

V. INTERNATIONALER BINNENSCHIFFFAHRTS-CONGRESS
ZU PARIS — 1892

III. FRAGE

7.

ZUR

WASSERDICHTUNG DER CANÄLE

IN ITALIEN GEBRAUCHTE MITTEL

BERICHTERSTATTER :

G. BOMPIANI

Ispettore del Genio Civile
Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Roma

UNTER MITWIRKUNG VON

LUIGGI

Ingegnere del Genio Civile, Genova

Fi. No. 19383



PARIS

IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE

9, RUE DE FLEURUS, 9

1892



II-354152

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316745

ZUR
WASSERDICHTUNG DER CANÄLE

IN ITALIEN GEBRAUCHTE MITTEL

BERICHTERSTATTER :

G. BOMPIANI

Ispettore del Genio Civile,
Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Roma.

UNTER MITWIRKUNG VON

LUIGGI

Ingegnere del Genio Civile, Genova.

I. — ALLGEMEINHEITEN UEBER ITALIENISCHE SCHIFFBARE KANÄLE

Doppelter Gebrauch der italienischen schiffbaren Canäle. — Fast alle italienischen schiffbaren Canäle haben eine zweifache Bestimmung : zur *Schiffahrt* und zur *Bewässerung*, oder zur *Schiffahrt* und zur *Entwässerung*. Diese doppelte Grundbedingung allein erklärt gewisse Baueigenheiten dieser Canäle.

Unter den schiffbaren, zur Entwässerung und manchmal auch zur Kraft-erzeugung gebrauchten Canäle, sind jene zwischen Tessin und Adda und diejenige welche das hohe Flachland von Venezien und Emilia durchfliessen, anzugeben.

Unter den schiffbaren, zur Trockenlegung der feuchten Niederungen, oder um für gewisse Wasserläufen einen besseren Ablauf in das Meer zu erhalten, gebrauchten Canäle, muss man jene des unteren Po-Gebiets, jene der Gebiete von Ferrara und Ravenna, das sehr wichtige Netz von den Provinzen Rovigo, Padua und Venedig, dieses der Provinzen Friaul und Treviso, und endlich die zur Schiffahrt wenig gebrauchten aber für die hydraulischen Verhältnisse der angrenzenden Länder noch wichtigen pisanischen und pontinischen Canäle, erwähnen.

Die schiffbaren Canäle zeigen, was die Speisung und die Fahrtiefe anbetrifft und je nachdem ihre zweite Aufgabe aus der Bewässerung oder Entwässerung

der benachbarten Landflächen besteht sehr verschiedene und einiger Art entgegengesetzte Verhältnisse. Daraus entsehen zwei ganz abgesonderte Gruppen :

Augenscheinlichen Wasserverlusten ausgesetzte Canäle. — Die Canäle der ersten Gruppe laufen hauptsächlich durch zerfallene, aus Gerölle, Kiesel und mehr oder weniger feinem Sande gebildeten Alluvium oder von der Gletscherperiode herstammenden Boden. Der Stand ihres Wasserspiegels wechselt in den sehr weiten Grenzen von 3 bis 45 Meter über die unterirdische Wasserfläche. Diese Canäle würden naturgemäss grossen Wasserverlusten ausgesetzt sein, wenn nicht durch Bekleidungen aus undurchlässigen Materialien dagegen Sorge getragen würde. So finden sich besonders bei den zu dieser Gruppe gehörenden Canälen reichliche Wasserdichtungsarbeiten die der Hauptzweck dieses Berichtes sind.

Wasserverlusten, wenig ausgesetzte Canäle. — Im Gegentheil, sind die zu der zweiten Gruppe gehörenden Canäle fast immer in wenig oder mehr festen Boden, wo Thon vorherrscht, durchgegraben. Uebrigens ist ihr Wasserspiegel oftmals auf gleicher Höhe oder selbst unterhalb jenes des Grundwassers. Anstatt also zu Wasserverlusten durch Filtriren ausgesetzt zu sein, verschaffen sie, im Allgemeinen, einem Abfluss den nahen Wässern und sind demnach den Hochfluthen ausgesetzt.

Gewisse Canäle dieser Gruppe wie die zum Beispiel in Venezien und in Polésine, haben in Wahrheit, besonders stromabwärts, den umliegenden Landflächen gegenüber, höher gelegene Stellen; die Wasser fliessen jedoch auch hier noch durch einen wenig durchlässigen thonigen Boden, und erlaubt auch ihre leicht mögliche reichliche Speisung, einige kleine Wasserverluste ausser Ansicht zu lassen.

Es ist somit selten, bei den Canälen der zweiten Gruppe, hinsichtlich der Wasserdichtung, Bekleidungsarbeiten herstellen zu müssen. Höchstens werden ihre Ufer in den höheren Stellen der durchflossenen Erdflächen gegen die Aufressung bewährt, und dieses weniger aus Furcht die nöthige Fahrtiefe vermindern zu sehen, als die angrenzenden Boden gegen der Versumpfung zu schützen.

Gebrauchte Verfahren, die Wasserverluste zu verhüten. — In Italien haben die schiffbaren Canäle fast immer eine doppelte Aufgabe, und da die einigen, zur Bewässerung und Entwässerung ausschliesslich bestimmten Canäle, wegen ihrer Grösse und ihrer reichlichen Abflussmengen, mit den vorigen verglichen werden können, ist es unnöthig einen Unterschied zwischen diesen verschiedenen Arbeitstypen der Wasserdichtungsverfahren, aufzustellen.

Unter diesen Mitteln, die einen, indirekten, haben den Bettschutz als Hauptzweck und versichern nebenbei dessen Wasserdichtung. Anwendungen

sind besonders in den Canälen der zweiten Gruppe davon zu finden. Die anderen, direkten, bestehen darin die Wasserverluste durch wasserdichte Bekleidungen der Ufer und der Sohle, anzuhalten; solche sind hauptsächlich in den Canälen der ersten Gruppe gebraucht.

II. — INDIREKTE MITTEL UM DIE WASSERVERLUSTE DER CANÄLE ZU VERHUETEN

Verschiedene Bauarten. — Die indirekten Dichtungsmittel sind gewöhnlich folgende :

- a) Bauart der Dämme in den höher als die umliegenden Flächen gelegenen Strecken;
- b) Anlegung von Bermen und Unterbermen am Fusse der Dämme;
- c) Deckung der Böschungen mit Faschinen-Flechtwerken, verschiedenen Anpflanzungen, Ansähungen, u. s. w.;
- d) Beschützung der Ufer durch Pflasterungen oder Trockenmauerwerk.

Diese verschiedene Bekleidungsarten sind schon allbekannt, da aber diese Uebersicht besonders für fremde Ingenieure bestimmt ist, werden vielleicht über die in Italien gebrauchten Ausführungsverfahren einige kurze Angaben nicht ohne Werth sein.

Bauart der Dämme. — Ist der Wasserspiegel der Canäle höher als jener der durchlaufenen Länder, so haben manchmal die Seitenwände der Rinne ein mit hydraulischen Kalk hergestelltes Mauerwerk aus Ziegel oder Bruchstein. Beispiele davon sind bei den schiffbaren Canälen von Bologna, Modena, Paderno, der Martesana und bei einigen anderen, zu finden. Doch, im meisten Falle ist das Mauerwerk durch Dämmen aus gut geknetetem Thon hergestellt, ersetzt. Diese Deckungsart findet sich bei den Canälen der zweiten Gruppe und besonders bei denjenigen welche das unters Thal des Pò durchlaufen.

Die zur Ausführung der Dämme in Anwendung gebrachten Regeln sind beinahe die gleichen wie jene die man mit Erfolg, bei den Villoresicanal welcher den grössten Theil der Lombardie bewässert, angenommen hat. Die, die Dämme dieses Canals bildende Erde kommt entweder von der Ausgrabung des Canals selbst oder von Seitenentnehmungen her und wurden mit Schub- und Zugkarren befördert.

Vor der Anlegung der Dämme, wurde der natürliche Boden, im Ganzen oder theilweise, auf folgender Weise bearbeitet :

1° Abtragung des Humus.

2° Umgrabung und Ausreutung des Bodens bis auf 0,15 Meter tief unterhalb dieser Schichte.

5° Treppenartige Abschneidungen des Bodens in den an Hügelsabhängen gelegenen Theilen.

Die Dämme wurden nachher folgenden Regeln nach, ausgeführt :

1° Auf die ganze Fläche — in der Ausgrabung wie in der Aufschüttung wurden der umgeworfene Humus für die äusseren Theile der Dämme vorbehalten.

2° Alle zu den Dämmen bestimmte Erde wurde zermalmt und von Wurzeln, Kraut und von andern zum Bau unpassenden Gegenständen, befreit.

3° Nachher wurde diese Erde in regelmässigen höchstens 0,40 Meter starken Schichten ausgebreitet.

Auf jeder Abtheilung bewacht stets ein Planierer die gute Ausführung der Arbeit und sorgt besonders dafür dass sich die Kiesel nicht anhaufen wie das am Fusse der hohen Böschungen leicht vorkommen kann. Diese Anhäufungen sind zu Rissbildungen sehr günstige Drains.

4° In gewissen Fällen, wurde ausserdem noch die Vorsicht genommen, jede Schichte der Aufschüttung, vor der Ausbreitung der folgenden, fest zu stampfen.

Verstärkung der Dämme. — Wenn die vorhergehende und gewisse andere, besondere Fälle betreffende Massregeln nicht ausreichend sind die Verluste zu verhindern, so muss die Breite der Dämme vergrössert werden, oder ausserliche, schwere, in Berme angeordnete Erdschüttungen hergestellt werden. Meistens hat das letzte Verfahren die Abschaffung der Sickerungen oder wenigstens eine bedeutende Verkleinerung der Verluste zu Folge.

Beschützung der Böschungen, mittelst Faschinenwerke und Anpflanzungen. — Manchmal besteht der Grund der Einsickerungen in dem, durch den schnellen Ablauf des Wassers oder durch Wellenanschlag bei heftigem Winde, erzeugten Einrissen der Böschungen. Diese Effekte wurden in den unteren Wassergängen bei den zahlreichen schiffbaren Canälen der Romagna, der Polésine und der Provinz von Ravenna beobachtet.

In diesem Falle, können die Böschungen mittelst Faschinenwerke (*fascinaggi volparoni*), Flechtwerke (*piani di rosta*) oder durch, auf die Erde glatt hingelegten Zweigen, Anpflanzungen von Weiden und Erlen oder von, im feuchten Boden gut gedeihenden Baumarten, haben ebenfalls gute Ergebnisse gegeben.

Trockene aus Pflaster- oder Bruch-Steine hergestellte Deckwerke. — Die so eben besprochenen Bekleidungen gelingen in den schiffbaren Canälen nicht immer und oft ist der Befestigung durch Pflasterung und Trockenmauern, der Vorzug zu geben.

Die trockene Pflasterung ist bei verschiedene Canäle des Piemont und der Lombardei, in den Gegenden wo sich Steine in Fülle meistens von diluvianischer Abstammung auffinden, gebraucht. Zum Beispiel sind die Sohle und Ufer bei gewissen Strecken des Cavourcanals mit einer, auf einem Sandbett, ausgeführter Pflasterung bekleidet, im Preise zu 40 Pfennig per Quadratmeter.

Die gleiche Arbeit kostete bei dem Villoresicanal 64 Pfennig.

Diese auf 15 oder 20 Centimeter Stärke beschränkten Pflasterungen haben wenig Zusammenhang und beschädigen sich leicht. Aus diesen Gründen, wenn im Überflusse Steine vorhanden sind, wird vorgezogen, die Ufer mittelst trockenen Bekleidungen von Bruchstein, welche bald der Länge nach auf die Böschung gelegt, bald wie Stützmauern ausgeführt sind.

Die erstere Einrichtung, manchmal « Steinmantel » (*mantellatura di sano*) genannt, wurde bei den Ufern des östlichen Armes des Pò (Po di Levante) angewandt um dieselben gegen die Anfressungen, welche bei gewissen Zeiten das durch stürmische Winde aufgetriebene Wasser unfehlbar erzeugen würde, zu schützen. Diese Steinmäntel sind 0,55 Meter stark und breiten sich ungefähr 2,50 Meter oberhalb des Spiegels, wo das Geplätscher seine grösste beschädigende Wirkung hervorbringt, aus. Sie sind aus Trachytblöcken hergestellt, welche aus den euganeischen Alpen herkommen und nicht weniger als 50 Kilogramm wiegen. Deren Aussenseite ist behauen und die anderen Seiten derartig angelegt dass sie mit den anliegenden Klötzen möglichst geringe Fugen bilden. Die Bekleidung, in der Böschung eingefasst zeigt bei ihrer Vollendung die Ansicht einer Trockenmauer deren Steine als Mosaik angeordnet sind. Die Anwendung welche bei den Ufern des östlichen Laufes des Pò gemacht würde, breitet sich auf ungefähr 9 Kilometer Länge und beinahe 24 000 Quadratmeter aus. Die Herstellungskosten betragen für den Quadratmeter 2,48 Mark wovon für den Arbeitslohn allein, 60-64 Pfennig zur Rechnung kommen. Die erhaltene Resultate waren sehr befriedigend, da sich trotz der grossen Wellen bei Hochfluthen und der an die Böschungen bei der Ebbe ausschlagenden Wellen, die jährlichen Ausbesserungen nicht mehr als auf den zwanzigsten Theil der ganzen Bekleidung ausstreckten. Die Unmöglichkeit, alle abgefallenen Steine wieder zu finden, macht dass die jährlichen Unterhaltungskosten auf circa 1840 Mark, im Ganzen, oder rund auf 200 Mark per Kilometer kommen.

Die Trockenmauerwerke wurden, in der Lombardei und in der Ebene von Pisa bei einigen schiffbaren Canälen angewendet. Man gibt ihnen gewöhnlich oben 40 Centimeter Stärke mit einem Drittel äusseren Ablaufe. Die Kosten wechseln zwischen 2 und 2,40 Mark per Quadratmeter; die erhaltenen Resultate sind sehr mittelmässig.

Der Hauptzweck dieser verschiedenen Arbeitsarten ist, die Rinne und Dämme zu beschützen, und tragen nur indirekt zur Aufhaltung der Sickerung bei, so glauben wir unnöthig mit mehr Ausführlichkeit davon zu sprechen.

III. — DIRECTE MITTEL UM DAS BETT DER CANÄLE WASSERDICHT ZU MACHEN

Verschiedene übliche Bekleidungsarten. — Im Gegentheile ist es von Nutzen die passenden Mittel um Sickerungsverluste zu verhüten mit Ausführlichkeit zu beschreiben.

Es gibt drei Sorten solcher Mittel :

a) Benutzung trüber oder schlammiger Wasser welche ihren Schlamm in den Lücken, durch welchen sie zu dringen suchen, zurücklassen.

b) Bekleidung der Böschungen, entweder mit Thonschlag oder mit Rasenziegeln oder noch mit im Dammkörper hergestellten, thonigen Scheidewänden.

c) Bekleidung der Rinne mit Mörtelpflanzung, Beton oder Mauerwerk.

Wasserdichtung durch trübes Wasser. — Das älteste, einfachste, billigste und wirksamste, aber auch das langsamste Verfahren besteht darin den Schlamm, welchen die in den Canälen fließenden Wasser in Schwimung bringen, anzuwenden. Dieses Verfahren wurde von jeher bei den Canälen von Piemont, Emilia und Venezien benutzt. Man fährt fort davon Gebrauch zu machen wenn das Speisungswasser trübe und im Ueberflusse vorhanden ist, so dass ohne Nachteil in den ersten Jahren des Betriebs, eine gewisse Menge Wasser durch Sickerung verloren gehen kann. In diesem Falle, gibt der Niederschlag des Schlammes ausgezeichnete Resultate. Zwei oder drei Jahre waren genügend um jeden Wasserverlust in den, von der Bora Riparia, herstammende Canälen zu beseitigen.

Diese Wasserdichtungsart ist aber manchmal in den vor kurzem eröffneten Canälen nicht ohne jeden Nachtheil, so zeigte das kaum erbaute von der Bora Baltea abgeführte Depretiscanals in den Dämmen auf der rechten Seite, reichliche Wasserverluste. Die Wasser welche durch den sandigen Boden drangen, überschwemmten die Wohnungen der benachbarten Gemeinden Brianze und Sauthia, und dieselben mussten durch eine tiefe Umgrabung geschützt werden. Nach einigen Jahren aber, da diese Wasser, viel Schlamm enthielten, hat dieser die Lücken des sandigen Bodens ausgefüllt und das Ergebniss war jenes, das kein Zeichen mehr von Sickerung vorhanden war, zur Zeit als dieser Canal, im Jahre 1858, derartig vergrößert wurde, dass seine Abflussmenge von 15 bis auf 55 Cubikmeter per Sekunde vermehrt wurde.

Das gleiche Vorkommen wurde bei dem Bisaltocanal und bei zahlreichen andern der Provinzen von Verona, Padua, Trevisa und Vicenza, durch die Wasser der Etsch und diejenigen sehr schlammigen der Brenta und der Piava gespeisten Canälen beobachtet.

Trotzdem diese Canäle in sehr durchlässige, kieselige oder steinige Boden erbaut wurden, hat sich der thonkalkartige Schlamm der Speisungswasser auf die Sohle und die Böschungen niedergeschlagen und nach nur einigen Jahren, bald eine vollständige Wasserdichtung der Rinne, bald eine auffallende Verringerung der Sickerungen erzeugt. Wenn die wasserdichte Schichte, sei es in der Aufschüttung oder in der Ausgrabung stellenweise durch Einrisse beschädigt wird, so wird eine Mischung von Erde und Grasschollen hinter eine Linie von Bohlenwänden gestampft, und die schlammige Ablagerung hält bald den Durchgang der Wasser durch das so hergestellte Schutzwerk auf.

Dieses Verfahren hat eine sehr langsame Wirkung; denn es sind 2-5 Jahre, öfters auch mehr, nöthig, wenn die Wasser arm an Schlamm sind.

Der Cavourcanal welcher auf einer Länge von 82 Kilometer einen steinigen sehr durchlässigen Boden durchfließt zeigt noch Wasserverluste, trotzdem er seit dem Jahre 1866 in Betrieb ist. Es ist zwar zu bemerken dass diese Verluste allmählig geringer werden und sind gegenwärtig auf ganz annehmbare Verhältnisse beschränkt. Um die Bildung der Ablagerungen an den Stellen wo die Verluste am reichlichsten sind, zu beschleunigen, wurde die Sohle zuerst mittelst einer dünnen Thonschichte weniger durchlässig gemacht; nachher wurde schlammiges Wasser in der Rinne in Ruhe gehalten, dessen Ablagerung zur Verstopfung des benachbarten Bodens beitrug. Hatte dieses Wasser den grössten Theil seines Schlammes abgelagert, so wurde es abgelassen und durch eine neue Menge von schlammigen Wasser ersetzt.

Dieses, bei dem Cavourcanal und besonders in der Nähe von Kunstbauten stellenweise angewendete Verfahren gab vorzügliche Ergebnisse.

Die Wasserdichtung durch trübes Wasser nöthigt zu keine direkte Ausgaben, kaum kann der Werth des, in den ersten Jahren durch Sickerung verlorenen Wassers in Betracht kommen. Ausserdem bietet er den Vortheil seine Wirkung auf eine weite Fläche des Bodens auszustrecken. Desshalb wurde er auch einer grossen Anzahl italienischen Canäle in Gebrauch gebracht.

Wasserdichtung mittelst Deckwerke oder thonige Scheidewände. — Fehlt trübes Wasser wie bei zahlreichen, durch den klaren Wasser des Tessin und der Adda gespeisten lombardischen Canälen, oder ist die Speisung welche zur Verfügung steht, eine zu geringe um eine Wasserverschwendung zu erlauben, so wird die Bekleidung aus wasserdichten Materialien ausgeführt.

Das einfachste Verfahren besteht darin die Sohle und die Dämme mit einer Schichte thoniger Erde oder auch mit Grassiegeln zu bedecken.

Die steinigen Ufer des durch die Provinz Vicenza fliessenden Wildbaches Gira, wurden mittelst einer aus alluvialen Erde bestehenden, 0^m,60 starken Bekleidung wasserdicht gemacht. Dieses Deckwerk wurde unter dem Wasserspiegel durch eine zweite aus Gerölle bestehende, 0^m,50 starke Bekleidung, und in dem gewöhnlich trockenem Theile, durch aufeinander liegenden

Grasziegeln, welche in der Nähe des Wasserspiegels bis auf 0^m,15 stark und gegen die Krone auf eine einfache Schichte verringert sind, geschützt.

In den Provinzen von Trevisa und Verona ist es üblich die inneren Böschungen ebenfalls mit Grasziegeln oder gestampfter Erde zu bedecken.

Bei den Aufschüttungs- oder an Hügelabhänge liegende Strecken werden oft, vor den inneren Böschungen, an Pfähle genagelte Bohlen angebracht. Hinter den Bohlen wird eine 20-30 Centimeter starke, aus aufeinander gelegten Grasziegeln bestehende Erdmasse errichtet und der Raum zwischen der Erdmasse und der Böschung mit Erde ausgefüllt.

Der die Rasenziegel unterstützende hölzerne Schutz wird manchmal durch einer mit grobem Gerölle hergestellten, Trockenmauer ersetzt.

Diese sehr einfache Einrichtungen haben den doppelten Vortheil die Wasser aufzuhalten und die Böschungen zu befestigen. Sie sind sehr dauerhaft, doch können wir die Dauer nicht genau feststellen. Was die Bau- und Unterhaltungskosten betrifft, wechseln dieselben naturgemäss von einem Ort zum andern je nach den mehr oder weniger hohen Löhne und nach dem Vorhandsein der passenden Materialien. Nachdem ist es schwerlich feste Zahlen zu bestimmen. Die Schutzwerke mit hölzernem Gerüste können durchschnittlich zu 4 Mark per Quadratmeter und diejenigen aus Trockensteinmauern zu 4,80 gerechnet werden.

Die Bekleidungen aus Thonerde oder Grasziegeln haben den Nachteil sich leicht, besonders zur Zeit der periodischen Reinigung, zu beschädigen. Aus diesem Grunde ersetzt man manchmal, besonders in den Aufschüttungstrecken die Uferdecke durch eine lehmige oder thonerdige in den Dämmen eingesetzte Scheidewand. Man benutzt eine Trockenlegungszeit um, in der Mitte dieser Dämme, 2-4 Meter breite Gräben zu öffnen, welche durch den undichten Boden bis auf die wasserdichte Schichte ausgetieft werden. Nachher werden diese Gräben mit ausgewählter thoniger Erde oder wenn solche fehlt mit der in der Nähe befindlichen Erde, ausgefüllt. Dieses Verfahren wurde mit Erfolg bei einer grossen Zahl der Venezian und der Provinz Ravenna angehörenden Canäle, angewendet.

Da es in den letzteren Gegenden oft an guter thoniger Erde fehlt, so wurde eine, aus gewöhnlicher Erde und Reisstroh bestehende, sorgfältig gestampfte, Mischung, als Ersatz gebraucht.

Bekleidung aus Pflastersteine. — In den Gegenden wo Gerölle reichlich vorhanden sind und im Gegentheil die thonige Erde fehlt, wendet man die Pflasterung an. Solches ist der Fall in den hochgelegenen Flachländern der Lombardei und in den Provinzen Verona.

Diese Pflasterungen sind bald auf Sand, nur mit Mörtel begossen, bald auf Mörtel gebettet. Bei trockener, mit Mörtel begossener Pflasterung, ruhen die sehr wenig gedrängte Steine sehr leicht auf dem Boden und die zwischen diese sich bildenden Lücken werden weder mit Sand noch mit anderen Materialien ausgefüllt. Nach dieser Vorbereitung, wird die Arbeit erst bewäs-

sert, dann mit sehr dünnen Mortel begossen, dessen Eindringen zwischen den Steinen durch ein kräftiges Stampfen leichter gemacht wird, wobei die Hohlräume mit Mörtel gefüllt werden.

Solche Pflasterungsart findet sich bei verschiedenen lombardischen Canäle und besonders bei dem von der Tessin abgeführten Villoresicanal. Im letzten Falle beträgt die Pflasterungsstärke durchschnittlich 18 Centimeter und die Ausfüllung der Hohlräume erfordert 0,045 Cubikmeter Mörtel für den Quadratmeter. Die Kosten belaufen sich auf 1,12 Mark per Quadratmeter.

Es kommt vor dass diese Pflasterung manchmal wenig befriedigenden Erfolg gibt, besonders da wo der Boden auf welchem sie ruht keine gänzliche Beständigkeit hat. Die so bald zur Brechung kommenden Bekleidung hört auf einen wirksamen Schutz gegen Wasserverlusste zu bilden.

Das gegen solche Beschädigungen, bei dem Velloresikanal angewendete Mittel, besteht in einer allgemeinen Ausfüllung mit Mörtel. Nach einer sorgfältigen Reinigung und reichlichen Spülung der beschädigten Flächen, wird beinahe flüssiger Mörtel kräftig hingeworfen, welcher in die Hohlräume des Gerölles eindringt und sie vollständig ausfüllt, was 0,05 Cubikmeter Mörtel verbraucht und kostet der so ausgebesserte Quadratmeter, 80 Pfennig.

Trotzdem diese Deckungsart, mit ausgefüllten Fugen, bei gewissen günstigen Umständen guten Erfolg geben kann, ist hervorzuheben dass nach fünf Jahren bei den Villoresicanal die Beschädigungen derart waren dass sie, das Verlassen des Systems und die Annahme der Mörtelpflasterung zur Folge hatten.

Letztere Deckungsart ist besonders in Oberitalien üblich. Die Dämme der « Naviglio Grande » in der Lombardei, sind auf einer Strecke von ungefähr 80 Kilometer und jene des Bereguardo Canal auf 20 Kilometer derartig bedeckt. Ebenfalls ist sie bei dem schiffbaren Pavia Canal, bei jenem von Martesana, Villoresi, u. s. w. angenommen. Bedeutende Anwendungen finden sich auch in der Provinz Verona und in « Agro Pisano »; darum ist es nützlich ausführlicher darüber zu sprechen.

Bei den Villoresicanal und einer grossen Anzahl anderer lombardische Canälen, die Mörtelpflasterung, aus länglichen, regelmässigen, zwischen 15 bis 20 Centimeter messenden Steinen, wird auf dem Boden hingelegt, welcher vorerst auf solche Weise ausgegraben wird dass nach Ausführung der Bekleidung das normale, vorgeschriebene Profil erhalten wird. Die Steine schwimmen vollständig im Mörtel, welcher keinen Hohlraum zwischen ihnen lässt und ausserdem ein ununterbrochenes, wenigstens 3 Centimeter starkes Bett unter diesen bildet. Die Oberfläche ist sorgfältig verstrichen und mittelst der Kelle glatt gemacht, wobei der Unriss jedes Steines genau gefolgt wird. Die ganze Stärke der Bekleidung, Mörtelbett eingeschlossen, darf an keinem Punkte unter 20 Centimeter fallen.

Bei denen, vor der Eröffnung des Villoresicanals ausgeführten Pflasterungen, wurde gewöhnlich Mörtel der auf jeden Kubikmeter Sand, 200 Kilogramm Kalk von Casale enthielt, gebraucht. Später fand ein fetterer aus

400 Kilogrammen hydraulischen Kalk aus Palazzolo für jeden Cubikmeter Sand bestehender Mörtel, Verwendung. In solchen Verhältnissen, hat der Quadratmeter Pflasterung (20 Centimeter stark) 0,075 Cubikmeter Mörtel beansprucht und je nachdem Casalischer oder Palazzoloscher Kalk in Anwendung kam, 1,52 resp. 1,84 Mark gekostet. Der Sand und die Steine kamen bald von der abgetragenen Erde des Canals selbst, bald aus den in der Nähe eröffneten Steingruben. Bei der Ersetzung der Mörtelpflasterung mit Kalk aus Palazzolo, durch die einfach getränkte Pflasterung des ersteren Verfahrens, sind die Kosten, in Folge des Wiederverbrauches der in der ersteren Arbeit befindlichen Steine, auf 1,24 Mark per Quadratmeter verringert worden.

Bei den Entsetzungen im Frühjahr 1891, wurde der Versuch mit einem aus einer Mischung von Palazzoloschen Kalk und casalischem Cement (Portlandsorte) bestehenden Mörtel gemacht. In diesem Falle betragen die Kosten für den Quadratmeter mit drei Theilen Kalk auf einen Theil Cement, 1,50 Mark und mit zwei Theilen Kalk auf einem Theil Cement, 1,57 Mark.

Alle diese Preise umfassen die Ausgrabungs- und Auffüllungsarbeiten, die Brunnaustiefung, die Ausschöpfung, die Lieferung der Materialien und alle zur vollkommenen Ausführung nöthigen Nebenarbeiten. Sie begreifen ebenfalls die Kosten der Aufsicht und der Leitung.

Die Preise für die nach der Eröffnung des Canals ausgeführten Deckwerke, umfassen die zur Eröffnung von Sand- oder Steingruben nöthigen Eigenthumsentsetzungs- wie die Ankaufskosten des dem Kalk beigegeführten Cements. Diese, auf einer Dammlänge von circa 16 Kilometer angewendeten Bekleidungen waren von ausgezeichnetem Erfolg. Die, im Jahre 1891 gemachten Versuche haben bewiesen dass die Wasserverluste welche sich anfänglich auf die ungeheure Menge von 20 Prozent der ursprünglichen Speisung beliefen, waren nach der Mörtelbekleidung auf 7,57 Prozent, also bei einer Canallänge von 1638 Meter auf 2,70 Cubikmeter in der Sekunde, vermindert worden. Da diese Strecke 514,273 Cubikmeter Wassergehalt hat, kam nach der Bekleidung, der Verlust für 1000 Cubikmeter dieses Wassers, auf $5\frac{1}{4}$ Liter in der Sekunde. Diese Menge ist eine sehr unbedeutende gegenüber jener welche bei zahlreichen anderen Canälen beobachtet wird, welche in einem die gleichen Verhältnisse von Durchlässigkeit zeigenden Boden, eröffnet wurden, deren Bekleidung jedoch mit weniger Sorgfalt gemacht worden ist.

Die Mörtelpflasterungsbekleidung fand ebenfalls bei dem, das Hochland von Veronesa durchfliessenden Canal, grossartige Anwendung. Die von diesen Canal durchflossenen Gegenden sind aus alten Moränen stammende polygenische Alluvium, oder post-gletscherische Alluvium, mit Flussconglomeraten. Das Grundwasser steht immer unterhalb der Sohle; seine Tiefe wechselt zwischen 4 und 40 Meter. Diese letztere ist die grösste, welche bei gewissen Stellen des Hauptcanales beobachtet wurde. Die auf dem ganzen Lauf sehr bedeutende Verluste verbrauchten sogar, bei gewissen Strecken, sämtliche Abflusswasser. Um solches zu verhüten, wurden die Sohle und die Ufer mit einer Mörtelpflasterung bedeckt.

Die gestampfte thonige Bekleidung wäre wegen der schweren Verschaffung der Materialien zu theuer gekommen. Das Gleiche würde bei einer Betonbekleidung der Fall gewesen sein, welche ausserdem, bei winterlicher Trockenlegung durch die Einwirkung des Frostes gelitten hätte.

In dem uns beschäftigenden Fall, die Pflastersteine, 0^m,15 lang, wurden ohne zwischenliegender Erde oder Sand auf dem Boden gelegt; die Hohlräume dann mit sehr dünnen, hydraulischen Mörtel gefüllt; dann wurde die Oberfläche mittelst eines dickeren hydraulischen Kalkbreies bedeckt. Dieses, auf mehr als 200 000 Quadratmeter gebrauchte Deckwerk hat in den Ausgrabungstheile sehr gute Ergebnisse erzeugt. In den Dämmen waren die Folgen ebenfalls zufriedenstellend, und die Wasserverluste angehalten, doch war die Anwendung wegen den, durch das oftmalige Einsinken der Ufern hervorgebrachten Risse wenig leicht.

Die Herstellungskosten per Quadratmeter betragen 64 Pfennig und die in den drei verflossenen Jahren gemachten Erfahrungen erlauben die Kosten der Unterhaltung, welche sich überhaupt auf einige Bemörtelungen mit Kalk beschränken, durchschnittlich auf 1,6 Pfennig zu schätzen.

Solche Sorten von Bekleidungen fanden bei mehreren schiffbaren Canälen von Agro Pisano Anwendung. Die Kosten für den Quadratmeter betragen 1,60 Mark, für eine durchschnittliche Stärke von 25 Centimeter. Bei dem industriellen von der Etsch abgeleiteten Veronacanal, kosteten die auf 15 Centimeter Stärke beschränkten Bekleidungen, 1,04 Mark.

Die, in den erwähnten Fällen erhaltenen guten Ergebnisse, hatten zur Folge die Anwendung des Systems bei einer wichtigen Abtheilung des schiffbaren Canals von Martesana. Die Breite dieses Canals beträgt 14-15 Meter und die Wasserhöhe 1,50 Meter. Der Boden enthält Kies und das Grundwasser steht durchschnittlich 1,50 Meter unterhalb der Sohle. Eigentliche Lecken wurden nicht beobachtet, aber, auf einer Länge von 7 Kilometer wurde eine langsame und fast allgemeine Sickerung durch das Bett vernommen. So wurde beschloßen diesen, mittelst einer 20 Centimeter starken Bekleidung, deren Pflastersteine an der senkrechten Seite von Mörtel umschlossen und ausserdem mit einer Schichte dünnerem gleichen Mörtel verstrichen wurden, abzuhefen. Die Arbeit ist jetzt auf 4 1/2 Kilometer vollendet und kostete per Quadratmeter 1,68 Mark. Die Wirksamkeit war derartig dass sich der Abfluss um 1,50 Cubikmeter in der Sekunde zugenommen hat; die Ergebnisse werden gewiss bedeutender sein nach der Vollendung der Bekleidung auf der Gesamtlänge von 7 Kilometer.

Obgleich die ersten Theile dieser Arbeit schon von 6 Jahren her stammen, wurde keine Beschädigung beobachtet und war keine Ausbesserung nöthig.

Betonbekleidung. — In den Ortschaften wo sich die Steine nicht in genügender Menge nahe der Verbrauchstellen vorfinden, ist die Anwendung der Pflasterbekleidung nicht mehr vortheilhaft. Dieses ist der Fall in den mittleren Länder des Piemont, der Lombardei und der Venezien, wo in Gegentheil

Sand und Kies in Ueberfluss vorhanden sind. Deswegen ist bei den Canälen welche diese Gegenden durchfliessen, die Betonbekleidung vorteilhaft angewendet; dieses Verfahren hat überhaupt zahlreiche und wichtige Anwendungen in Italien gefunden. Eine der letzteren ist diejenige des industriellen Veronacanal, dessen sehr durchlässiger Boden, eine grosse Menge Wasser verloren gehen liess. Die Sohle dieses Canals und die gewöhnlich nassen Theile der Böschung wurden bis an die erste Berme, d. h. bis auf 2,40 Meter über der Sohle, mit einer 30 Centimeter starken Betonschichte bekleidet. Die oberen Theile der Böschung wurden mit einem Mauerwerk aus kleinem Gerölle auf einem Mörtelbett liegend und mit demselben Mörtel umgeben, bedeckt.

In den nassen Theilen der Rinne erhielt der Beton den Vorzug, da Sand und Kies, auf der ganzen Strecke, in Fülle ungetroffen wurden, aber auch aus der Ueberzeugung dass gut angemachter Beton die widerstandsfähigste und die undurchlässigste Bekleidung bildet. Oberhalb des Wasserspiegels wurde aus Sparsamkeitsgründen, die Pflasterung angewendet.

Der eben besprochene Beton bestand aus 0,90 Cubikmeter Kies und 0,45 Cubikmeter Mörtel, welcher 400 Kilogramm hydraulischen Bergamischen Kalk für den Cubikmeter Sand enthielt. Der Sand und der Kies wurden aus den besten Schichten gewonnen und von allen fremden Stoffen befreit. Der Beton wurde am Bauplatz selbst bereitet und auf kleinen 4-5 Meter langen Strecken, bei den Ausgrabungstheilen direkt auf den natürlichen Boden, bei den Schüttdammstellen aber auf kiesigen, gut geschlagenen Boden, gelegt. Der in Schichten hingebreitete Beton wurde gleichmässig, bis der flüssige Kalk aus der Oberfläche drang, mittelst einer abgerundeten oder flachen Handramme, je nachdem die Oberfläche eben oder gekrümmt war, gestampft.

Die Bekleidung der Sohle und Ufer kostete 8 Mark per Cubikmeter, also ungefähr 2,40 Mark per Quadratmeter, worin eine hydraulische Mörtelbestreichung mit ausgewählten Materialien einverstanden ist.

Der erhaltene Erfolg war hinsichtlich der Wasserdichtung, des Widerstandes und der Dauerhaftigkeit, sehr zufriedenstellend.

Die Unterhaltung ist eine unbedeutende, denn dieselbe ist auf die Ausfüllung und Verstreichung von einigen durch den Frost beschädigten Theilen, beschränkt. Der so strenge Winter von 1890-1891 wirkte nur auf abwechselnd nasse und trockene Theile. Die Ausbesserungsarbeiten werden nur einmal des Jahres, und zwar im Frühling vorgenommen und die jährlichen Kosten hiefür wechseln zwischen 1,6-2,4 Pfennig per Quadratmeter. Die Betonbekleidung wurde bald nur an den Ufern, bald auch an der Sohle des *Quintino Salla* Canals (Provinz von Novara) mit Vorteil in Anwendung gebracht. Im ersteren Falle wurde der Bekleidung am Fuss 25 Centimeter und an der Krone 15 Centimeter Stärke gegeben; am Fusse stützt sich dieselbe gegen einen 55 Centimeter breiten und 40 Centimeter hohen Sockel. Auf den laufenden Meter des Canals kam 0,41 Cubikmeter Beton in Verbrauch, und die Kosten betragen per Quadratmeter 2 Mark, die des Sockels eingeschlossen.

In den Theilen wo die Sohle ebenfalls mit einer 30 Centimeter starken und 5,50 Meter breiten Schichte bekleidet wurde, kam die durchschnittliche Ausgabe für Sohle und Ufer auf 2,52 Mark per Quadratmeter.

Die jährlichen Unterhaltungskosten betragen für den Quadratmeter 64 Pfg. Um diese Kosten noch zu verringern und eine längere Dauerhaftigkeit der Arbeit zu versichern, wurde neuerdings der Beton an den Ufern mit einer Bestreichung von Cementmörtel bedeckt, deren Preis, für den Quadratmeter Vorderfläche, 48 Pfg. war.

Ebenfalls wurde, auf verschiedenen Strecken gewisser Canäle der Agro-Pisano, die Sohle mit 25 bis 30 Centimeter starken Beton hergestellt. Der Mörtel ist mit hydraulischem San-Giulianoschen Kalk bereitet und die Kosten betragen 1,84 Meter per Quadratmeter.

Die wichtigste breiteste Anwendung dieses Verfahrens kam in letzter Zeit bei dem Villoresicanal zur Vollendung und zwar zwischen dem 16^{ten} und 64^{ten} Kilometer, d. h. auf einer ungefähr 48 Kilometer langen, sehr steinig und kiesigen Strecke des Villoresicanales. In diesem Falle wurden besondere Maassregeln getroffen um den Beton gegen den Frost zu schützen. Zu diesem Zwecke wurden die Sohle und die Böschungen auf einer Dicke von 50 Centimeter unter dem schliesslichen Profil abgetragen; auf den Seiten der so vertieften und verweiterten Aufgrabung wurde eine 20 Centimeter starke Betonbekleidung angebracht und dieselbe nachher mit einer 30 Centimeter starken nach dem Umfang der Rinne angepassten Erdschichte bedeckt. Die Länge die zu bekleiden war, wurde in mehreren Strecken getheilt, die man nacheinander bekleidete. Die Form der Bekleidung war zuerst an der Hälfte des Umfanges, d. h. an einer der Böschungen und an der an sie anstossenden Hälfte der Sohle, zubereitet. Die, von dem ersten Theil des Bettes herkommende, abgetragene Erde, wurde auf den gegenüberliegenden, zweiten Theil zurückgeworfen. Der Halbformgrund wurde sorgfältig ausgeglichen, mit dem Rechen von den mehr als 5 Centimeter grossen Kieseln befreit und mit der Betonschichte bedeckt. Auf dem beendigten Beton der ersten Hälfte wurde die vorher zurückgeworfene Erde der zweiten, wie diejenige von ihrer Ausgrabung gelegt; die Betonbekleidung wurde alsdann vervollständigt und die von der Form herkommende Erde war, nach Aussuchung der grösseren Kiesel, mit der Schaufel ausgeglichen und auf dem Beton nach dem Profil der Rinne gerammt.

Die Vertheilung des Betons auf die Sohle wurde durch ein System aus drei verbundenen Latten geleitet, wovon eine auf die Sohle in der Kanalmitte und die beiden anderen senkrecht dieser gegenüber, von der Mitte bis zur Böschung gehend, gelegt wurden. Die senkrechten Seiten dieser Latten hatten eine, der Dicke des Betons gleiche Höhe. Eine vierte bewegbare Latte diente als Maassstab; dieselbe zeigte an beiden Enden einen Vorsprung, welcher frei auf den oberen Seiten der feststehenden gleichlaufenden Latten gleiten konnte und senkrecht, bis an ihren unteren Seiten hinunterging. Sie musste so, bei einem gut ausgeglichenen Formgrund, den Boden genau berühren.

Nachdem diese Bedingung erreicht war, wurde in dem feststehenden Rahmen eine, ein wenig oberhalb der oberen Ränder abgegliche Beton- schichte eingebracht. Die Uferform wurde als richtig anerkannt wenn eine, der grössten Neigung der Böschungen nach, senkrecht verschobene Latte, ihren oberen Rand in einer, durch zwei kleinen feststehenden Latten ange- gebener Ebene beständig hatte. Der Beton wurde gleichmässig mit der Schaufel vertheilt und die Schichte im nöthigen Maasse erhoben um die genaue, vorgeschriebene Stärke, nach dem Stampfen zu erhalten.

Nach diesem wurden folgende Verrichtungen getroffen :

a. Leichtes, im Fluge, mittelst einer Handramme, ausgeführtes Schlagen.

b. Zwei kräftige mit einer 0,15 dicken eisenbeschlagenen Ledersohle aus- geführte Schlagungen bis zur Aufdringung einer flüssigen Mörtelschichte von 10 Millimeter.

c. Glättung durch die Kelle mit Zusatz der nöthigen Menge von Mörtel um die Oberfläche auszugleichen; Aufsiebung von langsam bindenden Cement.

Der Beton bestand aus 0,75 Cubikmeter Kies, 0,50 Sand, und 0,20 casa- lischen Kalkbrei, welcher 125 Kilogramm Kalkschollen gleich steht. Später wurde der casalische Kalk durch Kalk aus Palazzolo ersetzt, im Maasse von 200 Kilogramm für den gleiche Menge von Sand und Kies.

Die Kalklöschung durfte von nicht mehr als 5 Tagen herrühren. Der Kies wurde auf grossen Gittern gewaschen und der recht körnige Sand kam aus den besten Bänken der Sandgrube.

Die in den Abtheilungen am Abhange des Hügels, vor der Canaleröffnung ausgeführten Bekleidungen gaben für den Quadratmeter zu folgenden Aus- gaben Anlass :

BEKLEIDUNGSSTARKE.	MIT KALK	
	AUS CASALE.	AUS PALAZZOLO.
Meter.	Mark.	Mark.
0,10	1,464	1,504
0,15	1,640	2,000
0,20	2,016	2,496

Gegenwärtig wurden bei den in der Ebene gelegenen Theilen desgleichen Canales, Betonbekleidungen ausgeführt, zu welchen geläufig casalischer Kalk und ausnahmsweise Kalk aus Palazzolo benutzt wird. Diese Deckwerke sind 0,15 Meter stark und kosten zwischen den Kilometern 16-45, 1,452 Mark; sie sind 0,10 stark und kosten zwischen den Kilometern 45-64, 1,256 Mark.

Die Steine und die Kiesel kommen zum grössten Theil von der Formausgrabung her, der Sand wird, in der Nähe vom Canal, aus 2-5 Kilometer von einander entfernten und wenigstens eine 3 Meter tiefe Blosslegungen nöthigende Sandgruben entnommen.

Die Gesellschaft des Villoresicanals machte im Juli 1891 zur Auskunft über die von dieser Bekleidungsart erhaltenen Ergebnisse, gewisse Versuche, welche sich auf die zwischen den kilometrischen Punkten 16,552 und 45,120 liegenden Abtheilungen ausstreckten. Die Sohle war damals vollständig bedeckt, die Böschungen waren es jedoch nur auf einer Länge von 3918 Meter.

Die Wasserverluste welche in dieser Abtheilung mit der unbedeckten Rinne von 55 Procent waren, betrug während der Versuche, für einen 32,93 Kubikmeter betragenden am Kilometer 16,552 gemessenen Abfluss 6,95 per Sekunde; folglich sind sie auf 21,10 Procent verringert. Da der Gehalt der Wassermenge der im Betracht genommenen Abtheilung von 785 534 Kubikmeter war, ist der Verlust für 1000 Kubikmeter dieser Menge in der Sekunde von $\frac{6,95 \times 1000}{785\ 534}$ also 8,87 Liter. Dieser Zustand wird durch die vollständige Bekleidung der Böschungen noch sehr verbessert werden.

Vergleichung zwischen der Pflaster- und der Betonbekleidung. — Der Vorzug welcher, den Fällen nach, der Mörterpflasterung oder dem Beton gegeben wird, hängt besonders von der Art der Materialen (Gerölle, Sand und Kies) welche in der Nähe des Bauplatzes gefunden werden, ab. Die Ingenieure kommen jedoch überein zu erkennen dass die Mörtelpflasterungsbekleidung in den Canälen welche gewöhnlich im Winter trocken gelegt werden, vorgezogen sein soll, als der Wirkung des Frostes wenig unterworfen. Die Unterhaltung dieser Pflasterung besteht allein aus der oberflächlichen Ausfüngung; im Gegentheil kann der Beton bis auf eine grössere Tiefe beschädigt werden und die Reparatur wird dann sehr kostspielig.

Dagegen ist der Beton unvergleichlich weniger durchlässig als die Pflasterung; er kann ausserdem durch eine Erdbekleidung wie jene bei dem Villoresicanals, gegen den Frost und den zufälligen Beschädigungen, geschützt werden. Es gehört sich endlich bei der Wahl des Verfahrens, auf die Beschaffenheit des Wassers welches der Kanal verbrauchen soll, Rücksicht zu nehmen. Wenn es Wahrheit ist, wie es gewisse, in letzter Zeit gemachten Untersuchungen aufzustellen scheinen, dass sehr klare aber leicht alkalische Wasser mit der Zeit die selbst im höchsten Grade hydraulischen Mörtel angreifen und sie zum Verluste aller Zusammenhängigkeit führen, so soll, wenn die Speisung mit Wasser von solcher Beschaffenheit gemacht ist, den Pflasterungen der Vorzug gegeben werden.

Mauerbekleidung. — Nun bleibt uns noch übrig von den Mauerwerken, sei es aus Trockensteinen mit Mörtelausfüngung, oder sei es aus Mörtelmauerung, zu sprechen. Wichtige Anwendungen dieser Art können bei den

schiffbaren lombardischen und bei verschiedenen anderen Canälen von schnellem Ablauf und verhältnissmässig alter Erbauung, bemerkt werden.

So ist der grosse schiffbare Mailandcanal, auf eine Strecke von 40 Kilometer und jener von Bereguardo auf 14 Kilometer, bald mit Mauern aus Gerölle und zwischenliegenden Granitplatten, bald mit Bruchsteinmauern, gleichartig bekleidet. Die Böschungen des schiffbaren Paviacanals sind auf 49 Kilometer von bald senkrechte, bald schiefe Mauern aus Ziegel und Mörtel, eingefasst. Auf die anderen Theile des Canals, sind die Deckwerke mit Trockenmauern aus Gerölle oder gewinkelten und ausgefügten Poudingblöcken ausgeführt. Der schiffbare Padernocanal und der Martesanacanal sind auf 49 Kilometer von Mörtelmauern mit senkrechten Seiten bedeckt, der erstere auf 3718 Meter, der zweite auf circa 25 Kilometer.

Mauerbekleidungen werden ebenfalls bei mehreren schiffbaren Canälen der Provinz Padua, bei gewissen Strecken des schiffbaren Canäle von Modena und Bologna, wie auch bei einer grossen Anzahl der von der Dora Baltea, der Riparia und des Sangone, abgeleiteten Canälen des Piemonts gemacht. Die so bekleideten Abtheilungen messen für den Canal von Ivree allein 20 Kilometer und für die Gesammtheit der anderen piemontischen Canälen, 25 Kilometer.

Alle diese Arbeiten stammen schon von langer Zeit her und die Data fehlen um sie zu schätzen. Im Gegentheil hat man genaue Auskunft über den Preis von neueren Bauarbeiten.

Bei dem des Cavourcanals abgeführten Depretiscanal wurden in der oberen Strecke auf einer Länge von 2800 Meter, Bekleidungen aus Ziegelmauerwerk mit hydraulischem Mörtel ausgeführt. Die Herstellungskosten betragen für den Cubikmeter der Böschungen 17,60 Mark und 20 Mark für die Sohle, auf welcher das Mauerwerk heringsgrätenartig eingerichtet worden ist. Bei dem Ivreecanal werden, gegenwärtig verschiedene Theile der Böschungsmauern erneuert. Die frisch hergestellten Mauern bestehen aus Füllmauerwerk mittelst hydraulischem Mörtel, sie sind 60 Centimeter stark und der Cubikmeter kommt auf 7,28 Mark, also circa 3,20-4 Mark per Quadratmeter, je nachdem die Stärke 40 oder 50 Centimeter beträgt.

Die Unterhaltung dieser Bekleidung ist beinahe immer ohne Wichtigkeit und beschränkt sich auf die Fugenausfüllung durch Mörtel, die jährlichen Ausgaben für den Quadratmeter übersteigen nicht 6,4 oder 8 Pfg.

Bei einigen schiffbaren Canälen vom Agro Pisano, sind die Ufer durch Trockensteindeckwerk mit Mörtelausfüllung an der Vorderseite, oder durch Bruchstein-Mauerwerk geschützt. Ersteres ist 40 Centimeter stark und stützt sich an 2/1 fache Böschungen. Die äusseren Stufen sind sorgfältig durch Mörtelwerfung ausgefüllt und verstopft. Der Quadratmeter kostet ungefähr 2 Mark : die Mörtelmauern sind gewöhnlich an der Krone 40 Centimeter stark mit senkrechten Seiten gegen die Erde und mit Verjüngung von 1/6 an der Aussenseite. Ihre Herstellungskosten für den Quadratmeter wechseln zwischen 3,44 und 4 Mark; die Unterhaltung besteht aus einer, höchst-

tens alle 5-6 Jahre gemachten, oberflächlichen Ausfügung, von welcher der Quadratmeter 40 Pfg. kostet. Soll der Zusammenfügung eine Fugenausfüllung durch Mörtelwerfung vorangehen, so steigt der Preis auf 80 Pfg.

Diese Bekleidungen mittelst Trocken- oder Mörtelmauern, haben den Vortheil das Canalprofil genau festzustellen, die häufigen Abgrenzungen der Ufer und die Eingriffe der Uferbewohner zu verhüten, dem Leinpfad eine gute Unterlage zu verschaffen, doch wegen den hohen Herstellungskosten müssen sich die Anwendungen auf die Gegenden in denen die Materialien und der Handwerkslohn billig sind, beschränken.

SCHLUSS

Im Ganzen genommen, wenn wir, die wenig wichtigen oder wenig empfehlenswerthen Verfahren bei Seite lassen, können wir sagen, dass heute mit Erfolg, vier Hauptverfahren in Italien gebraucht werden, um das Bett der offenen Canälen wasserdicht zu machen.

1. *Wasserdichtung durch trübes Wasser.* — Der in diesen Wasser schwimmende Schlamm, setzt sich allmählig auf die Sohle und die Böschungen nieder und verstopft nach und nach die Lücken des Bodens durch welche die Sickerungen anfangs stattfanden. Dieses Verfahren ist wirksam, wenn die Speisungswasser in grosser Menge und reich an Schlamm sind. Erst nach drei oder vier Jahren ist ihre Wirkung vollkommen, doch ist dieselbe sicher, dauerhaft und durch wenig Kosten erhaltbar. Es wurden davon zahlreiche Anwendungen in Italien gemacht.

2. *Mörtelpflasterungsbekleidungen.* — Dieselben sind zu empfehlen wenn die Rinne, im Winter trocken gelegt wird und dem Froste ausgesetzt wird. Sie sind häufig und mit Erfolg gebraucht und die Kosten des Quadratmeter wechseln zwischen 64 Pfg. und 2 Mark.

3. *Betonbekleidungen.* — Dieselben sind solchen Canälen welche, selbst im Winter gespeist sind, eigen und können überhaupt durch die Aufschichtung einer Erdschichte gegen den Frost geschützt werden. Sie ist undurchlässiger als die Pflasterung. Ihr Herstellungspreis, verhältnissmässig hoch, wechselt für den Quadratmeter zwischen 1,28 und 2,40 Mark für die zwischen 10-30 Centimeter einverständene Betonstärke; die Unterhaltungskosten sind jedoch unbedeutend und von diesem Bekleidungsverfahren wird oft in unserer Zeit Gebrauch gemacht.

4. *Mauerbekleidungen.* — Dieses Verfahren wird bei älteren, durch klare Wasser gespeisten Canälen von schnellem Ablauf angewandt, wie solches bei

den ältesten schiffbaren Canälen der Lombardei und der Emilia, der Fall ist. Die Erfolge sind ausgezeichnet, jedoch wechselt der sehr hohe Preis für den Quadratmeter zwischen 3,60 und 4,40 Mark. Diese Schutzart kann zur Zeit nur bei einigen seltenen Fällen empfohlen werden und zwar da wo die Pflasterbekleidung nicht angewandt werden kann oder noch wenn man sich vorsetzt die Böschungen in einem einfallenden Boden zu stützen und sie wasserdicht zu machen.

Rom, Januar 1892.

(Von Herrn FÉRET übersetzt, Paris.)

24881. — PARIS. IMPRIMERIE LAHURE
9, rue de Fleurus.

