . . . . .		. . . . . m	1,0
Jeder Pfahl von 9 m enthält . . . . .	}	Beton, einschliesslich eines Zuschlages von 1/20 für Abfall und setzen . . . . . cbm	0,812
		Eisen für Pfahlschuhe . . . . . kg	12
		Eisen zur Armierung . . . . .	135
Jeder Pfahl von 8 m enthält . . . . .	}	Beton wie oben . . . . . cbm	0,720
		Eisen für Pfahlschuhe . . . . . kg	12
		Eisen zur Armierung . . . . .	120
Jeder Pfahl von 7 m enthält . . . . .	}	Beton wie oben . . . . . cbm	0,630
		Eisen für Pfahlschuhe . . . . . kg	12
		Eisen zur Armierung . . . . .	105
Der Ueberbau erfordert . . . . .	}	Beton . . . . . cbm	0,420
		Eisen . . . . . kg	116

Die Herstellung jedes Kubikmeters Beton erfordert, wenn die unumgänglichen Arbeiten zur genauen Bemessung, Auswahl



und Behandlung der Bestandteile, zum Einbringen und Einstampfen in die Formen, und alle übrigen Nebenarbeiten in Rechnung gestellt werden :

Arbeitstage von Vorarbeiten . . . . .	1
Arbeitstage von Handlangern . . . . .	5
Arbeitstage von Einstampferinnen . . . . .	15

Zum Beschneiden der Eisenteile und für ihr Verlegen in die Formen, für ihre Schutzpinselung mit Zement und Wasser, für die Nässung des Pfahles in der Form während wenigstens acht Tagen, zur Entnahme des Pfahles aus der Form und dem Herstellungsgüst endlich zu seiner Beförderung an die Verwendungsstelle und zum Einrammen sind bei jedem Pfahl mit einer mittleren Länge von 8 m erforderlich :

Arbeitstage von besonders ausgebildeten Vorarbeitern	2
Arbeitstage von Handlangern . . . . .	10
Arbeitstage von Werkmeistern . . . . .	1

Verbrauch des Herstellungsgüstes für die Pfähle und Nebenteile . . . . .	}	je nach der Zahl der herzustellenden Pfähle

Miete für Dampfmaschine und Zubehör . . . . .	}	je nach der Schwierigkeit der Rammarbeit

Miete der Hilfsmittel für Transport und Arbeiten im Wasser . . . . .	}	je nach den Entfernungen und der Wichtigkeit der Arbeiten

Jedes laufende Meter Oberbau der Mole erfordert, abgesehen von dem schon aufgeführten Eisen und Beton, für seine Herstellung :

Arbeitstage für sachkundige Vorarbeiter . . . . .	2,5
Arbeitstage für Zimmerleute . . . . .	2,5
Arbeitstage für Handlanger . . . . .	10

Verbrauch an Holz für die Formen : je nach Umfang der Arbeit.

Miete der Pumpen zur Nässung des fertigen Betons während acht Tagen und der Hilfsmittel für Transport und Arbeiten im Wasser : wie vor

## V. — Technische und wirtschaftliche Vorteile der Molen in Eisenbeton.

Die Molen der Hafenanäle erstrecken sich meist nicht über eine Wassertiefe von 5 m ins Meer hinaus, und wenn einmal noch tiefere Gründungen notwendig werden sollten, würde die Verwendung von Holzpfahlwerk jedenfalls technisch sehr schwierig werden, und man müsste auf kostspielige und nur schwierig einwandfrei auszuführende Mauerwerkskonstruktionen zurückgreifen, deren gute und zuverlässige Ausführung von vielen Umständen abhängt, von denen mehrere sie ungünstig beeinflussen können, wie die Meeresbrandung, sandiger und unruhiger Grund, die keine vollkommene Ausbaggerung und keine einheitliche Betonherstellung innerhalb der Senkkästen gestatten.

Ich bin daher überzeugt, dass innerhalb gewisser Grenzen sich das Ziel mit technischem und wirtschaftlichem Vorteil und mit grösserer Leichtigkeit in der Durchführung durch Anwendung der Eisenbetonbauweisen erreichen lässt, wohl verstanden unter Abänderung der oben beschriebenen Ausführungsart je nach den örtlichen Bedürfnissen.

Man kann die Pfähle mit grösserem Querschnitt und grösserer Länge als die geschilderten herstellen, man kann sie tiefer einrammen und in mehr Reihen, man kann sie mit einen verwickelteren und dauerhafteren Ueberbau eindecken, und mit Steinen von grösserem Umfang und Gewicht auspolstern, endlich den ganzen Bau im Rücken durch eine dickere und dauerhaftere Steinschüttung sichern: alles noch mit besonderen Abänderungsmöglichkeiten, immer mit dem Zweck, Bauwerke zu errichten, die dem Zahn der Zeit widerstehen und deren Zerstörung oder Erschütterung durch die Gewalt der von den Stürmen gegen sie aufgepeitschten Wogen nicht zu befürchten steht.

Mag immerhin die Steinschüttung im Rücken durch gewaltige Meeresbrandung erschüttert und durcheinander geworfen werden, der Eisenbetonwall wird stehen, da er dem unmittelbaren Angriff der Wogen nicht preisgegeben ist; die Steinschüttung wird, wenn sie noch so schwer gelitten hat, ohne fühlbaren Schaden und mit geringem Kostenaufwand wiederhergestellt und ergänzt werden können.

Bei dieser neuen Bauweise werden die ganzen Unterwasserarbeiten ersetzt durch das Einrammen von Pfählen, und jeder begreift, mit welcher Einfachheit und Leichtigkeit sich dies

vollzieht, und wie über den Erfolg der Arbeit gar kein Zweifel entstehen kann.

Bei etwanigem Nachgeben des Betonfusses kann eine Mauerwerkskonstruktion beschädigt werden und selbst einfallen; dagegen kann ein Damm aus Eisenbeton, der sich auf eine Gruppe von Eisenbetonpfählen abstützt, die bis zum äussersten Widerstande in den Boden eingerammt und untereinander in jeder Richtung verkettet sind, — ein solcher Damm kann nicht aus dem Gefüge und nicht aus seiner Lage kommen.

Was die Lebensdauer solcher Dämme anbetrifft, so zwingt, — wenn noch jemand infolge des Fehlens von Beweisen über die Widerstandsfähigkeit gegen den Zahn der Zeit zweifeln sollte, — alles dazu anzunehmen, dass sie nicht niedriger sein kann als die von Haustein- oder Ziegelsteindämmen, auch wenn sie ordnungsmässig und unter Verwendung besten Baustoffes ausgeführt werden.

Zum Beispiel ist es keineswegs richtig, dass im Salzwasser das Zementgefüge der Auflösung durch Bildung von Kalksulfaluminat unterworfen sei, und dass daher die darin eingeschlossenen Eisenteile der Armierung mehr oder minder rasch verrosten müssten. Vielmehr beweisen von der Aktiengesellschaft für Zement- und Kalk-Industrie zu Casale Monferrato ausgeführte Versuche, dass das Gegenteil richtig ist, dass die Zementverbindungen, die sich als in hohem Grade undurchdringlich zeigen, nicht aufgelöst werden können, weil das Meerwasser nicht in ihren Kern eindringen kann, und dass also auch die Eisenteile nicht verrosten können.

Endlich folgt das auch aus meiner Untersuchung eines Probestückes, das ich von dem unter Wasser stehenden Teile eines seit zwei Jahren in Porto Corsini eingerammten Pfahles ausbrechen liess; dort zeigte sich, dass das Gefüge die Dichtigkeit und Härte von Stein angenommen hatte, dass beim Zerbrechen des Probestückes die Kiesstücke eher brachen, als sich vom Zemente lösten, dass die vom Rundeisen eng berührte Hohlrohre im Beton glänzend und ohne die mindeste Rostspur geblieben war.

Einen zwingenderen Beweis für die Güte des Betongefüges, für seine Härte und Widerstandskraft und für die Vollkommenheit der Ausführung kann man wohl nicht erdenken.

Ravenna, 30. Juni 1904.

PERILLI.



