

V. INTERNATIONALER BINNENSCHIFFFAHRTS-CONGRESS
ZU PARIS — 1892

I. FRAGE

BEFESTIGUNG DER CANALUFER

BERICHTERSTATTER :

J. SCHLICHTING

Ordentlicher Professor für Wasserbau and Königlichen Technischen Hochschule
zu Berlin

F. Nr. 19383



PARIS

IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE

9, RUE DE FLEURUS, 9

1892

L. A.



III 17681

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305519

Akc. Nr. 3673/51

BEFESTIGUNG DER CANALUFER

BERICHTERSTATTER :

J. SCHLICHTING

Ordentlicher Professor für Wasserbau an der Königlichen Technischen Hochschule
zu Berlin.

(Hierzu 2 Tafeln Zeichnungen.)

Einleitung.

Schiffahrtsanäle haben im Vergleich zu natürlichen Wasserstrassen den Nachtheil, dass ihre Ufer erheblich grösseren Beschädigungen unterliegen, weil die durch Fortbewegung erzeugten Strömungen und Wellen in Canälen, in Folge der geringen Breite derselben, stärker sind, und demgemäss die Ufer mehr angreifen, als in natürlichen, viel breiteren Wasserstrassen der Fall ist. Während im Canal der eingetauchte Schiffsquerschnitt etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{6}$ des benetzten Canalquerschnitts in Anspruch nimmt und dem entsprechend eine erhebliche Anstauung des Wassers vor dem Schiff veranlasst, ist der störende Einfluss des Schiffs in der natürlichen breiten Wasserstrasse nur ein verhältnissmässig geringer. Der Abfluss des angestauten Wassers muss daher im Canal eine weit erheblichere Strömung erzeugen, als in der natürlichen breiten Wasserstrasse.

Nicht minder verschieden ist der durch Rad oder Schraube des Dampfschiffs hervorgerufene Wellenschlag. Im Canal erreichen die mit dem fahrenden Schiffe fortschreitenden Wellen das Ufer alsbald fast in voller Stärke, während im natürlichen Wasserlaufe die Wellen auf dem längeren Wege vom Schiff nach dem Ufer Gelegenheit zur Abschwächung ihrer Kraft finden, und zwar um so mehr, je länger dieser Weg ist.

Diese Nachtheile machen sich, seitdem das gesteigerte Verkehrsbedürfniss immer dringender die Einführung der Dampfschiffahrt auf Canälen und die Vermehrung der Fahrgeschwindigkeit daselbst fordert, mehr und mehr geltend. Zur Zeit überwiegt allerdings in Binnen Canälen noch die Treidelschiffahrt, weil die meisten der vorhandenen Canäle nur für diese in einer Zeit, in der das Verkehrsbedürfniss noch ein geringes war, angelegt

wurden. Bei der geringen Fahrgeschwindigkeit der Treidelschiffahrt sind die Angriffe auf die Canalufer so gering, dass zum Schutz der letzteren verhältnissmässig einfache und wenig kostspielige Mittel genügen. Diese Mittel reichen aber für die Jetztzeit nicht mehr aus, da diese bestrebt ist den Verkehr auf Wasserstrassen demjenigen auf Eisenbahnen ebenbürtig zu entwickeln und demgemäss die Fahrgeschwindigkeit der Canalschiffe durch weitere Einführung der Dampfschiffahrt im Vergleich zur Treidelschiffahrt erheblich zu vergrössern. Schon jetzt ist auf grossen Canälen, insbesondere auf Seecanälen die Dampfschiffahrt allgemein gebräuchlich, sie ist aber auch auf manchen Binnencanälen bereits seit langer Zeit eingeführt. Zu derartigen Canälen zählen beispielsweise der die Nordsee mit der Ostsee verbindende, Schweden durchziehende Trollhätta-Göta-Södertelge- und Stockholmschleusencanal, ferner der belgische Gent-Terneuzencanal und die Canäle Preussens : der Finow-Oranienburger-Ruppiner- und der neu erbaute Oder-Spreecanal. Auf den schwedischen Canälen ist den Dampfern eine Fahrgeschwindigkeit bis 9,5 Kilometer, auf den belgischen, bei 2 Meter Tauchtiefe der Schiffe, 12 Kilometer und bei 2,75 Meter Tauchtiefe 8,7 Kilometer, sowie auf den preussischen Canälen bis 7,5 Kilometer Fahrgeschwindigkeit pro Stunde gestattet. Wenn sich diese Fahrgeschwindigkeiten nun auch vorzugsweise auf Personendampfer beziehen, so wird doch auch für gewöhnliche Dampfschleppzüge die Fahrgeschwindigkeit nicht geringer, als mit 5 Kilometer pro Stunde, zu normiren sein, und auch hierfür sind erheblich widerstandsfähigere Canalufer erforderlich, als sie die nur für Treidelschiffahrt dienenden Binnencanäle zur Zeit besitzen. In manchen Canälen, in denen Dampfer verkehren, ganz besonders in Seecanälen sind bereits verschiedenartige Constructionen zur Befestigung der Ufer ausgeführt worden, weil man dort auch für Dampfschleppzüge grössere Fahrgeschwindigkeit fordert. Die bisher dort angewendeten Constructionen haben aber ebenfalls die Nothwendigkeit gezeitigt, die Verbesserung der Constructionen zu erstreben. Demgemäss hat auch der V Internationale Binnenschiffahrts Congress zu Paris die Erörterung der Frage der Befestigung der Canalufer auf die Tagesordnung seiner Verhandlungen gesetzt. Einen Beitrag zur Besprechung dieser Frage zu liefern, ist Zweck des vorliegenden Referats, dessen Inhalt sich I auf Erwägungen über Gestaltung des Canalquerprofils und II auf Erörterung ausgeführter Canal Uferbefestigungen beschränkt.

I. — ERWÄGUNGEN UEBER GESTALTUNG DES CANAL-QUERPROFILS

Will man die Anforderungen ermitteln, denen das Canalquerprofil für grosse Fahrgeschwindigkeit in Bezug auf Befestigung der Ufer entsprechen soll, so wird man die Ursache, welche eine Beschädigung der Ufer durch Dampfschiffahrt hervorruft, einer näheren Untersuchung unterziehen und

aus den hierbei gewonnenen Ergebnissen die Mittel zur Bekämpfung der nachtheiligen Wirkungen ableiten müssen.

Die Ursache der Uferbeschädigung ist die durch *Strömung* und *Wellenschlag* bei der Fortbewegung des Schiffs mit grosser Geschwindigkeit entstehende starke und unregelmässige Bewegung des Wassers. Die Strömung wird hauptsächlich durch den Aufstand des Wassers vor dem fahrenden Schiffe erzeugt, indem der Abfluss zwischen den Ufern und den Langseiten des Schiffs, sowie auch unterhalb desselben erfolgt, und zwar in der Richtung vom Vorderschiff nach dem Hinterschiff, wobei indessen eine Ablenkung der Strömung nach den Ufern eintritt. Ausserdem entsteht noch Strömung in der Fahrriichtung des Schiffs dadurch, dass das Wasser dem am Hinterschiff frei werdenden Raume zufliesst. Diese Strömung tritt der zuerst genannten entgegen und veranlasst ebenfalls die Ablenkung derselben nach den Ufern. Diese unregelmässigen Wasserbewegungen werden nun noch erheblich vermehrt durch die vom Rade oder der Schraube des Dampfers bei jeder Umdrehung stetig neu erzeugten Wellen, welche bei ihrer Fortpflanzung sehr bald fast in voller Stärke die Ufer treffen, auf denselben, falls sie geneigte Böschungen besitzen, ansteigen, hierbei an Höhe zunehmen und nach Zerstörung ihrer Kraft wieder zurücklaufen, wobei sie mit der neu aufsteigenden Welle zusammenstossen. Die mit dem fahrenden Schiff am Ufer entlang laufende Welle trifft hier der durch den Stau vor dem Schiff erzeugten Strömung entgegen und wird durch dieses Hinderniss nochmals zur Vermehrung ihrer Höhe veranlasst. Hiernach ist es erklärlich, dass nur *gut* befestigte Ufer den durch so unregelmässige Wasserbewegungen erzeugten Angriffen, deren zerstörende Wirkung schon der Augenschein lehrt, Widerstand leisten können. Die Erfahrung lehrt aber, dass auch gut befestigte Ufer unter den stetigen Angriffen häufigen Beschädigungen ausgesetzt sind und erhebliche Unterhaltungskosten in Anspruch nehmen. Sollen diese Verhältnisse gebessert werden, so besteht die Aufgabe der Hydrotechnik darin, die nachtheiligen Wirkungen der Ursache des Angriffs auf die Canalufer, also die Kraft der Strömung und des Wellenschlages zu verringern.

Zur Lösung dieser Aufgabe stehen zwei Mittel zur Verfügung und zwar :

1) bezüglich der Verringerung der Strömung, *Vergrösserung der Canalquerprofils durch Vermehrung der Canalbreite und Tiefe*, und

2) bezüglich der Milderung des Wellenschlags : *Herstellung verticaler oder nahezu verticaler Ufer* an Stelle der bisher gebräuchlichen mehr oder weniger geneigten Böschungen.

Leider treten in der Praxis der Anwendung dieser Mittel Hindernisse entgegen; namentlich ist es die Kostenfrage, welche bestimmte Schranken zieht und nur eine theilweise Verwendung dieser Mittel gestattet. Doch auch in diesem Falle wird sich eine wesentliche Besserung der bisherigen Verhältnisse erzielen lassen.

Was zunächst die *Canalbreite* betrifft, so möge auf das vom Verfasser für den II Internationalen Binnenschiffahrts Congress zu Wien 1886 erstattete Referat über « Normalprofile für Binnenschiffahrts Canäle » hingewiesen werden. Der Congress in Wien verlangte für Binnencanäle eine Breite, welche zwischen eingetauchtem Schiffsquerschnitt und benetztem Canalquerschnitt mindestens ein Verhältniss, mit n bezeichnet, $= 1 : 4$ ergibt. Bei diesem Verhältniss ist der Schiffswiderstand, nach den im vorgenannten Referat dargestellten Widerstands-Curven, ein verhältnissmässig geringer, wenn die Fahrgeschwindigkeit ebenfalls gering ist. Die Widerstände verhalten sich aber wie die Quadrate der Fahrgeschwindigkeiten, nehmen daher mit letzteren erheblich zu. Aus diesem Grunde wird man sich bei Normirung der Fahrgeschwindigkeit gewisse Schranken auferlegen und sich für den Güterverkehr mit etwa 5 bis 6 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde in Binnencanälen und mit etwa 8 bis 10 Kilometer in Seecanälen, falls in diesen das oben angegebene Verhältniss n mindestens $= 1 : 6$ beträgt, begnügen müssen. Zur Begründung mögen folgende Ergebnisse von Versuchen im Erie canal mitgetheilt werden, welche allerdings nur mit einem verhältnissmässig kleinen Schiff von 29,5 Meter Länge, 5,37 Meter Breite und 1,85 Meter Tiefgang angestellt worden sind, und sich daher in ihren Ergebnissen nicht verallgemeinern lassen, immerhin aber doch einen annähernden Maassstab für die Widerstände liefern. Berechnet man hiernach den Schiffswiderstand pro Quadratmeter benetzte Schiffsoberfläche so beträgt derselbe

Bei 5 Kilometer Geschwindigkeit pro Stunde	=	1,12 Kilogramm.
— 4 — — — —	=	1,99 —
— 5 — — — —	=	3,11 —
— 6 — — — —	=	4,49 —
— 7 — — — —	=	6,11 —
— 8 — — — —	=	8,00 —
— 9 — — — —	=	10,10 —
— 10 — — — —	=	12,46 —

Wird $n = 1 : 6$, so wird der Widerstand geringer und beträgt beispielsweise bei 5 Kilometer Geschwindigkeit nur 1,96 Kilogramm erreicht auch erst

Bei 6,5 Kilometer Geschwindigkeit den Werth	=	3,11 Kilogramm.
— 7,6 — — — —	=	4,49 —
— 8,8 — — — —	=	6,11 —
und bei 10,0 — — — —	=	7,85 —

Trotzdem sich nun mit der Zunahme der Canalbreite der Schiffswiderstand entsprechend verringert, wird man doch mit Rücksicht auf die Kosten der Anlage die Canalbreite nicht grösser normiren, als der Verkehr und die Sicherheit des Betriebs bedingen. Ganz dasselbe ist aber auch bezüglich der Bemessung der *Canaltiefe* der Fall, so dass von der nur theilweisen Anwendung des ad 1 angegebenen Mittels zwar eine Besserung aber doch keine

ausreichende Aenderung der bisherigen Verhältnisse erwartet werden kann.

Wohl aber erscheint das ad 2 angegebene Mittel : *Herstellung verticaler Uferwände*, auch in beschränkter Anwendung geeignet, zu besseren Ergebnissen zu gelangen, da sich dieses Mittel mehr verwenden lässt, als bisher geschehen ist und in der That zwei wesentliche Vortheile bietet und zwar : *Vermeidung des Auf- und Ablaufens der Welle* auf der Böschung und *Verringerung der zu befestigenden Uferflächen*.

Bekanntlich veranlasst die verticale Uferwand eine erhebliche Schwächung der Welle, indem letztere beim Anprall einen Theil ihrer Kraft zerstört, dann vertical aufsteigt und beim Niederfallen nicht das Ufer, sondern die neu aufsteigende Welle trifft und hierdurch wieder einen Theil der Wellenkraft vernichtet. Ist die senkrechte Wand widerstandsfähig, so wird die Welle die obere Böschung nicht mehr oder doch nur wenig angreifen und sich auch beim Fortschreiten am Ufer regelmässiger fortbewegen können, als bei geneigtem Canalufer der Fall ist. Es entfällt dann also die Nothwendigkeit die obere Böschung in grösserer Ausdehnung zu befestigen. Allerdings kann die Herstellung einer widerstandsfähigen verticalen Wand, die übrigens in Holland schon vielfach ausgeführt worden ist, etwas theurer sein, als die Befestigung der geneigten Wand. Annähen werden sich indessen in diesem Falle die Mehrkosten durch die billigere Unterhaltung der verticalen Wand und dadurch ausgleichen, dass letztere nur etwa die Hälfte der Fläche der geneigten Wand erfordert, indem bei einer Neigung von 1 : 1,1/2 die Böschungsfläche um das 1,8 fache und bei 1 : 2 nahezu um das 2,1/4 fache grosser ist, als die Fläche der verticalen Wand.

Trotz dieser Vortheile lässt sich der Kosten wegen die Herstellung verticaler oder nahezu verticaler Uferwände von der Canalsohle bis über den Wasserspiegel nur ausnahmsweise und auch dann nur für Canäle von 2 bis 2,5 Meter Tiefe in Erwägung ziehen, eine Anordnung, welche in diese Weise auch bereits in einzelnen Canalstrecken, wie beispielsweise im preussischen Finowcanal, ausgeführt werden ist. Für Canäle von grosser Tiefe und auch in den meisten Binnencanälen kann allgemein die verticale Wand nur für denjenigen oberen Theil des Ufers, welchen die Welle besonders stark angreift, in Trage kommen, bedarf aber in diesem Falle einer soliden Fundirung.

Auf die Zweckmässigkeit verticaler Uferwände machte übrigens schon auf dem I Internationalen Binnenchiffahrts Congress zu Brüssel Herr Gioia, Commandeur und Ingenieur zu Rom, welcher als Mitglied der zur Verbesserung des Suezcanals berufenen internationalen Commission fungirte, durch folgende Erklärung (vergleiche : *Procès-verbaux des séances du Congrès international de navigation intérieure, tenu à Bruxelles du 24 mai au 2 Juin 1885, Pag. 9*) aufmerksam, und zwar :

„Bei unseren Untersuchungen über die Wirkung der Wellen haben wir uns überzeugt, dass sich die Bewegungen bis auf 2 Meter unter dem

Wasserspiegel bemerkbar machen und dass sie sich nicht über 1 Meter über diesem Niveau erheben. Sonach müssen die Ufer hauptsächlich auf eine verticale Höhe von 3 Meter geschützt werden. *Ausserdem haben wir bemerkt, dass je mehr sich die Uferwände der Verticalen nähern, desto weniger heftig sind die Wasserbewegungen.*”

Bei 3 Meter Höhe würde die Böschung von 1 : 1/2 auf 5,4 Meter und von 1 : 2 auf 6,63 Meter Breite, bei verticaler Wand aber nur auf etwa 3 Meter Höhe zu schützen sein.

Bei verticaler Uferwand erhebt sich die Welle, je nach ihrer Stärke, über den Wasserspiegel, die Wand ist also so hoch hinauf zu führen, dass ein Ueberschlagen der Welle auf die obere Böschung nicht eintreten kann. Diese Höhe muss durch Versuche in jedem Canal festgestellt werden, da sie von der Canalbreite und der Fahrgeschwindigkeit, sowie auch von der Art der Bewegungsmechanismen der Schiffe abhängt. Je weniger starke Wellen diese Mechanismen erzeugen, desto geringere Widerstandsfähigkeit erfordern die Ufer.

Bei Anordnung verticaler Uferwände ist die Berme in der Nähe des Wasserspiegels und auch jede künstliche Befestigung der oberen Böschung in grösserer Ausdehnung entbehrlich, so dass sich hieraus Verminderung der Anlagekosten des Canals ergeben. Die Berme ist indessen bei sehr vielen Canälen schon vorhanden und dient dort verschiedenen Zwecken. Theils soll sie die Wasserbewegung in der Nähe des Wasserspiegels durch Vergrösserung des Querprofils verringern, theils denjenigen Theil der Böschung, welcher am meisten dem Angriff des Wassers und der Bechädigung unterliegt, durch Bepflanzung mit Schilf, Weiden und Flechtzäunen schützen und den Wellenschlag mildern, theils aber auch eine Wasserschicht schaffen, welche den Stoss der Welle zunächst aufnimmt und diesen erst in geschwächter Kraft auf die Berme überträgt. Trotzdem wird die Berme erheblich angegriffen, wie die ausgeführten Constructionen der Befestigung durch Pflasterung und Beschüttung mit Steinen beweisen.

Aus vorstehenden Gründen empfiehlt Verfasser als anwendbare Mittel bei Berathung der Frage über Befestigung der Canalufer in Erwägung zu ziehen :

1) Normirung des Canalquerprofils derartig, dass das Verhältniss des eingetauchten Schiffsquerschnitts zum benetzten Canalquerschnitt mindestens für Binnencanäle von 2 bis 2,5 Meter Wassertiefe = 1 : 4 und für Seeanäle = 1 : 6 beträgt, und

2) Herstellung widerstandsfähiger, sicher fundirter, verticaler, oder nahezu verticaler Uferwände, welche unterhalb des Wasserspiegels bis zu derjenigen Tiefe hinabragen, in der sich die Wellenbewegung vorzugsweise geltend macht, und den Wasserspiegel soweit überragen, dass ein Ueberschlagen der Welle auf die obere Böschung des Ufers oder auf die Berme, falls solche vorhanden ist, nicht eintreten kann.

II. — ERÖRTERUNG AUSGEFÜHRTER CANALUFER-BEFESTIGUNGEN.

So lange die Canäle nur zur Treidel- und Segelschiffahrt benutzt und nur von verhältnissmässig kleinen Schiffen befahren wurden, genügten zur Befestigung in der Nähe des Wasserspiegels einfache Mittel, wie Herstellung von Bermen, Bepflanzung mit Schilf oder Weiden und leichte Steindecken. Diese Mittel, wenn sie auch als Hülfconstructions heute noch in Betracht kommen, vermögen indessen den durch starken Wellenschlag der Dampfer erzeugten Angriffen nicht zu widerstehen, so dass schon jetzt mehr und mehr stärkere Constructions zur Verwendung gelangt sind, welche, je nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschiedenartig, zu zahlreichen Erfahrungen geführt haben, weil hierbei eine grosse Menge von Factors von Einfluss ist. Dazu gehören insbesondere die Bodenarten des Canalbetts, die Dimensionen des Canalquerprofils, die Grösse und Zahl der verkehrenden Schiffe, die Art des Schiffahrtbetriebes, der Bewegungsmotoren und der Benutzung der Ufer, ausserdem aber vorzugsweise die zur Verfügung stehenden Baumaterialien und Geldmittel. So kommen für Böschungsbefestigungen in Sandboden andere Erwägungen in Betracht, als in Lehm Boden. In Canälen von mässigen Dimensionen des Querprofils mit nur geringem Verkehr sind die Bedingungen andere, als in grossen Verkehrsreichen. Eine Construction, welche für geringen Verkehr genügt, kann für grossen Verkehr ganz ungeeignet sein. Ist der Schiffahrtbetrieb ein einheitlich organisirter, beispielsweise Schleppzugbetrieb mit bestimmten Bewegungsmotoren, so entfallen Rücksichten, welche für Canäle mit gemischtem Schiffahrtbetrieb auch bezüglich der Canalufer zu nehmen sind. Ebenso erfordert ein Ufer, an welchem Schiffe löschen und laden sollen, oder welches auch noch als Verkehrsstrasse benutzt werden muss, andere Constructions, als das Ufer in freier Canalstrecke. Endlich können in den meisten Fällen mit Rücksicht auf die Kostenfrage im wesentlichen nur diejenigen Baumaterialien verwendet werden, welche in der Nähe des Canals vorhanden und ohne besondere Schwierigkeiten und Aufwendungen beschaffbar sind.

Vor Erörterung der verschiedenartigen Constructions ausgeführter Canaluferbefestigungen und der hierbei gewonnenen Erfahrungen, insoweit sich solche haben ermitteln lassen, wird es zweckmässig sein, diejenigen Ergebnisse hier mitzutheilen, welche bei Erörterung der Frage: "Welches sind die besten Mittel zur Befestigung der Böschungen beim Schiffahrtbetrieb mit grosser Geschwindigkeit", auf dem I. Internationalen Binnenschiffahrt-Congress zu Brüssel 1885 erzielt worden sind.

Der Congress zu Brüssel hatte die Erörterung der Frage einer besonderen Commission überwiesen, welche unter dem Vorsitz des Herrn Oberingenieur Alfred Pasqueau zu Bordeaux die nachfolgende Beantwortung der Frage beschloss, und zwar:

"Wenn kleine Dampfer mit grosser Geschwindigkeit fahren, kann die

Anlage von Bermen, welche 0,50 bis 0,50 Meter unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel liegen und mit Schilf und Weiden, etc., bepflanzt werden, zweckmässig sein. Der Wechsel des Wasserspiegels darf jedoch in diesem Falle nicht zu gross sein.

« Handelt es sich um Betrieb mit grossen Schiffen und grosser Geschwindigkeit, dann erscheint als einziges Mittel zum Schutz des Ufers die aus natürlichen oder künstlichen Steinen gemauerte *Steindecke*. Die Bermen müssen dann bis etwa 1 Meter tief unter dem Wasserspiegel liegen und die Steindecken sich auf eine Reihe von Pfählen oder Spundbohlen stützen. Die Bekleidung der Berme mit Steindecke ist entbehrlich, wenn man die Berme wenigstens 2 Meter tief unter Wasser anlegt und die Steindecke der Böschungen sehr sorgfältig ausführt.

« Diese Art der Construction gestattet eine ziemlich steile Böschung, zum Beispiel 1 : 1.

« In Seecanälen für grosse Geschwindigkeiten erscheint es zweckmässig, die Böschungen bis zu einer gewissen Tiefe unter Wasser zu bepflanzen, sofern sich dies ausführen lässt.

Ausserdem erörterte auch noch eine andere Commission des Congresses zu Brüssel diesen Gegenstand und gelangte unter dem Vorsitz des Herrn Oberingenieur Bouffet zu Carcassone zu dem Beschluss, die Aufmerksamkeit des Congresses auf einen Bericht des Oberingenieur Herrn Brevet zu Middelburg zu lenken, in dem Folgendes enthalten ist :

« Befestigung der Ufer : von 0,50 Meter über dem Wasserspiegel und 1 bis 1,50 Meter unter demselben, zu dem Zwecke, die Böschungen gegen die durch Dampfer mit grosser Geschwindigkeit erzeugten Wellen zu schützen.

« Ueber dem niedrigsten Wasserstande ist für Canäle mit wenig wechselndem Wasserspiegel die Befestigung nicht erforderlich, wenn die überfluthete Berme mit Schilf bepflanzt ist.

« Diese Befestigung kann als gemauerte Steindecke für wenig geneigte Böschungen und als Trockenmauerwerk bei Böschungen von 1 : 1,1/2 bis 3 construirt werden. »

Im allgemeinen sprach sich hiernach der Congress für *Steinbekleidung der Böschung* aus. Diese ist denn auch in vielen Binnen- und Seecanälen angewendet worden, ausserdem finden sich aber auch zahlreich noch andre Constructionen vor, so dass es zweckmässig sein wird, sämmtliche bisherigen Constructionen, so weit sie sich im Prinzip unterscheiden, etwas näher zu erörtern und anzugeben, wo sie ausgeführt worden sind und welche Baukosten — auf das laufende Meter Uferlänge berechnet — sie beansprucht haben. Die Kostenangaben sind theils litterarischen Quellen, theils den Mittheilungen von Fachgenossen, welche hierüber eigene Erfahrungen gewonnen haben, entlehnt.

Versucht man eine Classificirung der Canaluferbefestigungsarten nach der Art der verwendeten Baumaterialien, so lassen sich unterscheiden : Constructionen 1 in Holz, 2 in Stein und 3 in verschiedenen Baumaterialien.

1. Constructionen in Holz.

a. Bohlwerke.

Abgesehen von denjenigen Bohlwerken, welche das Canalufer von der Sohle ab bis zur Uferkrone bekleiden und nur dort angewendet werden, wo Schiffe anlegen, löschen und laden, oder der Raum zur Anlage einer Uferstrasse beschränkt ist, kommen für die Befestigung der Canalufer auf freier Streke nur diejenigen *Bohlwerke* in Betracht, welche die Ufer in der Nähe des Wasserspiegels nahezu vertical begrenzen und in die unteren Böschungen mehr oder weniger tief eingebaut sind. Gewöhnlich überragen diese Bohlwerke nur wenig den Wasserspiegel. Die in nachfolgenden Canälen ausgeführten Bohlwerke zeigen in Einzelheiten mancherlei Unterschiede, wenn sie auch in der Hauptsache übereinstimmen und demselben Zweck, d. i. Herstellung nahezu verticaler so gut als möglich gedichteter Holzwände dienen.

Hauptsächlich haben Bohlwerke in Holland Anwendung gefunden. Ihre Constructionen und Kosten sind in der vorzüglichen Abhandlung des Herrn Ingenieur der Waterstaat Van Kerekhoff in der « Tijdschrift van het Koninklijk Institut van Ingenieurs 1888-1889 » mitgetheilt. Alle über holländische Canaluferbefestigungen im gegenwärtigen Referat enthaltenen Angaben basiren auf der genannten Abhandlung, und zwar zunächst bezüglich folgender Canäle :

Noord-Hollandsch-Canal.

Die 3,75 Meter langen, 0,10/0,11 Meter starken, in Entfernungen von 0,75 Meter, nahezu vertical stehenden Bohlwerkspfähle sind in die untere Böschung eingerammt und darüber auf 2 Meter Höhe bis 0,10 Meter über Wasserspiegel mit 4 Centimeter starken Bohlen, deren Fugen durch Bretter gedichtet wurden, hinterkleidet, wobei die Bohlen unten in die Böschung hineintreten und sich oben an je eine 5 Centimeter starke und 0,28 Meter breite Bohle lehnen, welche durch Schraubenbolzen mit den Pfählen verbunden ist. Kosten¹. 5,60 Mark.

Die Kosten steigen bei Verwendung etwas stärkerer Hölzer und 5 Meter langer Pfähle sowie 2,75 langer Bohlen auf. 8,32 Mark.

und bei Verankerung der Pfähle durch eiserne Anker und Pfähle auf. 12,48 Mark.

Amsterdam-Merwede-Canal.

Bei gleicher Construction wie vor liegt hinter dem Bohlwerk in der Höhe von 0,34 Meter über dem Wasserspiegel eine 0,80 Meter breite mit Holzbohlen abgedeckte Berme. Kosten. 10,50 Mark.

1. Die Kosten beziehen sich stets auf das laufende Meter Canalufer.

Willemsvaart.

Die Bohlwerkpfähle, 5 Meter lang und 0,15/0,15 stark, stehen im Abstände von 1,20 Meter. Die 7 Meter starken und 2 Meter langen, etwa 1 Meter tief eingerammten Spundbohlen ragen bis zum Wasserspiegel hinauf. Kosten 9,08 Mark.

b. Faschinen-Packwerke.

Canal van Terneuzen.

Vom Wasserspiegel ab bis zu einer 2 Meter breiten 1,60 Meter unter dem Wasserspiegel liegenden Berme ist das Ufer mit einem 2 Meter starken, nahezu vertical aufgeführten Packwerk aus Faschinen bekleidet. Auf die Krone des Packwerks stützt sich die obere Erdböschung derartig, dass eine 0,50 Meter breite Berme verbleibt. Kosten 6,48 Mark.

Finow-Canal (Deutschland).

Die Canalufer werden entweder durch starkes oder leichtes Packwerk geschützt.

Starkes Packwerk.

Das Packwerk, dessen Faschinen mit den Stämmen an der Wasserseite liegen, recht auf der Canalsohle und überragt den Wasserspiegel um 0,50-0,50 Meter. Die mittlere Stärke beträgt 1,75 Meter, die Neigung der vorderen Böschung 1:1/4 bis 1:1/2. Am Wasserspiegel sind Flechtzäune und hinter denselben Steine angebracht. Die 1,5 Meter breite Krone des Packwerkes ist mit frischen, grünen Weiden (Spreutlagen) abgedeckt, die sehr bald üppige Vegetation erzeugen und den Wellenschlag wesentlich mildern. Kosten 14,50 Mark

Nach den bisherigen vieljährigen Erfahrungen erhält sich das Packwerk unter Wasser 15-18 Jahre, über Wasser aber nur 6-8 Jahre, so dass dann neue Weidenpflanzungen nothwendig werden. Vortheilhaft ist es, bei Herstellung des Packwerks in den über Wasser belegenen Schichten grüne Weidenfaschinen einzubauen, da diese die Vegetation begünstigen.

Die Ausführung des Packwerks von der Canalsohle ab lässt sich, obwohl diese Bauart die zweckmässigste ist, wegen des Canalbetriebes vielfach nicht erreichen. In diesem Falle stützt sich das Packwerk auf eine nur 0,20 Meter unter dem Wasserspiegel herzustellende 2 Meter breite Berme. Die Kosten betragen dann nur 4,80 Mark.

Leichtes Packwerk.

Dasselbe erhält nur eine Stärke von 0,30 Meter und bedeckt die Uferböschung von der Canalsohle bis 0,30-0,50 Meter über dem Wasserspiegel.

Die Befestigung des Packwerks erfolgt durch parallel zur Canalaxe liegende Faschinenwürste und Pfähle. Unter Wasser werden gewöhnliche Waldfaschinen, über Wasser grüne Weidenfaschinen verwendet. Auch hier sind im Wasserspiegel mit Steinen hinterpackte Flechtzäune gebräuchlich. In dieser Weise bewährt sich das leichte Packwerk dort, wo der Canal breit ist und flache Böschungen besitzt sehr gut und ist dasselbe auch von langer Dauer, indem sich in den Faschinen Sinkstoffe ablagnen und diese das Packwerk dichten. Kosten = 2-3 Mark.

Oder-Spree-Canal (Deutschland).

In dem neuerbauten Canal sind sowohl leichte wie starke Packwerke in gleicher Construction wie vor bei den Böschungen von 1 : 2 in einem solchen Umfange angelegt worden, dass im ganzen 75 000 Kubikmeter Packwerk erforderlich gewesen sind. Die leichten Packwerke wurden in der Nähe des Wasserspiegels noch mit einer 0,15 Meter starken grünen Weidenfaschinanlage bekleidet und durch Kalksteine überschüttet, deren Abrollen 3 Flechtzäune verhindern. Kosten..... 4 Mark.

Aeltere Canäle der preussischen Mark.

Dieselben haben zum Schutz der Canalufer nachträglich ebenfalls starke und leichte Packwerke an bedrohten Stellen erhalten.

2 Constructionen in Stein.

Zu denselben gehören zunächst Futtermauern, welche, auf Beton oder Pfahlrost fundirt, von der Sohle bis zur Uferkrone aufsteigen. Sie werden indessen nur ausnahmsweise dort angewendet, wo es an Raum fehlt, oder wo Schiffe anlegen, löschen und laden, oder auch dort, wo es der sonstige Verkehr fordert. Es sollen daher hier nur Befestigungen der Ufer mit Steindecken aus Schütt- oder Pflastersteinen oder aus Mauerwerk in Betracht gezogen werden.

Die Steindecke erstreckt sich in Binnencanälen bisweilen auf die ganze Böschung von der Sohle ab bis über den Wasserspiegel hinaus, meist bleibt sie jedoch auf den in der Nähe des Wasserspiegels belegenen Theil der Böschung beschränkt.

Trollhätta-Göta-Canal (Schweden).

Die untere Böschung von der Sohle ab ist mit Schüttsteinen, die obere bis auf 0,50 Meter über dem Wasserspiegel mit Pflaster abgedeckt, welches theils gemauert, theils nur trocken ausgeführt ist. Letztere Construction giebt zu häufigen Reparaturen Veranlassung, da hier Dampfer mit grosser Geschwindigkeit fahren. Schilfpflanzungen gedeihen nur dort, wo, wie in

der Nähe von Brücken und Schleusen, mit geringer Geschwindigkeit gefahren werden muss. Vielfach sind die Ufer auch mit Weiden zur Milderung des Wellenschlags bepflanzt.

Canal Saint-Quentin (Frankreich).

An einzelnen Stellen sind Futtermauern vorhanden, meist jedoch von der Sohle bis über den Wasserspiegel gemauerte Steindecken (Vergl. : Handbuch der Ingenieur Wissenschaften, Band III. Abtheilung II, Cap. X, Leipzig, 1882).

Rhein-Marne-Canal (Frankreich).

Dort, wo Canalufer zu dichten waren, sind die Böschungen der Ufer ebenso wie die Canalsohle mit Beton bekleidet.

Erie-Canal (Amerika).

Die zunächst ausgeführte Befestigung der 1 : 1,1/2 geneigten Böschungen bestand aus Ziegelsteinpflaster, welches sich indessen nur auf geringe Flächen in der Nähe des Wasserspiegels erstreckte. Da sich diese Construction nicht bewährt hat, ist die Böschung nachträglich mit einer ein Stein starken Ziegelsteindecke von der Sohle ab bis 0,50 Meter über dem Wasserspiegel abgepflastert worden, eine Construction, welche vielfach empfohlen wird. Kosten 7,5 bis 12 Mark.

Forth- und Clyde-Canal (England).

Gemauerte Steindecken, theils vertical, theils geneigt ausgeführt, stützen sich 0,60-1,0 Meter über dem Wasserspiegel auf die Erdböschung und ragen vielfach bis zur Leinpfadskrone hinauf.

Nord-Ostsee-Canal (Deutschland).

Für den im Bau begriffenen Canal, welcher 22 Meter Sohlenbreite, 58 Meter Spiegelbreite und 8,5 Meter (ev. 9 M.) Tiefe erhält, sind bezüglich der Befestigung der Ufer zunächst zum Zwecke der Gewinnung von Erfahrungen Versuche angestellt worden, über deren Ergebnisse Herr Baensch, Wirklicher Geheimer Ober-Baurath im Ministerium der öffentlichen Arbeiten zu Berlin im Centralblatt der Bauverwaltung 1891 unter Bezugnahme auf die hier beigefügten Zeichnungen, Fig. 1 bis 4, wie folgt berichtet, und zwar :

“Der Canalquerschnitt erhält in seinem oberen Theile, etwa 2 Meter unter dem normalen Wasserspiegel, eine Berme von 2,5 bis 9 Meter Breite, je nach der Beschaffenheit des Untergrundes, zu dem Zwecke, um als Fusspunkt für eine Steinböschung zu dienen, welche die Ufer gegen den Wellenschlag zu decken und gleichzeitig eine Sicherheit dafür zu bieten hat, dass

die brechende Welle ihren Stoss auf ein Wasserpolster abgiebt und nicht unmittelbar die Uferwand in Angriff zieht.

Diese Steindeckung war im Anfang mit einfacher Böschung entworfen, um die Erdarbeiten nicht zu vermehren. Jedoch bald nach Beginn der Ausführung zeigte sich, dass es nicht möglich war, die Erdböschung so schnell mit Steinen abzudecken, um sie den Witterungseinflüssen sofort zu entziehen. Es traten hier und da in geringem Masse Abrutschungen ein und gaben Veranlassung, diese Böschung anderthalbfach anzulegen, damit sie auch ohne die Steindecke länger unversehrt erhalten bliebe.

Die Steindecken sind nun in verschiedenen Formen und verschiedener Bauart ausgeführt, je nachdem sie im Trocknen oder unter Wasser hergestellt werden müssen und je nachdem die Steinart zur Verfügung stand oder anderweitig beschafft werden musste. Soweit Geestland durchbrochen wird, sind die Unternehmer der Erdarbeiten gegen Entgelt verpflichtet, brauchbare Findlinge zur Wiederverwendung auszusondern, oder es werden solche von weiterher beschafft. Falls sie in dem Untergrunde nicht vorhanden waren, und die Beschaffung von Bruchsteinen zu kostspielig wurde, sind Klinkerziegel angewendet, und um die Verwendung derselben zu beschränken, sind unter Wasser Betonabdeckungen hergestellt. Danach ergaben sich je nach der Oertlichkeit vier verschiedene Formen der Steindeckung.

1. Unter Wasser ist nur eine 30 Centimeter starke, lose aufgeworfene Ziegelbrockenschicht oder Bruchsteinschicht auf die Böschung gebracht, bei welcher als Untermaterial das feinere, als Deckmaterial das gröbere Verwendung findet (*Fig. 1*). Soweit eben brauchbare Findlinge vorhanden sind, finden auch diese Verwendung zu loser Schüttung, jedoch mit der ausdrücklichen Beschränkung, dass sie gespalten und nicht rund sind, damit sie von der durchfluthenden Welle nicht so leicht gerollt werden können. Diese Schüttung liegt gegen einen 2,5 Meter breiten Fuss von Ziegeln.

Wo die Austiefung des Canalquerschnittes wenigstens bis zum Fusse der Böschung im Trockenem erfolgen kann, ist die Steinböschung in festeren Formen ausgeführt.

2. Bei der Verwendung von Bruchsteinen und Findlingen wird nach gehöriger Festlegung des Fusspunktes in 0,4 Meter Breite eine 20 Meter starke Schicht von Grand oder Tiegelbrocken als Bettung auf die Böschung gebracht und darauf die 30 Meter starke Pflasterung in Bruchsteinen (*Fig. 2*). Dieselbe geht in die obere Rasenböschung mit einem Halbmesser von 3 Meter über.

3. Wo das Ufermaterial von Natur oder durch Einschüttung der Sanddämme aus feinerem Sande besteht, ist dieser mit einer 20 Centimeter starken Klaischicht abgedeckt (*Fig. 3*) und darauf ein hochkantiges Ziegelpflaster von 25 Centimeter Stärke gegen einen Fuss von 0,5 Meter Breite aufgelegt, welches mit 1 Meter Halbmesser in die obere Böschung von 1 : 5 übergeht.

4. Wo sowohl die Bruchsteine als Ziegelsteine kostspielig werden, dagegen Sand und auch Cement billiger erreichbar ist, wird nach Einlegung eines 0,75 Meter breiten, 25 Centimeter starken Fusses aus Bruchsteinen die Böschung in drei verschiedenen Formen nach oben aufgebaut (*Fig. 4*). Der untere, unter mittlerem Niedrigwasser liegende, 1,75 Meter hohe Böschungstheil wird mit einer 20 Centimeter starken Sandbetonschicht von einem Mischungsverhältniss 1 : 6 in einzelnen Tafeln auf einer Sandbettung von 5 Centimeter Stärke abgedeckt. Dieser Beton hat eine solche Festigkeit, dass er selbst mit dem Brechisen kaum aufzubrechen ist. Vom gemittelten Niedrigwasser bis zur Mittelwasserhöhe, in welcher sich hauptsächlich die Wellenbewegung vollzieht, kommt ein 0,25 Meter starkes auf den Kopf gestelltes Klinkerpflaster, auf einer Sandschicht von 0,1 Meter Stärke ruhend, zur Anwendung. Von Mittelwasserhöhe bis zur oberen Böschung von 1 : 5 folgt ein hochkantiges Ziegelpflaster auf einer Sandunterbettung von 0,25 Meter Stärke, welches mit 2 Meter Halbmesser in die obere anderthalbfache Böschung übergeht. Soweit in der Böschung Abquellungen sich zeigen, wird für eine entsprechende Wasserlösung je nach den örtlichen Verhältnissen gesorgt."

Nachträglich sind noch die in *Fig. 5-9* dargestellten Constructionen, deren Querprofile mit Kostenangaben durch die Kaiserliche Kanalcommission für das vorliegende Referat freundlichst zur Verfügung gestellt wurden, zur Ausführung gelangt und zwar nach :

Fig. 5. Pflaster von 0,50 Meter Stärke auf 0,10 bis 0,40 Meter starker Unterbettung von Schüttsteinen.

Fig. 6. Steindecke für den unteren Theil der Böschung aus 0,20 Meter starker Betonlage und für den oberen Theil aus 0,25 Meter starkem Pflaster auf Unterbettung von Grand und Ziegelbrocken.

Fig. 7. Steindecke von der unteren Berme bis zum Mittelwasser aus geschlagenen Steinen und von da bis über Hochwasser aus Pflaster.

Fig. 8. Steindecke bis zum Mittelwasser aus geschütteten Steinen und darüber aus Steinpackung.

Fig. 9. Constructionen wie ad 8, doch ist hier die untere Berme auf 1, 20 Meter Breite noch durch eine 0,50 Meter starke Schüttsteinlage abgedeckt.

Die Baukosten für das laufende Meter sind wegen der hohen Steinpreise erheblich und betragen

Nach <i>Fig. 1.</i>	= 44,90 bis 49, 8 Mark.
—	2.	= 51,80 Mark.
—	5.	= 55,60 Mark.
—	4.	= 55,75 bis 58,55 Mark.
—	5.	= 40 Mark.
—	6.	= 42,50 bis 50 Mark.
—	7.	= 55,60 Mark.
—	8.	= 44,90 Mark.
—	9.	= 45,60 bis 49,80 Mark.

In sämtlichen Steindecken sind in Entfernungen von je 200 Meter Treppen angelegt worden.

3. Constructionen in verschiedenen Baumaterialien.

Hauptsächlich sind bei diesen, am meisten gebräuchlichen Constructionen, *Holz- und Steinmaterialien* und zwar die ersteren zum Bau unter Wasser und zur Unterstützung des aus Steindecke bestehenden Oberbaues verwendet worden. Unterscheiden lassen sich 2 Arten und zwar: *a.* verticale und wenig geböschte, sowie *b.* flach geböschte Uferwände.

a. Verticale und wenig geböschte Uferwände.

Die aus Holz hergestellte in die Böschung eingetriebene, meist als Bohlwerk construirte Wand ragt nur wenig, vielfach nur 0,10 Meter über den Wasserspiegel hervor. In dieser Höhe liegt oft eine Berme von 0,5 bis 1,5 Meter Breite, theils unbefestigt, theils mit Steinen abgedeckt. Fehlt die Berme, so ist die Böschung über Wasser bis auf 0,40-0,75 Meter Höhe durch Ziegelsteinmauer in der Neigung von 1 : 1/2 befestigt. In dieser Weise sind namentlich in Holland vielfach die Canalufer geschützt worden.

Noord-Hollandsche Canal.

Das Bohlwerk, 1 : 1/20 geneigt, hat von der Erdböschung des Canals bis 0,10 Meter über dem Wasserspiegel eine Höhe von 1,50 Meter (Pfähle 5 Meter lang, 0,13/0,14 stark, Spundbohlen 2,75 Meter lang, 4 Meter stark) und ist durch Ziegelsteingrus in den Raume zwischen Bohlwerk und alter Erdböschung hinterfüllt. Die hierdurch entstandene 1,50 Meter breite Berme ist mit starken Steinen abgedeckt. Kosten : 10,88 Mark. Ist die Berme abgeplastert und sind die Bohlwerkspfähle verankert, so erhöhen sich die Kosten auf 12,48 Mark.

Zuid-Willemsvaart.

Die Holzwand ist aus 1,80 Meter langen, 12 Meter starken Rundpfählen, welche, 1 Meter tief in die Böschung eingerammt, als verticale Wand bis 0,15 Meter über dem Wasserspiegel hervorragen, hergestellt, und die 0,60 Meter breite Berme daselbst durch Kies und Flechtzäune befestigt. Kosten : 2,54 Mark. Reicht die verticale Wand bis 0,50 Meter über den Wasserspiegel und ist die 1 Meter breite Berme daselbst an beiden Rändern durch Rundpfähle und zwischen denselben durch Schüttsteine befestigt, so erhöhen sich die Baukosten auf 3,20 Mark.

Damsterdiep.

Spundbohlen, 2 Meter lang, 7 Centimeter stark 1 : 1/2 geneigt und mit Holm abgedeckt, bilden bis zum Wasserspiegel die Uferwand, auf welche

sich in gleicher Neigung ein Stein starkes 0,55 Meter hohes Ziegelmauerwerk stützt. Kosten 6,84 Mark.

Treten an Stelle der Spundbohlen 15 Centimeter starke runde Pfähle, so betragen die Kosten 7,16 Mark.

In beiden Fällen ist keine Berme vorhanden, auch die obere Böschung unbefestigt.

Binnen-Aa.

Eine verholzte Spundwand mit 5,25 Meter langen, 15 Centimeter starken, im Abstände von 2 Meter eingerammten Pfählen und 5,50 Meter langen, 7 Centimeter starken Spundbohlen, 1 : 1/2 geneigt, trägt ein Stein starkes 1,80 Meter hohes, theilweise mit Ziegelbrocken hinterpacktes Ziegelmauerwerk, welches bis zum höchsten Wasserstande in der Neigung von 1 : 1/2 hinaufragt. Kosten 25,55 Mark.

Finow-Canal (Deutschland).

Ähnliche Constructionen sind dort ausgeführt wo der Kanal Ortschaften durchzieht. Die Ziegelsteinmauer beginnt am Wasserspiegel und reicht hinauf bis zur Krone des Leinpfades. Die Construction hat sich sehr gut bewährt.

b. Flachgeboeschte Uferwände.

Zur Befestigung der Böschungen unter und über dem Wasserspiegel dienen meist Bruch- und Ziegelsteine. Von ausgeführten Constructionen sind hier nachstehende Arten zu nennen, und zwar :

Canäle in Frankreich.

(vergleiche Guillemain, *Navigation intérieure. Rivières et canaux*. Tome II. Page 381. Paris 1885.)

Den Schutz der 1 : 1 geneigten Böschung bildet eine 50 Centimeter starke gemauerte Bruch- oder Ziegelsteindecke, welche sich auf hölzernen Unterbau stützt. Der letztere besteht aus 14 Centimeter starken, in Entfernung von 0,80 Meter eingerammten Pfählen, die oben durch Holm oder Bohle verbunden sind. Die Steindecke hat eine Höhe von 0,40 Meter und liegt nur 0,10 Meter unter dem Wasserspiegel. Kosten 7,20-9,60 Mark.

Noord-Hollandsche Canal.

Das ein Stein starke, 1 : 1 1/2 geneigte, 0,80 Meter über den Wasserspiegel ansteigende Ziegelmauerwerk ruht auf nahezu vertical stehendem Bohlwerk, dessen Pfähle 5 Meter lang und dessen 3,5 Centimeter starke Bekleidungsbohlen 5 Meter lang sind. Kosten 10,48 Mark.

Canal door Walcheren (Holland).

Die mit einer 1,10 Meter breiten Berme versehene, 1 : 2 geneigte Böschung ist durch 18 Centimeter starkes Pflaster geschützt, welches eine

Unterbettung von Steingrus besitzt. Der Steingrus liegt auf einer 0,50 Meter starken, mit Brettern bekleideten Klaischicht. Das Pflaster wird am Fuss durch starke 0,40 Meter lange und 0,50 Meter breite Steinplatten unterstützt, beginnt 0,80 Meter unter- und endigt 0,70 Meter über dem Wasserspiegel. Kosten 11,60 Mark.

Canal van Terneuzen.

Die 1 : 2 geneigte Böschung ist nur unter Wasser aber bis zur Tiefe von 2,25 Meter mit Pflastersteinen abgedeckt, welche auf 2 Brettlagen ruhen und durch am Fuss eingerammte Pfähle, sowie durch 15 Reihen parallel zur Canalaxe in die Böschung eingetriebene Buhnenpfähle gestützt sind. Die 1 Meter breite Berme am Wasserspiegel ist bepflanzt, die obere Böschung nur berast. Kosten 10,80 Mark.

Haneken-Canal (Deutschland).

Die hier probeweise durch Herrn Regierungs- und Baurath Oppermann ausgeführten, in Fig. : 10 bis 17 dargestellten Uferbefestigungen, deren Querprofile mit Kartenangabe für das vorliegende Referat bereitwilligst durch den Genannten zur Verfügung gestellt worden sind, haben den Zweck zu vermitteln, welche von diesen Constructionen sich für den im Bau befindlichen Dortmund-Ems-Canal am besten eignet. Demgemäss sind verschiedenartige Constructionen auf längeren Canalstrecken ausgeführt worden, bei denen sich jedoch durchweg die auf der 1 : 1,5 geneigten Canalböschung ruhende, 0,50 bis 0,60 Meter unter dem Wasserspiegel beginnende und 0,60 Meter über demselben endigende Steindecke auf eingerammte Pfähle und hieran gelehnte obere Bohlen stützt. Die nachfolgend angegebenen Baukosten würden sich bei der Ausführung im grossen wesentlich niedriger stellen.

Nach Fig. 10 ist die Böschung mit zwei, je 0,10 Meter starken Schichten von Cementsand in der Mischung von 1 Theil Cement, 5 Theile Sand für die obere und von 1 : 10 für die untere Schicht bekleidet. Auf diesem Unterbau ruht eine verticale, ein Stein starke Ziegelsteinmauer. Kosten 15,89 Mark.

Fig. 11. Die untere Steindecke ist wie vor erbaut, die obere aber aus Beton (1 Theil Cement, 2 1/2 Theile Sand, 5 Theile geschlagene Steine) in 0,20 Meter Stärke hergestellt worden. Der Beton liegt auf 10 Centimeter starker Steingruslage. Kosten : 14,87 Mark.

Fig. 12 bis 14. Statt des Betons ist Ziegelsteinpflaster und Cementsand verwendet. Kosten nach Fig. 12. 15,11 Mark.
 — — 13. 15,81 —
 — — 14. 17,75 —

Fig. 15. Pflaster aus 20-25 Centimeter starken Bruchsteinen auf Steingrussbett. Kosten 17,28 Mark.

Fig. 16 u. 17. Die Böschung ist im oberen Theil mit 9 Centimeter starken Cementplatten abgedeckt. Kosten. 9,15 Mark.

Sollten sich die Cementplatten bewähren, so würden sie mit Rücksicht auf die geringen Kosten wohl den sonstigen Steindecken vorzuziehen sein.

Unter Bezugnahme auf diese Erörterungen insbesondere auf die ad I « Erwägungen über die Gestaltung des Canalquerprofils » gestattet sich der Verfasser, den Fachgenossen die in Fig. 18 und 19 dargestellten Projecte zur Befestigung der Canalufer durch nahezu verticale Wände mit dem Bemerken zur Erwägung anheimzustellen, dass die Kosten nach denjenigen, welche ähnliche Constructionen in Holland erfordert haben, für Binnencanäle, je nach den Preisen der Baumaterialien für Binnencanäle auf etwa 9 bis 12 Mark und für Seecanäle auf etwa 18 bis 20 Mark für das laufende Meter angenommen werden können und dass sich diese Constructionen auch in schon vorhandenen Canälen ohne besondere Schwierigkeiten ausführen lassen.

Berlin (Charlottenburg), den 15. Februar 1892.

Uferbefestigung am Nord-Ostsee Canal. (Consolidation des Berges sur le Canal de la Mer du Nord à la Baltique.)

Fig. 1.

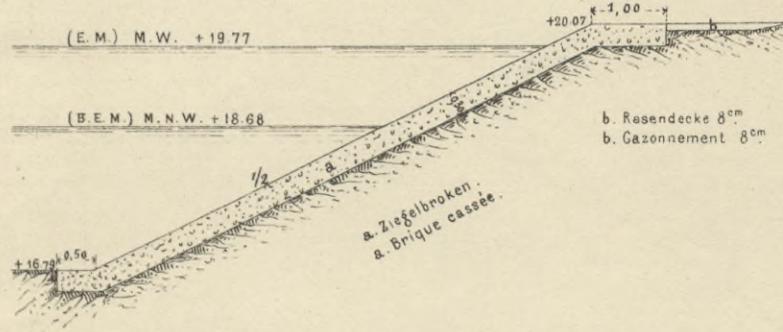


Fig. 2.

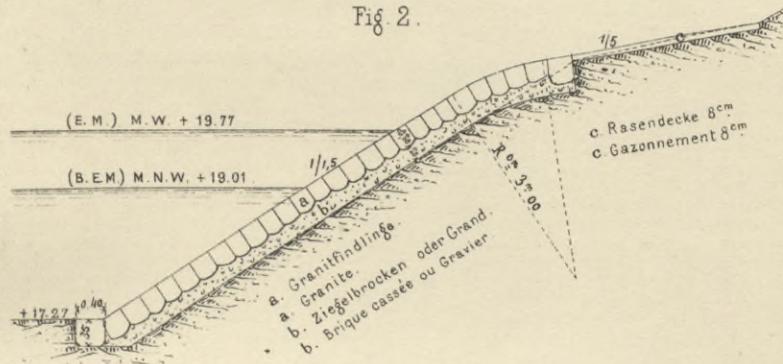
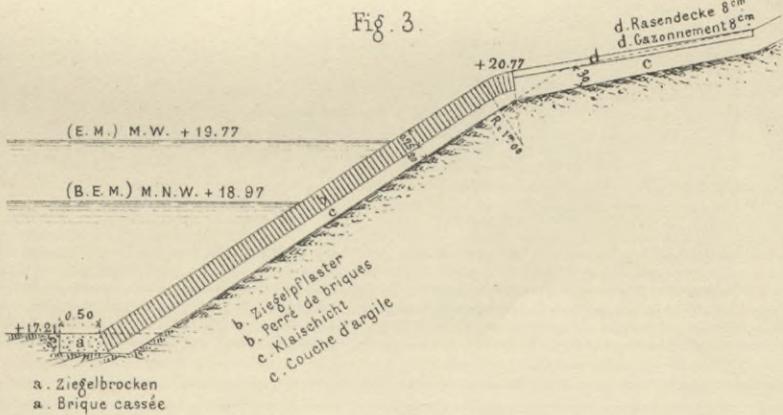


Fig. 3.



N.B. Die eingeschriebenen Höhenzahlen bezeichnen sich auf eine 20^m unter Normalnull liegende Horizontale.

Fig. 4.

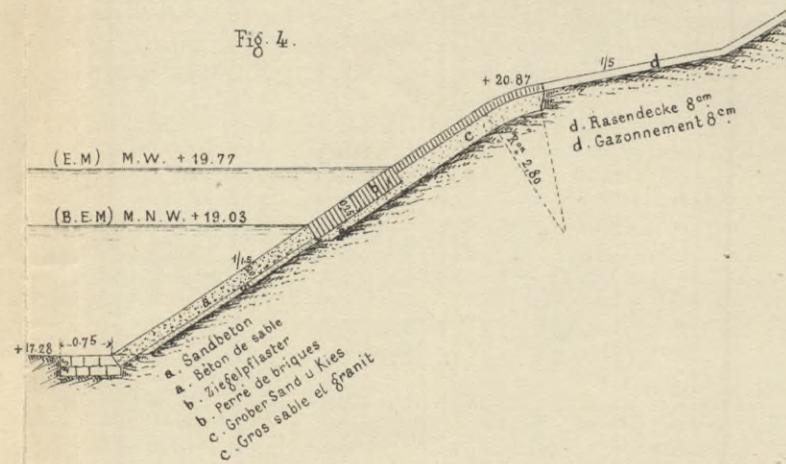


Fig. 5.

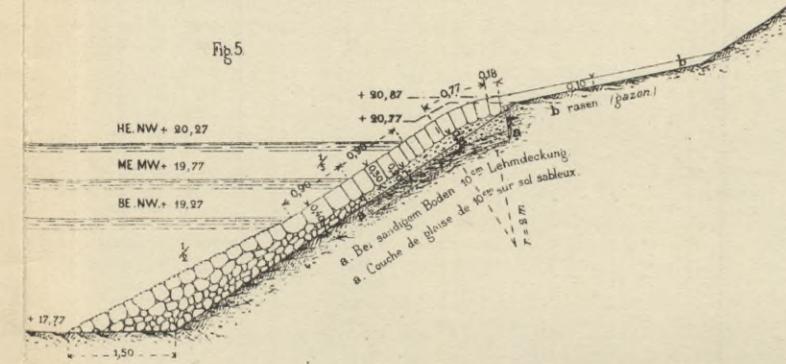
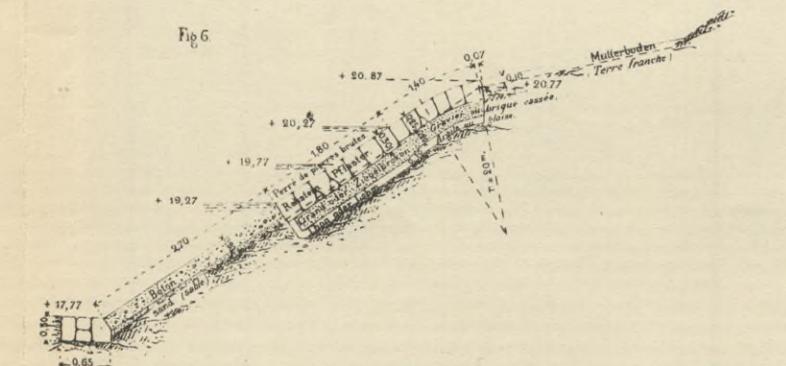


Fig. 6.



(Les cotes inscrites se rapportent à une horizontale placée à 20^m00 au-dessous du zéro normal.)

Fig. 7.

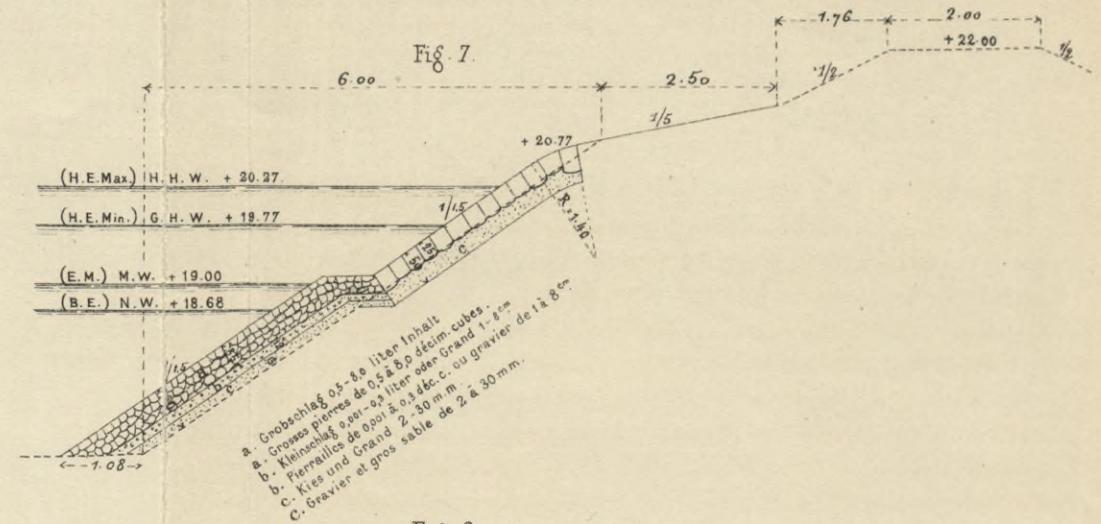


Fig. 8.

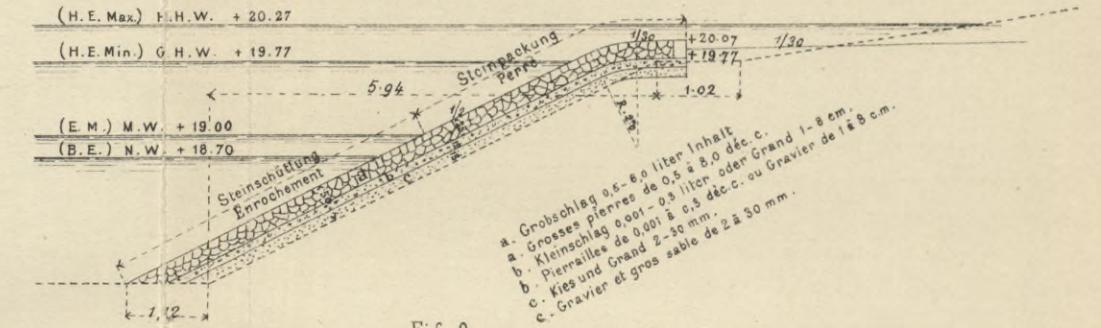
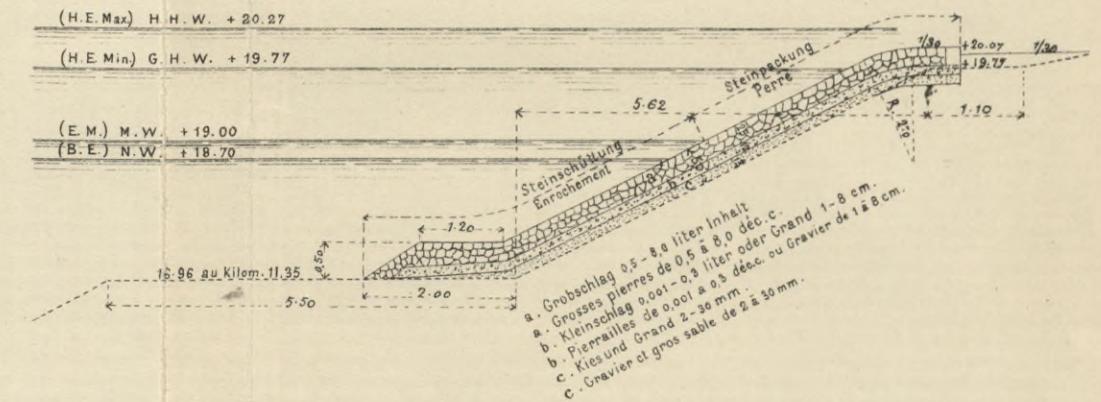
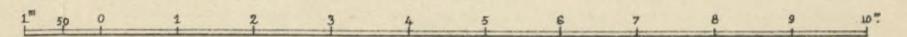


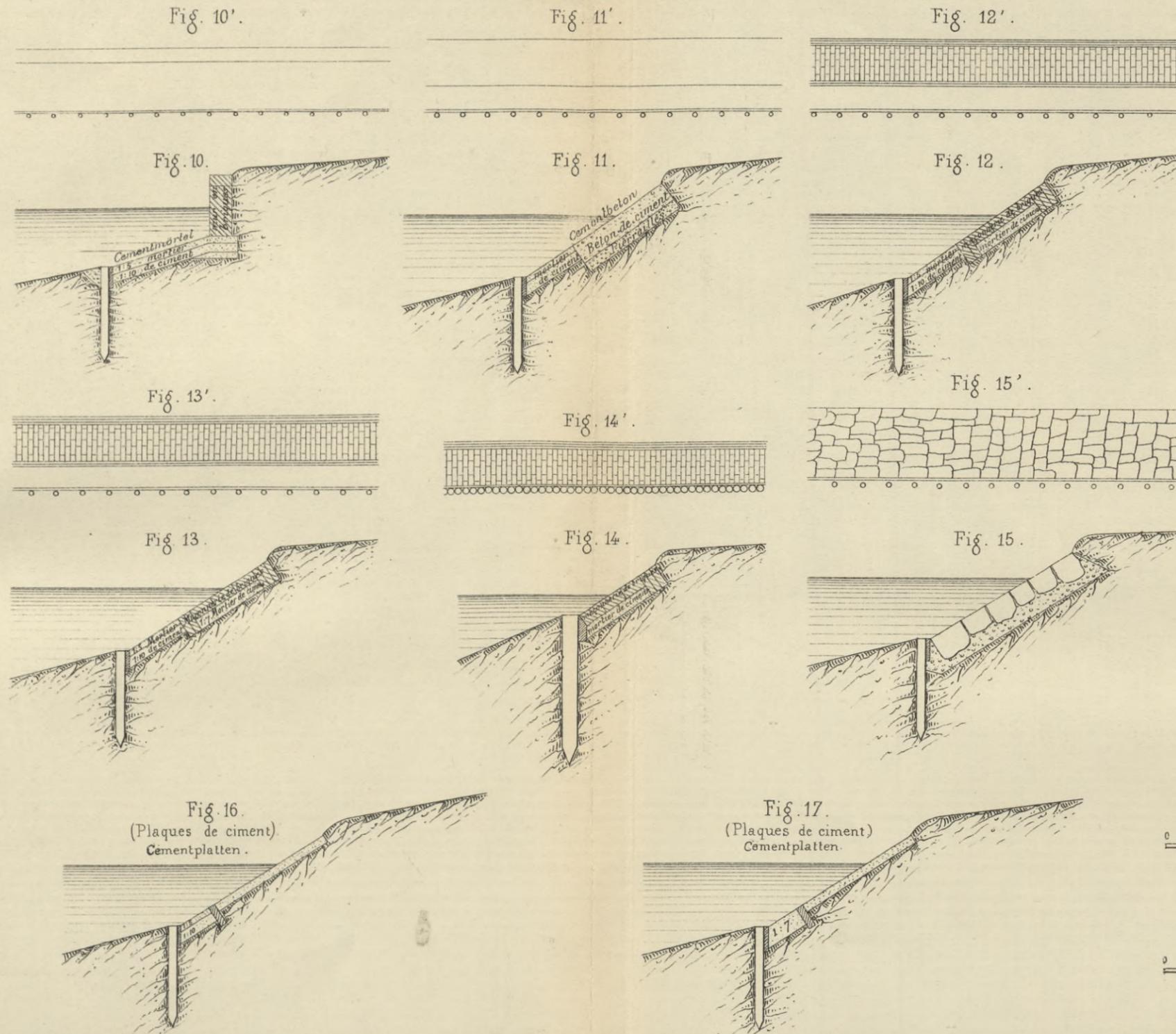
Fig. 9.



Echelle: 1/100



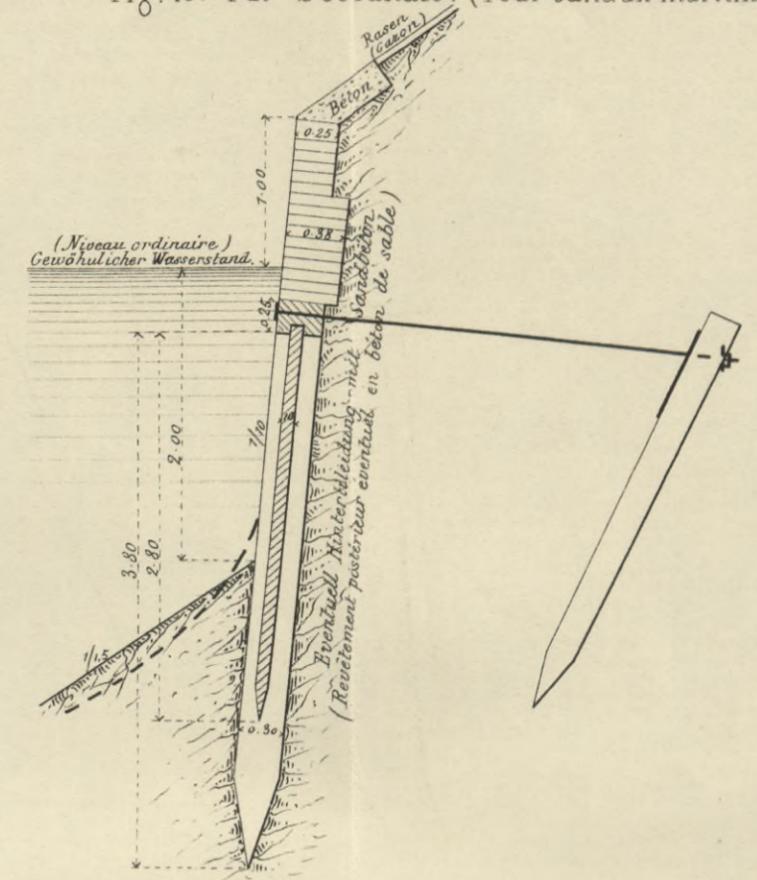
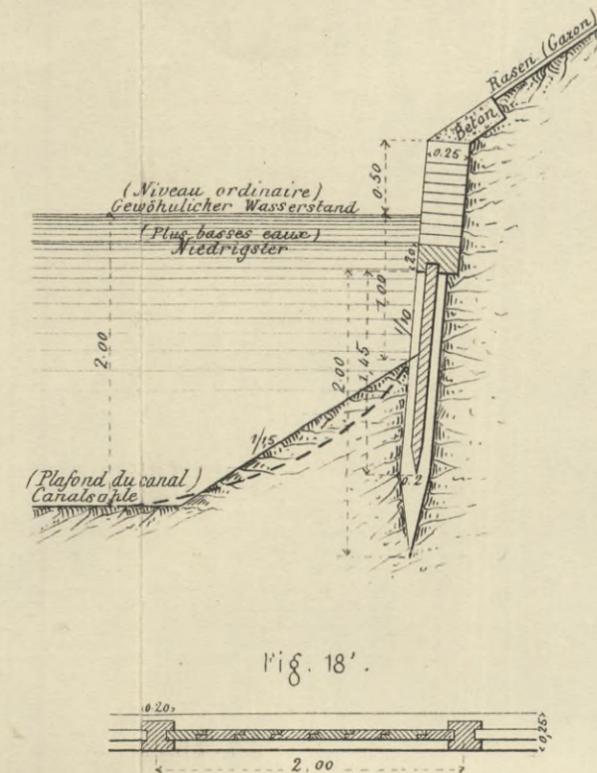
Uferbefestigungen am Hanekenkanal.
(Consolidation des berges sur le canal de Haneken).



Projekt zur Uferbefestigung.
(Projet de consolidation de berges).

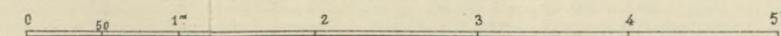
Fig. 18. Für Binnencanäle.
(pour canaux intérieurs).

Fig. 19. Für Seecanäle (Pour canaux maritimes).

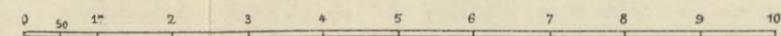


Maassstäbe. (Echelles).

Für die Querschnitte. } $\frac{1}{50}$
(Pour les profils en travers)



Für die Längen (fig. 10' bis 15') } $\frac{1}{100}$
Pour les plans longitudinaux (fig. 10' à 15')



Vorzinkter Anker
Tirant galvanisé

