

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt

4. Frage

KANÄLE FÜR GEMISCHTEN BETRIEB

DIE

gleichzeitig der Schifffahrt und der Landwirtschaft

DIENEN KÖNNEN

BERICHT

VON

V. TOUKHOLKA

Ingénieur des Voies de Communication

EINLEITUNG

von **V. E. von TIMONOFF**, General Sekretär des Kongresses

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

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

169, rue de Flandre, 169



II-354431

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000317135

VORWORT

Der Gedanke, in das Programm der Internationalen Schiffahrtkongresse die Fragen betreffend Bewässerung aufzunehmen, rührt von Herrn N. Ghercévanoff her.

Auf den früheren Kongressen, und besonders auf dem der im Jahre 1905 in Italien, diesem klassischen Lande der Bewässerung, zusammentrat, hat Herr Ghercévanoff versucht seine innerste Ueberzeugung auch seinen Kollegen zu Eigen zu machen, nämlich dass die Vergrösserung des Programms der Internationalen Schiffahrtkongresse in diesem Sinne die bestmögliche Wirkung gerade auf die Interessen der Schiffahrt selbst ausüben würde.

Als Herr Ghercévanoff an die Spitze des Schiffahrtkongresses in St. Petersburg gestellt wurde, hat er es für gut befunden, die praktische Lösung dieses Problems zu suchen, und glücklicher Weise deckte sich sein Bestreben mit den Bemühungen, die von dem französischen Landwirtschaftsminister auf demselben Gebiete gemacht waren.

Da der ständige Ausschuss des Schiffahrtkongresses die Vorschläge, die ihm von dem Komitee zur Vorbereitung des Kongresses in St. Petersburg gemacht waren, billigte, so wurde das Programm des 11. Schiffahrtkongresses um zwei Punkte vermehrt, betreffend den landwirtschaftlichen Wasserbau, nämlich : 1. gemischte Kanäle, und 2. Bewässerungen.

Herr Ghercévanoff selbst hat den ersten dieser beiden Punkte behandeln wollen als Berichterstatter für Russland, und infolge dessen wurde sein Name in die Liste der Berichterstatter eingetragen, die in N° 1/2 des *Bulletin du XI^e Congrès* veröffentlicht wurde, das in russischer Sprache in St. Petersburg erscheint, und ferner in den Bericht des Bureaus der ständigen Kommission, der der Plenarsitzung dieser Kommission, in Brüssel, am 6. Mai 1907 vorgelegt wurde.

Da die Gesundheit des Herrn Ghercévanoff im Frühjahr 1907 sehr angegriffen war, glaubte er auf meinen Vorschlag, sich mit Herrn V. Toukholka ins Einvernehmen setzen zu müssen für die vorbereitenden Studien seines Berichtes über die gemischten Kanäle, einem Bericht, in dem Herr Ghercévanoff die Frage der engen Beziehungen zwischen der Schifffahrt und der Bewässerung behandeln wollte, indem er ausführte welche Grundbedingungen den Ingenieur bei der Erbauung derjenigen Kanäle leiten müssen, die sowohl dem Transport, als auch dem Ackerbau dienen sollen.

Indessen machte die Krankheit, an der Herr Ghercévanoff litt, reissende Fortschritte, und am 16/29 Mai 1907 entriss der Tod dem Komitee zur Vorbereitung des 11. Schifffahrtskongresses seinen Präsidenten.

Die Gesichtspunkte, die er mit Hilfe der Studien seines Mitarbeiters behandeln wollte, waren noch nicht geordnet.

Die Anschauungen des Herrn Ghercévanoff über die Bewässerungskanäle, die in Russland geschaffen werden sollen, für welche die Grundgedanken in dem Berichte des Herrn Toukholka die Anhaltspunkte geben sollten, sind uns gleicher Weise durch das Geschick entrissen.

V.-E. DE TIMONOFF,

Generalsekretär des XI. Internationalen
Schifffahrtskongresses.

GEMISCHTE KANÄLE

DIE

zugleich der Schifffahrt und Landwirtschaft dienen sollen

BERICHT

Herr de Bovet, ein französischer Ingenieur, drückt in seinem Bericht, den er in der Oktobernummer 1905 des *Bulletin de la Société des ingénieurs civils* über den 10. Internationalen Schifffahrtskongress (Mailand, September 1905) veröffentlichte, folgende Ideen aus, die sicher viele der Ingenieure teilen, die Norditalien im Jahre 1905 besucht haben :

Ich nehme an, dass viele Kongressteilnehmer bei ihrer Durchfahrt die Kanäle dieses Teiles der Lombardei bemerken mussten; da sie sehr alt sind, und bereits zu einer Zeit angelegt, wo die Binnenschifffahrt einen Ersatz für die Unzulänglichkeit der Strassen durch Anlagen bieten konnte, die ihr heute nicht mehr gestatten, einen Vergleich mit den Eisenbahnen auszuhalten, so sind sie von geringen Abmessungen und mit kleinem Wassergehalt. Da sie wenig mit dem übrigen Teile des Landes in Verbindung stehen, so lange der Po nicht hierzu ausgebaut ist, so gestatten sie gegenwärtig nur einen unbedeutenden Handel. Das Wasser ist jedoch reichlich, und so sind sie interessant, da sie im allgemeinen von dem Typus sind, den man « gemischter Kanal » genannt hat, wo das Wasser mit einer Geschwindigkeit fließt, die einerseits gering genug ist, um kein Hindernis für die Schifffahrt zu bieten, andererseits aber ausreichend, um eine nennenswerte Durchflussmenge aufzuweisen, und sich zu gleicher Zeit wie zum Schiffsverkehr sowohl zur Bewässerung, als auch neben jeder Schleuse zur Anlage eines Werkes eignet, das das Gefälle eben dieser Schleuse ausnutzt. Sicherlich sind

solche Kanäle nicht überall ausführbar ; sie sind es an gewissen Orten, und ich verstehe schlecht die systematische Missgunst, mit der sie bei uns verfolgt werden.

Wir teilen gänzlich die Meinung des Herrn de Bovet was den Wert der Kanäle des erwähnten Typus anbetrifft, und werden in dem vorliegenden Bericht versuchen, einige Aufschlüsse über die schiffbaren Bewässerungskanäle in den verschiedenen Ländern zu geben und die Grundsätze für Anlagen dieser Art aufzustellen.

Eine ganze Reihe dieser sogenannten gemischten oder schiffbaren Bewässerungskanäle ist bereits schon jetzt in verschiedenen Teilen der Welt vorhanden.

Es ist auch bekannt, dass gewisse Kanäle, die man zuerst ausschliesslich zum Zwecke der Bewässerung anlegte, inzwischen für die Schifffahrt ausgebaut wurden, so zum Beispiel : der Kanal *Naviglio Grande* in der Lombardei, wie auch die indischen Kanäle Djoumna östlich und westlich, ferner die des Systems Covery, u. s. w.

Man kann sagen, dass der Gedanke dieser Verbindung der zwei Ziele — Bewässerung und Schifffahrt — sehr verführerisch ist wegen der vielfachen Vorzüge, den diese Kanäle, wenn sie einmal tatsächlich ausgeführt sind, bieten.

Das von einem Kanal dieser Art geführte Wasser dient nicht nur der Bewässerung des Bodens, sondern auch der Schifffahrt, und ferner industriellen Anlagen. Wie wir später sehen werden, erreicht man letzteren Vorteil gewöhnlich dadurch, dass man bei den Schleusen Wassermotore aufstellt, die Mühlen oder andere industrielle Anlagen betreiben, und das Wasser nach Verrichtung dieser Arbeit wieder in den Kanal zurückleitet.

Selbst ein Bewässerungskanal, der verhältnismässig ebenso unbedeutend wegen seiner Durchflussmenge ist wie der von Pavia (in der Lombardei), der nur eine Durchflussmenge von ungefähr 7 cbm hat, selbst er arbeitet erfolgreich in den drei erwähnten Zweigen der Industrie, während eine Anzahl Flüsse mit einer weit höheren Durchflussmenge selbst nicht einmal für die Schifffahrt brauchbar sind, da sie keine ausgeglichene und regulierte Tiefe haben.

Die Kanäle der erwähnten Art haben eine grössere Entwicklung in Italien, Indien und Egypten genommen.

Gemischte Kanäle in Italien.

Die ersten Bewässerungs- und Schiffahrtskanäle, die in Italien gebaut wurden, reichen bis ins Mittelalter zurück. ; der schon erwähnte *Naviglio Grande*, in der Lombardei, wurde im 12. Jahrhundert eröffnet. Der Kanal geht vom Tessin aus und endigt in Mailand. Seine Länge beträgt 50 km, die Breite des Bettes schwankt stufenweise zwischen 12 bis 50 m (bei seiner Mündung), die Durchflussmenge beträgt 47,300 cbm bei einer kleinsten Tiefe von 1,10 m und einer grössten von 4 m. Der Fall wechselt stufenweise und nimmt nach dem Ende des Kanals zu ab ; das Mittel auf der ganzen Strecke beträgt 0,68 m auf 1 km. Unter diesen Bedingungen erreicht die Geschwindigkeit an gewissen Stellen 5 bis 6 Fuss in der Sekunde, was übermässig schnell für die Schiffahrt ist. Die Abmessungen der Boote, die ihn befahren, betragen 4,75 m in der Breite bei 0,75 m Tiefgang.

Der *Kanal Ivrea* (in Piemont), der die beiden Flüsse *Dora-Baltea* und *Sesia* (Nebenflüsse des Po) verbindet, wurde in der Mitte des 15. Jahrhunderts eröffnet.

Der Kanal Ivrea hat eine Länge von 72,20 km, eine Breite von 8,60 m und eine Durchflussmenge von nahezu 17 cbm in der Sekunde.

In Anbetracht der grossen Menge Schlamm, den das Wasser des Flusses Dora führt, zeichnet sich sein Fall durch sehr beträchtliche Grösse aus, da er von 0,80 bis zu 1 m pro Kilometer beträgt.

Ohne in Folge dieser Gründe eine wirkliche Schiffahrt aufzuweisen, dient doch der Kanal seit langem bis heute dem Verkehr von Booten kleinerer Abmessung, die hauptsächlich Salz befördern.

Die beiden fraglichen Kanäle haben noch keine Schleusen ; letztere wurden im 15. Jahrhundert von dem berühmten Leonardo da Vinci erfunden, und seither von ihm, wie von vielen anderen Konstrukteuren bei vielen anderen Systemen von Bewässerung und Schiffahrt angewandt.

Für das 15. Jahrhundert ist der Kanal Martesana erwähnenswert ; er geht von einem Nebenflusse des Po, der Adda, aus, und erreicht durch 5 Kammerschleusen, den Binnenkanal, der

Mailand umfließt, der auch mit dem schon erwähnten *Naviglio Grande* in Verbindung steht. So stellten die beiden Kanäle *Martesana* und *Naviglio Grande*, die einander folgten, eine Wasserstrasse von 95 km Länge her, die eine Verbindung der Flussbetten des Tessin und der Adda über Mailand herstellte.

Die Breite dieses Kanals beträgt 12 m, die Durchflussmenge 25,700 cbm. Der Fall des Kanals ist ziemlich beträchtlich, nämlich 0,36 bis 0,58 m pro Kilometer. Ausser den 5 erwähnten Schleusen ist noch eine gemeinsam mit dem städtischen Kanal vorhanden; die Abmessungen der Schleusen wechseln: für ein Gefälle von 0,75 bis 1,82 m eine Kammerlänge von 31,50 bis 44,60 m und eine Kammerbreite von 5,45 bis 7 m.

Unter den ältesten Anlagen befindet sich auch der Kanal *Beregardo*, der im 15. Jahrhundert angelegt wurde; er geht von dem bereits erwähnten *Naviglio Grande* aus, von dem er 4,6 cbm Wasser empfängt; seine Länge beträgt von der Mündung bis nach *Beregardo* 17,85 km, die Breite des Bettes 10 m.

Dank der Anlage von 11 Schleusen hat der Kanal im Vergleich mit den bereits oben erwähnten, einen sehr geringen Fall, nämlich 0,17 m auf 1 km bei einer Wassertiefe von 1,20 bis 1,80 m.

In Anbetracht der äusserst beschränkten Wassermenge, die der Kanal erhält, ist man im Sommer notwendiger Weise gezwungen, um die Schifffahrt aufrecht zu erhalten, den Verbrauch an Wasser für die Berieselung dadurch zu regeln, dass man die Mündung der Bewässerungsgräben in den Kanal bis zur Durchfahrt der Boote schliesst, die aus diesem Grunde zugewei verkehren.

Nach der Durchfahrt des Zuges durch die Schleuse werden alle Bewässerungsmündungen stromaufwärts wieder geöffnet, während die stromab vor dem Schiffszuge geschlossen sind.

Unter den neueren Anlagen für Schifffahrt und Bewässerung in Italien befindet sich der Kanal von Pavia. Ausser der Nützlichkeit des Kanals für die Bewässerung, stellt er auch noch eine der Hauptverkehrsadern in Betreff der Schifffahrt dar, da er den oberen Lauf des Tessin mit dem Po über Mailand verbindet. Feierlich am 17. September 1819 eingeweiht, ist dieser Kanal in jeder Beziehung den älteren bereits beschriebenen Systemen überlegen.

Eine kurze Beschreibung möge hier folgen.

Der Kanal von Pavia, der Mailand mit Pavia verbindet, das am Tessin nahe seinem Zusammenfluss mit dem Po liegt, geht vom Kanal *Naviglio Grande* aus, von dem er 6 bis 9 cbm Wasser in der Sekunde erhält je nach der Jahreszeit.

Die ganze Länge des Kanals beträgt 33,33 km. In dieser Ausdehnung befinden sich 12 Schleusen, die den Kanal in ebenso viele Abschnitte (Wassergänge) teilen ohne den kleinen Binnenhafen am Ende des Kanals. Die Breite des Bettes beträgt 10,80 m.

Nahe bei Pavia, wo eine Anhäufung von Lastschiffen stattfindet, verbreitert sich der Kanal auf 20 m, und geht dann in seinem Laufe allmählich in einen Hafen von 65 m Breite über.

Die Wassertiefe in dem Kanal wechselt von 1,20 m bis 1,65 m je nach der Menge des in den Kanal eingeströmten Wassers.

Nach den letzten Projekten des Kanals zu urteilen, hatte man daran gedacht, ihm einen Fall von 0,21 m pro Kilometer auf der ersten Hälfte der Mailänder Wasserstrasse, und von 0,12 m pro Kilometer für den übrigen Teil des Laufes zu geben, was einer Geschwindigkeit von 0,44 m und 0,16 m pro Sekunde an der Oberfläche entsprechen sollte. Indessen fand man, dass der Fall weit höher war, vor allem in den ersten Abschnitten. So beträgt zum Beispiel die von Mailand bis Conchetta im Allgemeinen beobachtete Geschwindigkeit 0,60 m oder 2 Fuss pro Sekunde.

So bewertet man nach den offiziellen Angaben den Fall des ganzen Kanals auf 56,61 m, und wenn man davon die 43,01 m abzieht, die durch die Schleusen verloren gehen, so muss man für die ganze Länge des Kanals von 33,33 km einen Fall von 13,60 m annehmen oder 0,41 m pro Kilometer.

Die 12 Schleusen, die für die Durchfahrt der Schiffe in dem Kanal angelegt sind, haben folgende Abmessungen :

Die Länge schwankt zwischen 49,50 und 66,80 m, die Breite zwischen 5,06 und 5,40 m, und der Fall zwischen 1,86 und 4,80 m.

Gewisse Schleusen sind paarweise vereinigt, und dies bewirkt, dass jede nur drei Paar Tore hat, anstatt vier Paar.

Neben den Schleusen (siehe Plan I, Fig. 1, 2, 3 und 4), von ihnen durch ihre eigenen Seitenwände getrennt, ist ein Kanal in Stein erbaut, und dient dazu, das für die Bewässerung not-

wendige Wasser vollkommen unabhängig von den Kammer-schleusen durchzulassen. Dieser Kanal, welcher einen Durch-lass für das Wasser vom höheren Teil des Laufes zum tieferen bildet, wird mit Hilfe von Schützen geschlossen, zwecks Regu-lierung des Wasserzuflusses und der Veränderungen im Niveau der höheren Abschnitte des Kanals. Das Füllen und die Ent-leerung der Schleusen-kammer geschieht durch Stichkanäle, die die Kammer mit dem Kanal verbinden, der ihr parallel läuft und bereits oben erwähnt ist.

Bei allen diesen Bauten, die einen Fall des Wassers auf-weisen, sind Mühlen angelegt, deren Pacht eine Einnahme des Fiskus darstellt. Die Fahrzeuge, die auf diesem System ver-kehren, müssen folgende feste Abmessungen haben : sie dürfen 32 m in der Länge, 4 m. in der Breite, 0,75 m Tiefgang und 1,20 m über Wasser nicht überschreiten. Diese Abmessungen sind bedingt durch die Grösse der Kammern, die Höhe der Brücken und den Wasserstand im Kanal.

Wegen gewisser Mängel des Kanals, als da sind ein beträcht-licher Verlust an Wasser durch Einsickern, als auch durch grosse Veränderungen des Kanalbettes in Folge eines starken Pflanzenwuchses unter Wasser, hält sich die Bewässerung durch diesen Kanal in kleinen Grenzen ; sie überschreitet nicht 3,600 ha im Sommer.

Gemische Kanäle in Indien.

Wir wollen jetzt zur Beschreibung der Bewässerungssysteme Indiens übergehen, der grossartigsten der Welt.

Das Fehlen ausreichender Niederschläge, und ihr verspätetes Eintreten, zwang die Bewohner Indiens schon im Altertum zur künstlichen Bewässerung der Felder. 300 Jahre vor Christus findet man schon Beschreibungen Indiens, in denen von einem wohl entwickelten Bewässerungssystem des Landes berichtet wird.

Der spezielle Bau von Bewässerungsanlagen wurde in den folgenden Zeitabschnitten, zum Beispiel im 16. und 17. Jahr-hundert fortgesetzt, aber zu Beginn des letzten Jahrhunderts befand sich der grössere Teil dieser Bauten in einem halb ver-fallenen Zustande, und erst von den Jahren 1820 an beschäftigte

sich die englische Regierung angelegentlich mit der Wichtigkeit der Bewässerung und verausgabte von da ab beträchtliche Gelder für ihre Entwicklung.

Dank diesen Anstrengungen ist Indien gegenwärtig von einer Menge von Bewässerungskanälen durchzogen, die zu den Systemen folgender Flüsse gehören : Ganges, Indus, Djoumna, Godavery, Kistnah, Covery und andere, wobei die Länge der Hauptläufe allein 33,000 km beträgt. Die Fläche der Ländereien, die tatsächlich von diesen Kanälen bewässert werden, beträgt fast 3 Millionen ha.

Unter den Kanälen, die in den eben erwähnten Systemen einbegriffen sind, befindet sich eine sehr grosse Zahl von Bewässerungs- und Schiffahrtskanälen.

Die hauptsächlichsten sind :

Oberer Ganges, unterer Ganges, westl. Djoumna, wie einige der Kanäle, die zu den Systemen Agra und der Flüsse Son, Godavery, Govey und Kistnah gehören.

Die hier folgende Tabelle gibt die Grundzahlen, die gewisse dieser Systeme charakterisieren :

	Grösste Durchflussmenge in cbm	Grösste Breite in m.	Tiefe in m.	Mittleres Gefälle	Böschung	Geschwindigkeit
Oberer Ganges .	191.46	42.70	3.05	0.00023	3 : 2	2 bis 3 Fuss in der Sekunde
Unterer Ganges .	143.93	65.73	2.53	0.00009	3 : 2	
Sirind	108.10	22.90	1.83	0.00021	1 : 1	
Agra	42.50	21.30	3.05	0.00009	1 : 1	
Son	167.70	54.76	2.75	0.00009	3 : 2	

Um sich einen Begriff von dem Bau der Schiffahrt- und Bewässerungskanäle in Indien zu machen, mögen hier ganz ausführliche Angaben über einen der wichtigsten Kanäle, und besonders den oberen Ganges folgen :

Dieser Kanal wurde erbaut von einem der besten Wasserbauer Indiens, Sir Proby Cautley, in den Jahren 1848-1855. Bei der grossen Revolution von 1857 zerstörten die Aufständischen gewisse Teile, aber alles wurde um das Jahr 1866 ausgebessert.

Der Kanal Oberer Ganges fängt bei dem Flecken Hourdvar an, wo man einen Damm angeschüttet hat, eine Hauptregulierungsanlage in dem Arme Maypoor, und eine ganze Reihe von Anlagen, um das Wasser des Ganges nach seinem Arm, der durch den Damm geschlossen ist, hinzulenken.

In einer Entfernung von 289 km vom Regulierungswerk teilt sich der Kanal in zwei Arme, von denen der eine in den Ganges nahe dem Flecken Gawnpoor mündet, nachdem er eine Entfernung von 272,5 km zurückgelegt hat, der andere wendet sich nach dem Nebenfluss des Ganges, der Djoumna, und hat eine Länge von 289,5 km, sodass die Länge der Hauptkanäle 851 km beträgt.

Die Durchflussmenge an der Mündung des Kanals bei Maypoor beträgt ungefähr 190 cbm in der Sekunde, in dem Schnitt des genannten Kanals auf Blatt II, Fig. 1.

Dieser Schnitt wechselt stufenweise wegen der Abnahme der Wassermenge im Kanal, und bei der Gabelung des Kanals bei dem Nanoon, reduziert er sich auf die in Blatt II, Fig. 2 angegebenen Grössen.

Die Durchflussmenge in diesem Schnitt beträgt ungefähr 90 cbm, und hiervon die Hälfte für jeden Arm, den des Ganges und den der Djoumna.

Der Schnitt der Arme wechselt dann von Fig. 3, Blatt II, zu Beginn der Linie bis Fig. 4, Blatt II zu Ende der Linie.

Die Wassermenge, die von den Kanälen zu den Flüssen Ganges und Djoumna wieder zurückfliesst, beträgt ungefähr 5 cbm für jeden Arm. Das Längsprofil des Kanals stellt eine Treppe mit einer grossen Anzahl Stufen dar von einer Höhe von 1 m im Mittel, versehen mit Wasserläufen, die zu beiden Seiten von dem Hauptlaufe abfallen. Der Fall des Kanals, der am Anfang wegen des festen und widerstandsfähigen Bettes ein wenig schneller ist, wird bald (bei km 35) nahezu gleichmässig für den ganzen übrigen Teil des Laufes, und beträgt 0,23 m pro Kilometer oder 0,00023.

Es ist erwähnenswert, dass die Geschwindigkeit, als man den Kanal projektierte, nach der Formel von Dubois berechnet wurde, von der man jedoch fand, dass sie auf einen Kanal von solchen Abmessungen nicht angewandt werden kann, in Anbetracht des Umstandes, dass die so errechnete Geschwindigkeit weit hinter der tatsächlichen zurückbleibt. Auch begann nach der Eröffnung des Kanals das Wasser stark das Kanalbett aus-

zuhöhlen, was einen schädlichen Einfluss auf die vorhandenen Anlagen ausübte, besonders auf die Gefälle im Kanal.

Diese Mängel wurden in der Folge (in den Jahren 1870) ausgebessert, besonders durch das Höherlegen des Niveaus vor den Gefällen und durch die Aenderung der Bauart der Gefälle selbst. Letztere hatten zu Anfang ein Profil, das auf Blatt II, Fig. 5 angegeben ist, mit einer Höhe von ungefähr 1 m.

Obwohl es jetzt keine Stösse mehr gab, so entwickelte sich doch in Folge der grossen Geschwindigkeit eine starke Reibung des Wassers gegen den Grund und letzterer nutzte sich schnell ab; ausserdem bildete sich am Fusse eine rückflutende Welle, die den untern Theil des Vorsprunges und die Böschungen beschädigte.

Die Ausbesserung dieser Mängel war so teuer, dass man sich entschied, die Art der Gefälle zu ändern.

Nach einer Reihe von Versuchen, die in der Anlage der Seitenwände A, B und D (punktiert angegeben) bestanden, und die von geringem Erfolge begleitet waren, erkannte man, dass es besser wäre, den Typus der seitlichen Vorsprünge fast vertikal einzuführen, unter denen eine kleine Senkung im Grunde angeordnet ist, was man ein Wasserpolster nennt, und das die Schläge des herabfallenden Wassers auffängt.

Es ist noch bemerkenswert, dass in den sonstigen Konstruktionen man sich vorzugsweise dieser Bauart bediente, die gute Resultate ergab, was durch die Beständigkeit gegen die Tätigkeit des Wassers über der Sohle wie der Böschungen des unteren Theiles festgestellt wurde.

Die Totalansicht dieser Anlage ist auf Blatt II, Fig. 6, angegeben.

Um den zum Fall geneigten Teil oberhalb der Beschädigung zu halten, die durch die Verengerung des Wasserstrahles und die erhöhte Geschwindigkeit des Laufes bedingt ist, was sich auf eine beträchtliche Strecke den Kanal aufwärts bemerkbar macht, um ferner die Geschwindigkeit des Wassers, das in den Einschnitten unmittelbar auf den Rand der Vorsprünge heranzfliesst, herabzumindern, stellte man horizontale Balken auf.

Die Zahl dieser Balken wechselte je nach der Durchflussmenge des Wassers. Zu demselben Zweck, als auch um die zerstörende Tätigkeit des herabfallenden Wassers herabzumindern, indem man es in mehrere dünne Strahlen teilte, stellte auch über den Sprudeln Gitterwerke auf, die nicht vertikal

waren, sondern die gegen das Wasserpolster in einem dem Laufe entgegengesetzten Sinne geneigt waren.

Unter den anderen künstlichen Anlagen, die an dem Kanal « Oberer Ganges » ausgeführt wurden, sind die Kreuzungen dieses Kanals mit den Strömen und Flüssen interessant, die ihm auf seinem Laufe zuströmen.

Diese Unterbrechungen sind sehr verschiedenartig durch ihre Bauart und ihre Abmessungen ; zum Beispiel : der Ranipoor (9 km vom Beginn des Kanals) kreuzt den Kanal über seinem Niveau in einem Aquädukt mit einer Oeffnung von 61 m.

Der Puttri (15 km) wird auch über den Kanal durch ein Aquädukt von 91,50 m Breite geleitet.

Der Rutnoo (21 km) kreuzt den Kanal in gleicher Höhe und hat eine Einflussöffnung (inlet) und eine Ausflussbreite (outlet) von 244 m.

Bei Kilometer 21 vom Anfang kreuzt der Kanal « Oberer Ganges » den Solani in einem Aquädukt, dessen Länge 284,26 m, dessen Erhebung über den Wasserspiegel 7,32 m und dessen Breite 50 m beträgt.

Der Ausbau des Kanals « Oberer Ganges » ist dadurch geschehen, dass man Schleusen anlegte, mit denen man die erwähnten Gefälle umgeht.

Da in dem Kanal des Systems « Oestliche Djounna » die bei den Gefällen angelegten Schleusen so starke Bedenken seitens der Schiffsbesitzer erregten, dass viele sich nicht entschliessen konnten, den Kanal zu benutzen, entschied man sich, bei dem Kanal Ganges, speziell um dort Schleusen einzubauen, Nebkanäle von kleinem Querschnitt anzulegen, um die Gefälle zu umgehen.

Man beachtete bei diesen Bauten folgende Bedingungen :

1. Der Nebkanal mit Schleuse muss vom Hauptkanal in einer genügend weiten Entfernung angelegt werden, damit eine Störung durch zu grosse Nähe vermieden wird.

2. Der Ausgangspunkt des Nebkanals muss möglichst in einer solchen Entfernung von dem Gefälle angelegt werden, dass er ausserhalb des Einflussbereiches des Gefälles auf den ruhigen Fortgang des Schiffes liegt.

3. Der Anfang des Nebkanals muss gegen Verfall gesichert und unter Beobachtung aller Bequemlichkeiten bei der Einfahrt des Bootes in den Kanal angelegt werden.

4. Das aus der Kammer der geleerten Schleuse fließende Wasser muss für den Betrieb der Mühlen verwendet werden.

5. Bei den Schleusen müssen, soweit als möglich, alle notwendigen Bauten vereint sein, sowohl diejenigen, die dazu bestimmt sind, die Wasserläufe, die den Kanal kreuzen, aufzunehmen, als auch diejenigen, die das Wasser zum Zwecke der Bewässerung auf die Felder leiten.

Die Breite der Nebenkanäle und die Abmessungen der Schleusen wurden gemäss den Abmessungen der Flösse und der Boote festgesetzt, die man auf dem Ganges hauptsächlich zum Transport von Holzmaterialien verkehren lässt.

Es genügt den Nebenkanal, der in dem Tale des Ganges, ein wenig stromaufwärts von der Stadt Roorkee gelegen ist, und einen von denen, die ein wenig stromabwärts von der Stadt Roorkee liegen, zu beschreiben, in Anbetracht des Umstandes, das alle übrigen letzteren durchaus ähneln.

Ersterer Kanal, der auf der Uebersichtskarte (Blatt II, Fig. 7) verzeichnet ist, ist dazu bestimmt, das Gefälle von 10,68 m (36 Fuss) auf dem Gelände zwischen den Strömen Ranipoor und Puttri zu umgehen.

Der Ausgang des Nebenkanals befindet sich bei der Brücke Fowallapoor und besteht aus einem Durchlass, der durch ein Gewölbe überdacht ist; er ist 6,10 m breit, von denen 4,575 m auf den Kanal entfallen, und 1,525 m auf den Treidelweg.

Der Einfluss in den Kanal kann nach Bedarf durch Schützen geschlossen werden, und dies gestattet, dass der Nebenkanal vollkommen trocken gelegt werden kann.

Nach der Brücke beschreibt der Kanal, dessen Schnitt auf Blatt II, Fig. 8 angegeben ist, zunächst eine Kurve mit einem Radius von 680 m, und läuft dann in einer Entfernung von 600 Fuss von Achse zu Achse dem Hauptkanal bis Ranipoor parallel, wo beide Kanäle, der Haupt- und der Nebenarm, sich wieder vereinigen, nur von einander durch eine Scheidewand von 4,83 m Höhe getrennt.

Der an dieser Stelle schiffbare Kanal teilt sich seinerseits in zwei parallele Teile, von denen der eine als Kammer zum Durchschleusen der Boote dient, und der andere, engere, ein Kanal ist, der für den Betrieb der Mühlen dient.

Die Abmessungen der Schleusenkammer sind: Breite, 4,88 m (16 Fuss); Länge, 30,50 m (100 Fuss); Niveaudifferenz der Wasserläufe: 2,745 m (9 Fuss).

Die Bauart der Schleusen ähnelt in allen Teilen den bereits beschriebenen Schleusen des Kanals von Pavia, in Italien, und diese haben auch als Vorbild für die Schleusen des Ganges gedient.

Nach Passieren der Brücke Ranipoor, zweigt sich der schiffbare Kanal von neuem vom Hauptarm ab, und fließt zu seiner Linken in einem Abstände von 531 Fuss von der Achse des Kanals bis zu der Brücke nahe dem Puttri.

Unterhalb der Brücke Ranipoor ist eine kleine Erweiterung in dem schiffbaren Kanal vorhanden, die als Hafen für die Boote dient, die hier halten bleiben.

Zwischen den Brücken Ranipoor und Puttri befinden sich zwei Schleusen, die auf derselben Senkrechten liegen, wie die entsprechenden Gefälle auf dem Hauptkanal.

Die Anordnung der Bauten unterhalb der Brücke Puttri unterscheidet sich in nichts von denen, die sich bei der Brücke stromaufwärts finden.

Zehn schiffbare Nebenkanäle mit Schleusen, die den Wasserlauf Roorkee stromabwärts liegen, vor der Teilung des Hauptkanales in zwei Arme, den des Ganges und den der Djoumna, übertreffen jedes Gefälle um 8 Fuss, mit Ausnahme der beiden letzteren, diese nämlich nur um 5 Fuss.

Die Gesamtansicht der Anordnung dieser Kanäle findet sich auf Blatt II, Fig. 9.

Die Abzweigung der Nebenkanäle befindet sich in einer Entfernung von 1 067,50 m (3 500 Fuss) stromaufwärts von dem Gefälle des Hauptkanals, und mündet in letzteren 1 220 m (4 000 Fuss) stromab von demselben Gefälle. Der Abstand zwischen den Achsen der Kanäle an der Stelle, wo sie sich am meisten von einander entfernen, beträgt 305,50 m (1 000 Fuss). Der Einfluss in den Nebenkanal, der im Falle der Oeffnung 4,88 m (16 Fuss) breit, und mit steinernen Seitenwänden eingefasst ist, kann durch besondere Dammbalken, die sich in Falzen bewegen, geschlossen werden; wenn der Kanal geöffnet ist, so dienen diese Balken als eine kleine Brücke, um die Verbindung zwischen beiden Kanalufeln herzustellen.

Stromab von der Abzweigung des Nebenkanals quer über den Hauptkanal sollte nach der entworfenen Zeichnung eine schützende Schranke von Booten hergestellt werden, die unter einander durch Ketten verbunden waren.

Indessen wurde bei der Ausführung des Projektes diese Konstruktion, die nach der Ansicht der dortigen Ingenieure sehr gut war, nicht bewerkstelligt.

Der Kanal Ganges, der für den Schiffsverkehr ausgebaut ist, dient dem Export jeder Art von Bergwerksprodukten, als da sind: Holzmaterialien, Kohle u. s. w., sowie dem Verkehr zwischen den bewohnten Ortschaften.

Der Kanal Oberer Ganges, der, wie bereits oben gesagt, von dem Ingenieur Sir Proby Cautley im Jahre 1863 erbaut wurde, ist eingehend von dem bekannten Wasserbauer Sir Arthur Cotton untersucht worden, der durch seine Arbeiten für die Verbesserung der Systeme in den Deltas der Flüsse Godavery, Kistnah und Govey berühmt ist.

Sir Arthur Cotton unterzieht den Kanal Oberer Ganges einer sehr scharfen Kritik; er rügt u. a. in dem Teile, der sich auf die Schiffbarkeit des Kanals bezieht, folgende Mängel:

1. Man hätte dem Kanal im Allgemeinen einen zu grossen Fall gegeben; es folgt daraus eine Geschwindigkeit von 4 Fuss in der Sekunde, die bei den Gefällen bis auf 6,2 und 8 Fuss steigt.

Diese Geschwindigkeit hätte zu gross befunden werden müssen, sowohl in Betreff der Widerstandsfähigkeit der Kanalsole und der Seitenwände, als auch in Betreff der Bedingungen für die Schifffahrt, und aus diesem Grunde schlug Sir Arthur Cotton den Bau von neuen Gefällen vor, da er berechnete, dass der Fall des Wassers an der Oberfläche sich in den Grenzen von 0,046 bis 0,096 m pro Kilometer bewegen würde.

2. Der zweite Mangel würde darin bestehen, dass die Gefälle, die in dem Hauptkanal angelegt sind, sich in der Verlängerung des Hauptkanals befinden, während die Nebenkanäle mit den Schleusen sie umgehen; deshalb sind die Boote gezwungen, ihre Richtung zu ändern, was Schwierigkeiten und Fährnisse für das Boot mit sich bringt in Anbetracht des schnellen Laufes des Wassers im Hauptkanal. Es kam vor, dass unter mangelhafter Führung die Boote in die Gefälle mitgerissen wurden, und samt der Mannschaft zu Grunde gingen.

Aus diesem Grunde dachte Sir Arthur Cotton, dass, entgegen dem was ausgeführt war, man die Schleusen in Nebenkanäle verlegen müsste, die in der Richtung des Hauptkanals angelegt wären, und die Gefälle, die als Uebergang des Wassers vom höheren Lauf zum tieferen dienen, in die Kanäle eingebaut

würden, die die schiffbaren Kanäle umgehen, damit die Boote bei der Annäherung an die Schleuse, ohne ihren Cours zu ändern, weiterfahren könnten.

3. Der dritte Mangel würde nach Ansicht von Sir Arthur Cotton der sein, dass bei der Abzweigung des Ganges vom Kanal ein Fall zum Wasserlaufe Cawnpoor vorhanden ist, das heisst, bis zum Einfluss des Kanals in den Fluss Ganges, und das unter diesen Umständen, um einen für die Schifffahrt genügenden Wasserstand in dem unteren Teile des Kanals zu halten, man stets eine grosse Wassermenge hergeben muss, die unnütz verloren ist, da sie aus dem Kanal in den Fluss strömt.

4. Der vierte Mangel wäre die ungenügende Breite (6,10 m) der unteren Teile des Kanals, die in die Flüsse Ganges und Djoumna münden, da sie nicht fähig sind, den Anforderungen eines Warentransportes zu genügen in dem Falle, wo der Kanal Ganges einen tatsächlich befahrbaren Schifffahrtsweg darstellen sollte.

In der Folge wurden verschiedene Mängel, die von Sir Arthur Cotton angegeben waren, ausgebessert; unter ihnen war die Aenderung im Bau der Gefälle und eine gewisse Regulierung der Geschwindigkeiten derart, dass sie nirgends 3 Fuss in der Sekunde überschreiten.

Gemischte Kanäle in Egypten.

Wenn wir jetzt zur Betrachtung der Bewässerungs- und Schifffahrtssysteme in Egypten übergehen, so werden wir sehen, dass dank ihren kleinen Gefällen, was aus dem Charakter der örtlichen Beschaffenheit folgt, diese Kanäle unter allen bestehenden, am meisten für die Schifffahrt geeignet sind, und deshalb in dieser Beziehung eine wichtige Rolle spielen.

Die einzige Quelle für die Bewässerung Egyptens ist der Nil, in Anbetracht des Umstandes, dass mit Ausnahme seiner nördlichen Teile, längs dem Mittelmeere, Egypten ein regenloses Land ist. Die Wassermenge des Nils während der Wintermonate, und besonders vom Monat Juli an, übersteigt gewöhnlich bei Weitem die Bedürfnisse des Landes, während es in den Sommermonaten an Wasser mangelt. Das Schwanken in der Durchflussmenge des Wassers bei Assuan, das heisst stromabwärts von der Vereinigung des weissen und blauen Nils und

des Atbara, bewegt sich in den Grenzen von 400 bis 10 000 cbm in der Sekunde.

In Egypten bestehen zwei Bewässerungssysteme :

1. Bewässerung des Beckens ausschliesslich durch Hochwasser.
2. Ununterbrochene Bewässerung für das ganze Jahr durch das Wasser, das in besondere Staubecken geleitet und dort aufgespeichert ist.

Bei ersterem System ergiesst sich das Wasser des Nils beim Ausufern über die Ufergebiete des Landes, welches zu diesem Zwecke in grosse Parzellen geteilt ist, genannt Bassins. Das Wasser bedeckt diese Bassins mit einer Schicht von 1 m im Mittel, bleibt so 40 Tage stehen, setzt einen wertvollen fruchtbaren Schlamm ab, und ergiesst sich dann von neuem in den Fluss. Diese Bewässerungsart liefert jährlich eine Ernte.

Durch das zweite System kann die Erde das ganze Jahr lang bewässert werden, und dank diesem Umstande jährlich zwei Ernten liefern, und zwar viel wertvollere als die durch die Bewässerung der Bassins erzielte.

Gegenwärtig ist deshalb das System der Bassins, das in besonderen Kanälen, genannt Nili, bestand, deren Sohle verhältnismässig hoch lag, und in Abdämmungen, die die Bassins schützten, allmählich in ein neues System umgebildet worden.

Der allgemeine Charakter dieser Arbeiten besteht in dem Bau der Hauptkanäle, genannt Sefi, der Wehre des Hauptkanals und der Abdämmungen, um Wasservorräte aufzuspeichern, die notwendig sind für die Bewässerung im Sommer.

Die Abdämmungen des Nils sind in ihrer Art die grossartigsten Konstruktionen der Welt, wie : der Deltaïque, Assuan, Assiut u. s. w.

Unter den grössten Kanälen Sefi befindet sich der von Ibrahim in Mittel-Egypten, ferner in Unter-Egypten der von Ismailieh, Tewfikieh, Bar-Chibino, Behera u. s. w.

Das künstliche System, welches wegen seiner Vorteile für die Bewässerung durch die beiden Arme des Nils, die das Delta einschliessen, geschaffen war, und zwar besonders die Delta-barre, führte ein Stocken der Schifffahrt auf einer gewissen Strecke der beiden Arme des Nils während des grössten Teiles des Jahres, das heisst vom Monat Januar bis zum Monat August herbei. Um die Verluste auszugleichen schuf man neue Schifffahrtswege mit Hilfe von Hauptbewässerungskanälen; zu diesem Zwecke wandte man als Bauten zur Regulierung des

Wasserdurchflusses im Kanal Schleusen an. Die Hauptschiff-
fahrtswege für das Bereich des Deltas sind :

1. (Blatt II, Fig. 10) Von Cairo bis Alexandria : auf dem Flusse
bis zur Barre, dann auf dem Kanal Menoufieh und Bagourieh,
welcher nahe der Stadt Goddabeh mit einer Doppelschleuse
versehen ist, die ihn mit dem Arm Rosetta des Nils verbindet ;
von dort auf dem Nil bis zum Kanal Mahmoudieh und auf
letzterem bis Alexandria.

2. Von Cairo bis zum Meer auf den Kanälen Menoufieh und
Bahr-Chibin.

3. Von Cairo bis zum See Menzaleh, auf den Kanälen Tewfi-
kieh und Bahr-Saghir.

4. Von Cairo bis Damietta auf dem Kanal Tewfikieh bis zur
Schleuse nahe der Stadt Mansourah, die mit dem Arm von
Damietta in Verbindung steht.

5. Von Cairo nach Suez : auf dem Kanal Ismailieh.

Ausser auf diesen Hauptverkehrslinien, besteht eine Lokal-
schiffahrt auf vielen anderen Kanälen während der Jahres-
zeiten, wo die Kanäle genügend Wasser führen.

So bestehen im Bereiche des Deltas Verbindungen zwischen
vielen Ortschaften, und zwar sind sie durch dieselben Anlagen,
die auch für die Bewässerung dienen, hergestellt. Was die
Bequemlichkeit und Sicherheit des Verkehrs anbelangt, so
sind diese Erfordernisse noch in weit höherem Grade für die
Schiffahrt auf diesen Kanälen berücksichtigt, als dies bei dem
Befahren des Flusses selbst der Fall war.

Zu den schiffbaren Kanälen des Deltas gehört auch der bereits
oben erwähnte Kanal Ibrahimieh.

Indessen ist noch erwähnenswert, dass die Schiffahrt in
hohem Masse die Bewässerungskanäle dank den ausnahms-
weise günstigen örtlichen Bedingungen benutzen kann. So
besitzt das Delta einen Fall nach dem Meer hin von nur 0,08 m
pro Kilometer, und aus diesem Grunde haben die Kanäle
grösstenteils einen Fall von 0,04 m pro Kilometer ; bei einem
so geringen Fall kann die Schiffahrt stromaufwärts ohne irgend
eine Schwierigkeit vor sich gehen.

Gehen wir jetzt zu den Hauptdaten der wichtigsten Bewäs-
serungs- und Schiffahrtskanäle, die wir erwähnt haben, über :

1. Der Kanal Ismailieh beginnt 7 km stromabwärts von Cairo.
Seine Länge vom Nil bis zum See Timsah (Suezkanal) beträgt
136 km, und eine Abzweigung in der Richtung nach Suez

89 km. Der Zweck der Anlage dieses Kanals ist nach dem Vertrage, der zwischen der ägyptischen Regierung und der Suezgesellschaft abgeschlossen wurde, folgender gewesen: die der Gesellschaft abgetretenen Ländereien zu bewässern, den Nil durch eine Wasserstrasse mit dem Suezkanal zu verbinden, und endlich Wasser zu liefern in Höhe von 70 000 cbm täglich für die Städte und die Stationen an den Ufern des Seeweges. Die Breite des Kanals Ismailieh an der Sohle schwankt zwischen 13 und 8 m bei der Abzweigung von Suez; die Wassertiefe beträgt 1 m bei Niedrigwasser, und 2,50 m bei Hochwasser, die Böschung 1 : 3 bis 1 : 6 an den sandigen Stellen. Der Fall des Kanals wechselt von 0,021 bis 0,042 m pro Kilometer.

Der Kanal Ismailieh hat im ganzen 10 Schleusen, deren Abmessungen 38,50 m \times 8,50 m betragen. Diese Schleusen sind angelegt, um die den Schleusen benachbarten Gefälle zu umgehen. Was die Schleuse, die sich am Anfang des Kanals befindet, anbelangt, nahe dem Flecken Choubrah am Nil, so ist es zweckmässig, daran zu erinnern, dass zuerst die Schleuse in einer Entfernung von 500 m von der Abzweigung vom Kanal angelegt war, aber Anschwemmungen in grosser Menge häuften sich zwischen dem Fluss und der Schleuse an, wodurch man gezwungen war, die Schleuse näher an den Fluss zu legen.

Beim Einfluss des Kanals Ismailieh in den See Timsah betrug der Unterschied im Niveau 4,30 m: an dieser Stelle hat man 2 Schleusen angelegt, um die Wasserstände auszugleichen.

Die Durchflussmenge im Kanal Ismailieh beträgt im Sommer 30 cbm pro Sekunde. Bei Hochwasser werden die Mündungen des Kanals fast gänzlich geschlossen, um ein starkes Anhäufen der Anschwemmungen zu verhindern, und der Kanal wird durch den von Chibin mit Wasser versorgt, welcher bei km 50 mit dem Kanal Ismailieh in Verbindung steht, und ihm schon klares Wasser liefert.

2. Der Kanal Menoufieh, der den mittleren Teil des Deltas bewässert, ist von beträchtlicher Grösse, und an der Sohle 55 m breit. Sein mittlerer Fall beträgt rund 0,065 m pro Kilometer bei Hochwasser, und 0,075 m bei Niedrigwasser. Bei km 23 zweigt sich ein anderer grosser schiffbarer Kanal, Bahr-Chibin, ab, der 173 km lang ist, und ins Mittelmeer mündet. In dem Kanal Chibin befinden sich 7 Gefälle mit Schleusen. Der Fall dieses Kanals beträgt auch 0,065 m pro Kilometer im Mittel.

Die Breite des Kanals an der Sohle beträgt am Anfang 50 m und am Ende 35 m. Die Durchflussmenge des Kanals Menoufieh wechselt je nach der Jahreszeit von 120 bis 420 cbm und die des Kanals Bahr-Chibin von 63 bis 280 cbm. Die kleinsten Tiefen in beiden Kanälen sind 3 m und die grössten 6,50 m.

3. Der Kanal Tewfikieh, der in den Nil bei seiner Mündung (nicht weit von Damietta) endet, hat eine Länge von 163 km.

Er ist schiffbar auf einer Strecke von 110 km, von seinem Ausgangspunkt bis zur Stadt Mansourah, wo der Kanal, der sich dort dem Nil nähert, mit ihm durch eine Schleuse verbunden ist. Die Breite des Kanals an der Sohle schwankt zwischen 26 m am Anfang und 10 m am Ende. Der Fall beträgt 0,057 bis 0,110 m pro Kilometer. Die Böschungen sind 1 : 1 mit Steinpackung ; die Tiefe beträgt 3,50 m bis 6,50 m und die Durchflussmenge 100 bis 220 cbm pro Sekunde. Unter anderen bestehen Schleusen am Anfang und am Ende, deren Abmessungen 50 × 8 m betragen.

4. Der Kanal Menoudieh beginnt am Nil mit der Richtung nach Alexandria. Sein Zweck war der, die Stadt Alexandria mit Süsswasser zu versorgen, sie durch einen Schiffahrtsweg mit dem Nil zu verbinden, und zugleich die Felder zu bewässern. Die ganze Länge des Kanals beträgt 78 km. Seine Richtung ist durch grosse Krümmungen ausgezeichnet, und ist bezeichnend für die Art seines Baues : mehr als 350 000 Arbeiter waren für seinen Bau angeworben (im ersten Viertel des letzten Jahrhunderts), und sie begannen mit den Ausschachtungen, ehe die Tracierung der Linie fertig gestellt war. Daraus folgt, dass die Teile des Kanals, die von getrennten Arbeitergruppen gegraben waren, nachher durch häufige und starke Kurven unter einander verbunden werden mussten. Bei Hochwasser fliesst genügend Wasser nicht nur vom Nil in den Kanal Mahmoudieh, sondern auch vom Kanal Kotabeh, der sich von Süden her nähert, während bei Niedrigwasser starker Wassermangel herrscht, sodass man im Jahre 1849 bei der Abzweigung des Kanals Mahmoudieh vom Nil starke Pumpen aufstellen musste, um Wasser aus dem Nil in den Kanal abzuleiten. Man hob das Wasser um 2,50 m, und zwar 6 cbm in der Sekunde.

Wegen des immer mehr steigenden Bedürfnisses an Wasser stieg die Leistung der Pumpen im Jahre 1886 auf 35 cbm pro

TABELLE II.

LÄNDER	NAMEN DER KANÄLE	Länge des Kanals	Breite an der Sohle in m	Tiefe im Sommer im Mittel in m	Fall im Mittel in m pro km	Geschwin- digkeit in Fuss	Durchfluss- menge in cbm	Verhält- nis von Tiefe zu Breite	Böschungen
ITALIEN	Naviglio Grande	50	12.24	1.10-4	0.68	5-6	47.3	1:9.5	—
	Ivrea	72.2	8.6	—	0.8-1.00	—	17.	—	—
	Martesana	45	12	—	0.36-0.58	5-6	25.7	—	—
	Beregarda	17.85	10	1.2-1.8	0.17	—	4.6	1:8	—
	Pavia	33.33	10.8	1.2-1.65	0.41	2	6-9	1:8	—
EGYPTEN	Ismailieh	225	13.8	1.00	0.021-0.042	3	30	1:3	1:3-1:6
	Menoufieh	23	55	3.00	0.070	3	120-420	1:18	—
	Bahr-Chibin	173	50.35	3.00	0.065	3	63-280	1:17	—
	Teufkieh	110	26.10	3.5	0.057-0.11	3	100-220	1:7.5	—
	Mahmoudieh	78	16.12	1.20	0.02	3	17-29	1:13	—
INDIEN	Oberer Ganges	851	42.70	3.05	0.23	3	191.5	1:14	3:2
	Unterer Ganges	836	65.73	2.53	0.09	3	143.9	1:26	3:2
	Sirind	813	22.90	1.83	0.21	3	108.10	1:12.5	1:1
	Agra	164	21.30	3.05	0.09	3	42.50	1:7	1:1
	Son	551	54.76	2.75	0.09	3	167.7	1:20	3:2

Allgemeine Betrachtungen.

Die Uebersicht, die wir soeben über die wichtigsten Bewässerungs- und Schiffahrtskanäle Indiens, Egyptens und Italiens gegeben haben, zeigt, dass die Frage des Baues von Bewässerungs- und Schiffahrtskanälen von tatsächlichem Werte ist und die Aufmerksamkeit und das Studium der Techniker verdient.

Im Folgenden wollen wir sehen, welches die Umstände sind, die man beim Entwerfen von Kanälen gemischten Typs in Erwägung ziehen, und auf welche Punkte der Frage man sein Hauptaugenmerk richten muss. Einige grundsätzliche Unterschiede bestehen in den Prinzipien, nach denen man sich beim Bau von Kanälen, die speziell für die Bewässerung oder ausschliesslich für die Schiffahrt bestimmt sind, richten muss. Deshalb kann die Vereinigung von beiden Aufgaben in ein und denselben Kanal nicht immer vorteilhaft sein in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit, und nicht immer den technischen Anforderungen Genüge leisten.

In der Tat ist es für die Bedürfnisse der Bewässerung nötig, dass der Kanal Richtungen verfolgt, die die Oertlichkeit beherrschen, damit die Möglichkeit besteht, eine möglichst grosse Fläche auf einer, oder, was noch besser ist, auf beiden Seiten des Kanals zu bewässern, für einen Schiffahrtskanal besteht diese Bedingung nicht, und folglich können die gewünschten Richtungen der Kanäle nicht zusammenfallen. Die Durchflussmenge richtet sich in den Bewässerungskanälen nach der Oberfläche der bewässerten Felder. Wenn hingegen der Kanal schiffbar sein soll, müsste eine gewisse kleinste Wassertiefe für den Schiffsverkehr auf dem ganzen Laufe unbedingt vorhanden sein, und wenn der Vorrat an Wasser, der für die Bewässerung bestimmt ist, nicht genügt, um in dem Kanal einen für den Schiffsverkehr genügenden Querschnitt zu erhalten, muss eine gewisse Menge zur Ergänzung des Wassers in den Kanal eingeführt werden.

In Indien war in nachbenannten Kanälen dieser Ueberschuss an Wasser, das nur für die Schiffahrt bestimmt war, über die für die Bewässerung bestimmte Menge, folgende : im Kanal « Ganges » 12 cbm, « Son » 19 cbm. In den Bewässerungskanälen ist eine möglichst grosse Geschwindigkeit wünschenswert, so gross, wie man sie ohne Gefahr einer Abnutzung von

Sohle und Böschungen anwenden kann. Bei einer höheren Geschwindigkeit kann man den Querschnitt des Kanals verringern, und zugleich die Abmessungen der künstlichen Bauten, was beträchtliche Summen erspart. Die Erhöhung der Geschwindigkeit in den Bewässerungskanälen, unter Berücksichtigung der Beständigkeit ihres Bettes, ist auch wünschenswert, um die Verschlammung der Kanäle zu vermeiden, besonders in den Fällen, wo das Wasser, wie zum Beispiel das des Nils, viel Schlamm enthält.

Was die Schiffahrtskanäle anbelangt, so ist dort im Gegenteil stehendes Wasser oder auf alle Fälle verminderte Geschwindigkeit des Laufes das angenehmste, um den Verkehr der Schiffe bei der Bergfahrt nicht zu erschweren.

Wegen der Notwendigkeit, die Geschwindigkeit zu vermindern, als auch um den Kanälen für den Schiffsverkehr genügende Abmessungen zu geben, müssen die Querschnitte der Schiffahrtskanäle weit beträchtlichere Abmessungen haben, als die Kanäle, die ausschliesslich für die Bewässerung bestimmt sind. Endlich müssen in den Schiffahrtskanälen Hilfsbauten angelegt werden, als da sind : Schleusen für die Durchfahrt der Schiffe durch die Gefälle, eine Anlage zum Treideln. Ausserdem müssen alle Brücken und Aquädukte, die den Kanal kreuzen weit höher angelegt werden, um die Schiffe darunter durchzulassen.

Wie man aus dem soeben Ausgeführten ersieht, bietet die Anlage von Bewässerungs- und Schiffahrtskanälen, abgesehen von der ökonomischen Seite der Frage, auch grosse technische Schwierigkeiten.

In Bezug auf die technische Seite, fehlt es nicht an schlecht gelungenen Beispielen einer Vereinigung von Bewässerungs- und Schiffahrtskanälen.

Die italienischen Kanäle haben zu grosse Gefälle und Geschwindigkeiten, bis zu 5 bis 6 Fuss in der Sekunde, bei einer geringen Wassermenge, sodass, zum Beispiel beim Kanal Bereguardo, der bereits beschrieben ist, man vor der Durchfahrt eines Schiffszuges alle die Mündungen der Bewässerungsgräben, die stromabwärts liegen, schliesst. Die indischen Kanäle haben auch ziemlich grosse Geschwindigkeiten (3 Fuss in der Sekunde), und sind wenig für die Schifffahrt ausgebaut im Vergleich zu den Kosten, die sie verursacht haben.

In dieser Beziehung bieten die égyptischen Kanäle ein günstigeres Beispiel, wo, dank den günstigen örtlichen Voraussetzungen, man ohne Schwierigkeit geringe Gefälle und Geschwindigkeiten des Laufes erhält, obgleich andererseits die égyptischen Kanäle einer bedeutenden Verschlammung ausgesetzt sind wegen des hohen Schlammgehaltes des Nilwassers; wegen der Ausbaggerung der Kanäle von besagtem Schlamm ist man gezwungen auf gewisse Zeit die Kanäle zu schliessen, was erhebliche Kosten verursacht.

Beim Entwerfen von Kanälen gemischten Typs, ist, wie aus Vorhergehendem folgt, die schwierigste und zugleich wichtigste Frage die, gewisse Grenzen für die Geschwindigkeit des Wasserausflusses aus dem Kanal festzusetzen.

Die anderen Fragen, und besonders die Abmessungen des Querschnittes und sonstigen Verhältnisse des Kanals folgen alsdann aus den für die Geschwindigkeit festgesetzten Grössen. In Uebereinstimmung hiermit und den Abmessungen der Boote entsprechend, auf deren Verkehr im Kanal gerechnet wird, müssen die geringsten Breiten und Tiefen für den Querschnitt des Kanals festgesetzt werden.

Alsdann folgt die Frage nach der Wassermenge gemäss den Bedingungen der Quelle, die den Kanal speist, sowohl in den Fällen, wo die für die Bewässerung nötige Wassermenge, nicht genügt, um den Schnitt der für die Schifffahrt benötigten Abmessungen ganz zu füllen, als auch dann, wenn der Bewässerungs- und Schifffahrtskanal in einen Fluss oder See mündet.

Bei den letzteren ergiesst sich ein Teil des zum Schleusen nötigen Wassers, unmittelbar ohne Nutzen für die Bewässerungsanlagen, in den Fluss oder ins Meer, und um diesen Betrag muss die Durchflussmenge im Bewässerungskanal erhöht werden.

Aber wenn die letzten Abschnitte des Kanals starken Strom haben, wie zum Beispiel beim Kanal Oberer Ganges bei seiner Vereinigung mit den Flüssen Djemna und Ganges, so ist die Wassermenge, die nutzlos verloren geht, noch weit grösser. Für den Kanal Ganges beträgt sie ungefähr 11 cbm, und dies wurde, wie bereits im Abschnitt über den Kanal « Oberer Ganges » gesagt, von Sir Arthur Cotton, einem englischen Wasserbauer, bemängelt. Aber wenn ein Bewässerungs- und Schifffahrtskanal in einem Hafen endigt, — wie der Naviglio Grande und Martesana, die wir oben erwähnt haben — und

wenn das Wasser von dort in andere Kanäle übergeleitet wird (den von Pavia) und weiterhin der Bewässerung dient, so verlangt die Wassermenge für diese schiffbaren Kanäle keine Erhöhung über die für andere Zwecke als die der Schifffahrt notwendige Menge.

Wenn wir auf die Frage zurückkommen, die eine genauere Untersuchung verlangt, und zwar besonders die der Geschwindigkeiten in den Bewässerungs- und Schifffahrtskanälen, so müssen wir sagen, dass es nicht möglich ist, irgendwelche Normen hierfür aufzustellen, und dass man sich nur nach den Ergebnissen richten kann, die auf alle möglichen Beobachtungen und Versuche bei den bestehenden Kanälen gegründet sind.

Wie wir weiter oben gesehen haben, muss die für einen Bewässerungs- und Schifffahrtskanal gewählte Geschwindigkeit folgende Bedingungen erfüllen :

1. Sie darf nicht zu hoch sein, denn anderenfalls würde sie die Sohle des Kanals beschädigen, und die Fundamente der Bauten gefährden.
2. Sie darf nicht zu klein sein, weil alsdann die Gefahr einer Verschlammung des Kanals durch Anschwemmungen und Triebe von Wasserpflanzen auftaucht, und endlich
3. Darf die Geschwindigkeit die Schifffahrt nicht behindern.

Um der ersten der genannten Bedingungen zu genügen, ist es nötig, sich nach den Eigentümlichkeiten des Terrains zu richten, in dem der Kanal angelegt wird.

Ein felsiger Untergrund wird einer sehr starken Geschwindigkeit widerstehen, während ein sandiger Untergrund beschädigt wird, wenn die Geschwindigkeit 3 Fuss in der Sekunde überschreitet.

Wenn wir die von Buckley aufgestellten Normen annehmen, so finden wir für verschiedene Bodenarten folgende geringste Geschwindigkeiten, denen das Terrain widersteht :

Schwach sandig	1,5-2 Fuss in der Sekunde.		
Schlammig.	2,5	—	—
Gewöhnlicher Ton	3	—	—
Fester Ton	5 -6	—	—
Kies und Stein	5 -6	—	—

Die zweite Bedingung, die die Notwendigkeit erheischt, Vorsorge zu treffen gegen die Verschlammung und das Auftreten eines starken Pflanzenwuchses hängt vor Allem von den Eigenschaften des Wassers ab, in Anbetracht des Umstandes, dass es Gewässer mit grossem Schlammgehalt gibt, wie die des Nils, andererseits aber auch solche, die rein sind; je geringer ausserdem die Anschwemmungen im Wasser sind, um sie im Zustande der Ruhe zu erhalten. Die geringste mittlere Geschwindigkeit, die notwendig ist, um die Anschwemmungen und den Pflanzenwuchs im Wasser fortzuschwemmen wird in Nordindien auf 1 1/2 Fuss in der Sekunde angenommen.

Es ist erwiesen, dass in Amerika eine grössere Geschwindigkeit zu diesem Zwecke nötig ist, die dort zwischen 2 und 3 1/2 Fuss in der Sekunde schwankt. In Spanien hat man festgestellt, dass die Geschwindigkeit von 2 bis 2 1/2 Fuss in der Sekunde genügt, um ein Verwachsen der Kanäle durch Wasserpflanzen zu verhindern.

In den Bewässerungskanälen Sind in Indien, findet man in der Provinz, die durch den Indus bewässert wird, dass bei einer Geschwindigkeit von mehr als 2 Fuss in der Sekunde, der ganze Schlamm auf den Feldern abgesetzt wird, und der Sand in den Kanälen zurückbleibt, und dass man davon den Kanal alle Jahre ausbaggern muss, damit er benutzbar bleibt. In Egypten, wo die Geschwindigkeit weniger als 1,8 Fuss in der Sekunde beträgt, bleibt der Schlamm in den Kanälen in ausserordentlichen Mengen zurück, und muss alle Jahre entfernt werden. In Neuville's « Wasserbau » wird ausgeführt, dass 0,83 bis 1,7 Fuss in der Sekunde die geringste Geschwindigkeit ist, bei der das Kanalbett nicht mit Wasserpflanzen bewächst, aber es ist noch zu erwähnen, dass dieser Pflanzenwuchs auch von den Eigentümlichkeiten des Bodens und des Klimas abhängt.

Um die Resultate der Steigerung und Verminderung der Geschwindigkeiten in den Kanälen zu zeigen, mögen hier einige Beispiele folgen.

Bei der Erbauung des Kanals Oberer Ganges fand man, dass die Geschwindigkeit zu hoch war. Einige Jahre später machten sich Veränderungen am Kanalbett bemerkbar (zum Beispiel Aushöhungen, Löcher, Verminderungen des Zuflusses, ein Senken der künstlichen Bauten, das sie einem vollkommenen Verfall

auszusetzen drohte, und schliesslich Veränderungen des Niveaus, was Schwierigkeiten bereitete bei der Lieferung von Wasser für die Verteilungsgräben), und war man daher gezwungen, viel Geld auszugeben, um alle diese Mängel auszubessern und neue Hilfsbauten zu errichten für die Regulierung der Geschwindigkeiten des Laufes. Derselbe Fehler war begangen worden mit denselben unangenehmen Folgen bei dem System der östlichen Djemna in Indien, wo man 23 neue Gefälle anlegen musste, um den Fall zu vermindern.

Der Kanal Behera, in Unter-Egypten, der sich am Arme des Nil Rosetta hinzieht, war bald nach seinem Bau so verstopft, dass man, um den Bewässerungssystemen Wasser zu liefern, ungeheure Stauanlagen bauen musste — wovon wir schon bei der Beschreibung des Kanals Mahmoudieh gesprochen haben — um das Wasser vom Arm Rosetta direkt in den Kanal zu leiten.

Dies geschah, weil der Schiffahrtskanal von Anfang an Strecken von Flugsand durchquert, die leicht fortzuspülen sind; da die Geschwindigkeit des Laufes für den Widerstand des Sandes zu hoch war, so stieg die Breite des Kanals von 20 m auf 60 m, während seine Tiefe von 6 m auf 2,50 m fiel; der von dem Laufe fortgespülte und mitgeschwemmte Boden bedeckte die Ländereien stromabwärts.

Die Wiederherstellung des früheren Profils des Bettes erhielt man durch die Verengerung des Kanals mit Hilfe von Anschüttungen und durch die Verringerung des Falles auf 0,05 m pro Kilometer.

Als Beispiel der Verschlammung eines Kanals durch Anschwemmungen wegen der ungenügenden Geschwindigkeit des Laufes, kann auch das indische System des Son (in Bengalen) erwähnt werden, wo die Dicke der Schlammabsetzungen stromaufwärts vom Beginn des Kanals, das heisst im Flusse selbst, im August und September 5 Fuss beträgt auf eine Entfernung von 1,5 km. Fast zehn Bagger sind alle Jahre mit der Entfernung dieser Anschwemmungen beschäftigt. Die Kanäle selbst werden alle Jahre auf mehrere Wochen geschlossen, um gesäubert zu werden, was für die ersten 15 Meilen allein auf 15 % der Unterhaltungskosten des ganzen Systems von 1 600 Meilen zu stehen kommt. In Egypten muss man auch wegen des bereits erwähnten hohen Schlammgehaltes des Wassers jährlich grosse Summen ausgeben und viele Arbeitskräfte anstellen, um die Kanäle gut in Stand zu halten.

Um endlich die dritte der erwähnten Bedingungen zu erfüllen, und zwar besonders eine Geschwindigkeit, die sich für den Bewässerungs- und Schiffahrtskanal nach den Erfordernissen der Schiffahrt richtet, zu erhalten, so stellt die Festsetzung der höchsten Geschwindigkeit, bei welcher die Boote noch vorteilhaft stromaufwärts fahren können, in diesem Falle, wie in den beiden ersteren, eine ziemlich verwickelte und unsichere Aufgabe dar, da sie von mehreren sehr verschiedenartigen Faktoren abhängt, wie die aufgewendete bewegende Kraft, das heisst Dampf- oder tierische Kraft (Pferde u. a.), die Schiffsförm u. s. w.

Man muss auch in Erwägung ziehen, welcher Art die Schiffahrt ist, die man plant, ob sie stromaufwärts oder stromabwärts geht; wenn letzteres der Fall ist, kann zweifellos eine höhere Geschwindigkeit zugelassen werden, als wenn die Schiffahrt sich stromaufwärts bewegt.

Wenn man alle diese Bedingungen zusammenfasst, die die Wahl der Geschwindigkeit betreffen, so ist es besser, eine höhere Geschwindigkeit anzunehmen als eine kleinere, denn in ersterem Falle kann man Massnahmen treffen, um das Kanalbett gegen die Tätigkeit des Wassers zu schützen, und Gefälle und Vorsprünge im Kanalprofil längs der Kanalsohle anordnen, um so die Geschwindigkeit zu vermindern.

Im anderen Falle hingegen, wenn die Geschwindigkeit zu klein ist, verlangt das Anhäufen der Anschwemmungen im Kanal eine jährliche sehr teure Reinigung und verursacht einen Verlust an Land längs den Kanalufeln, um dort den ausgebagerten Boden anzuschütten.

In den vorhergehenden Betrachtungen über die Geschwindigkeiten des Wasserdurchflusses im Kanal, ist die Tatsache ausser Acht gelassen, dass in dem ganzen Querschnitt die Höhen der Geschwindigkeiten nicht identisch sind, und dass die höchste Geschwindigkeit an der Oberfläche auftritt, die kleinste an der Sohle. Die einfachste Beziehung zwischen den Geschwindigkeiten — der kleinsten an der Sohle, der mittleren und höchsten an der Oberfläche — stellt, wie Rankine behauptet, in gewöhnlichen Fällen, das Verhältnis dar 3:4:5, und bei sehr langsamen Wasserläufen 2:3:4.

Es bestehen auch zwischen diesen Geschwindigkeiten Verhältniszahlen, die von Bazin, Prony, Dubouat, Révy u. s. w. aufgestellt sind. In allen Fällen muss man bei der Wahl der

Geschwindigkeiten für einen Bewässerungs- und Schiffahrtskanal diesen Umstand in Erwägung ziehen, da für die Schiffahrt hauptsächlich die Geschwindigkeit der Oberfläche das Massgebende ist, für den Widerstand der Sohle die Geschwindigkeit am Grunde, und für das Absetzen der Anschwemmungen die Geschwindigkeit im mittleren Teil.

Aus dem Vorhergehenden folgt, das der Ingenieur beim Entwerfen eines Systems die sehr wichtige Frage der für den beabsichtigten Bewässerungs- und Schiffahrtskanal zu wählenden Geschwindigkeit zu entscheiden hat. Ausser mit den Schwierigkeiten von technischer Seite, wovon weiter oben gesprochen ist, muss man mit den ökonomischen Folgen rechnen, die die Wahl der einen oder anderen Geschwindigkeit im Kanal bedingt.

In der Tat können an Orten mit starkem Fall kleine Geschwindigkeiten, die einen weniger beträchtlichen Fall des Kanals verlangen, nur dadurch erhalten werden, dass man eine grosse Zahl von Dämmen anlegt, was auch den Bau von ergänzenden Schleusen mit sich bringt, und was infolge dessen den Kostenpreis eines solchen Kanals sehr erhöht.

Nachdem ein gewisses Gesetz für die Geschwindigkeit des Laufes im Kanal aufgestellt ist, muss man auch die Festsetzung der anderen Hauptabmessungen eines Kanals behandeln. Die Durchflussmenge ist bedingt durch die Erfordernisse für die Bewässerung, ferner durch die Verluste durch Verdunstung, Einsickern, und verschiedene andere, bereits weiter oben ausgeführte Bedürfnisse für die Schiffahrt : die Höhe der Durchflussmenge ist also festzusetzen. Die Formeln, die dazu dienen, die einzelnen Teile, aus denen der Kanal besteht, zu berechnen, sind folgende :

$$\begin{array}{ll} 1) & \dots \dots \dots Q = w + v u \\ 2) & \dots \dots \dots \delta = c \sqrt{r i} \end{array}$$

worin Q die Durchflussmenge des Wassers im ersten Schnitt bedeutet, v die Geschwindigkeit, w die Fläche des wasserführenden Schnittes, c einen Koeffizienten, der abhängig ist von der Unebenheit des Bodens, r den hydraulischen Radius der die Beziehung aufstellt zwischen der Fläche des wasserführenden Schnittes und seinem benetztem Umfang und i den Fall der Kanalsole.

Was den Koeffizienten C anbelangt, so ist die beste hierfür vorhandene Formel, die auf Kanäle von grossen Abmessungen anwendbar ist, nach der Ansicht Flinus die von Kutter :

$$3) \dots \dots \dots C = \frac{\frac{1.811}{n} + 41.6 + \frac{0.00281}{i}}{1 + \left(41.6 + \frac{0.00281}{i}\right) \frac{n}{V^2}}$$

wo V die mittlere Geschwindigkeit in Fuss pro Sekunde ist, n ein Rechenkoeffizient, abhängig von den Unebenheiten des Kanalbettes; er bewegt sich zwischen 0,0225 für Kanäle, die sehr gut in Stand gehalten werden, und 0,035 für Kanäle und Flüsse, die eine grosse Menge Steine und Pflanzenwuchs haben.

Bei der praktischen Untersuchung der Formel Kutter durch Major Cunningham am Kanal Oberer Ganges, fand er, dass sich ein Fehler ergibt, der 7 1/2 % nicht überschreitet, und zwar im ungünstigsten Falle.

Für kleine Kanäle kann man auch für den Koeffizienten C die Formel von Bazin anwenden, die hier folgt :

$$4) \dots \dots \dots C = \frac{1}{\sqrt{0,00008534 \left(1 + \frac{0.41}{r}\right)}}$$

Nachdem nach Formel 1 die Fläche des wasserführenden Schnittes errechnet ist, sind die bekannten Grössen, Tiefe und Breite, in Erwägung zu ziehen, die den Anforderungen der Schifffahrt genügen müssen, sowie die Anlage der Böschungen, um alsdann den Fall im Längsschnitt des Kanals zu finden. Wenn der für den Fall erhaltene Wert nicht den örtlichen Bedingungen entsprechen sollte, so würde die anderweitige Regulierung des letzteren dadurch möglich sein, dass man den hydraulischen Halbmesser verändert, und nur in den äussersten Fällen die mittlere Geschwindigkeit des Laufes.

Wenn ich von den Veränderungen im Werte des hydraulischen Halbmessers spreche, so halte ich es nicht für unangebracht, die Aufmerksamkeit auf die häufigsten Beziehungen zu lenken, die durch die Praxis erhärtet sind, zwischen der Tiefe und der Breite der Kanäle und der Festsetzung der Böschungen (siehe Blatt II).

Da der hydraulische Halbmesser mit der Vergrösserung der

Tiefe steigt, so wählte man die Tiefe der Kanäle 10 bis 20 Mal kleiner als die Breite des Kanals an der Sohle in den Fällen, wo man eine möglichst kleine Geschwindigkeit des Laufes erhalten wollte, wie zum Beispiel bei den Bewässerungs- und Schiffahrtskanälen in Indien und Egypten.

Was die Festsetzung der Böschungen anbetrifft, so ist bemerkenswert, das diejenigen, die dem Kanal zu allererst gegeben sind, niemals erhalten bleiben wegen des Schlammes und der Anschwemmungen, die dort hängen bleiben, was besonders energisch der Fall ist, wenn auch noch Pflanzenwuchs vorhanden ist.

Die Festsetzung der Böschungen, die in dieser Beziehung von der Natur selbst vorgeschrieben werden, beträgt zum Beispiel für Indien ungefähr $1/2 : 1$. Bei der Reinigung der Kanäle von den Anschwemmungen findet man es vorteilhafter, den Fall in seinem Zustand zu belassen, und sie nicht stärker geneigt umzubauen; aus diesem Grunde muss man diesen Umstand in den Berechnungen im Auge behalten, um sich möglichst der Wirklichkeit zu nähern.

Die Durchflussmenge des Wassers in den Bewässerungs- und Schiffahrtskanälen ist eine Grösse, die allmählich nach dem Ende des Kanals zu abnimmt.

Da in dem Masse wie das Wasser in dem Kanal abnimmt, die Bedingungen, den Bewässerungskanal der Schiffahrt anzupassen ungünstiger werden, und es möglich ist, dass für sie nicht genügend Wasser im Kanal vorhanden ist, so ist die Berechnung des Bewässerungs- und Schiffahrtskanals so einzurichten, dass man mit dem unteren Ende anfängt, und allmählich die Durchflussmenge des Wassers erhöht.

Die Erhöhung der Durchflussmenge des Wassers kann durch drei Mittel erreicht werden :

1. Durch die Vergrößerung des Querschnittes und die Verminderung des Falles, sodass, obgleich die Durchflussmenge je nach den Bedürfnissen erhöht ist, die Geschwindigkeit des Laufes nicht im ganzen Kanal wechselt.

2. Durch Beibehaltung desselben Querschnittes für den ganzen Lauf, aber durch Erhöhung des Falles längs des Kanals, und

3. Durch Beibehaltung desselben Falles für den ganzen Lauf bei Erhöhung des Querschnittes.

Da die beiden letzten Mittel mit der Notwendigkeit verknüpft

sind, die Geschwindigkeit zu verändern, was für die Bewässerungs- und Schiffahrtskanäle nicht zulässig ist, so ist das Mittel, das am geeignetsten ist, dementsprechend das erste, was auf die meisten der gebauten Kanäle gemischten Typs zutrifft.

Die Frage nach den sich durch eine Vereinigung von Bewässerungs- und Schiffahrtskanal ergebenden Vorteilen hängt von allen möglichen Umständen ab, und zwar besonders : von der für die Bewässerung erforderlichen Wassermenge, von der Beschaffenheit dieses Wassers in Bezug auf die Menge der festen Bestandteile, das es mit sich führt, von dem Boden der Gegenden, durch die der Kanal führt, was seine Festigkeit anbelangt, und endlich von dem Fall des Geländes.

Da weiche Bodenarten geringe Geschwindigkeiten erfordern, und da zugleich die Tracierungsarbeiten bei diesen Bodenarten billig sind, so sind die Bedingungen für den Bau eines Bewässerungs- und Schiffahrtskanals um so günstiger, je weicher der Boden ist. Der Fall des Geländes übt auf einen mehr oder weniger vorteilhaften Bau eines Bewässerungs- oder Schiffahrtskanals in dem Sinne seinen Einfluss aus, dass in Anbetracht der Notwendigkeit, kleine Geschwindigkeiten zu erhalten, der Fall auch klein sein muss, zu welchem Zwecke man bei einem grossen Fall des Geländes eine grössere Menge Dämme und Schleusen neben ihnen herstellen muss, als bei den ausschliesslichen Bewässerungs-Kanälen, bei denen die Geschwindigkeiten und die Neigungen im Allgemeinen grösser sein können als bei den Schiffahrtskanälen.

Die misslichen örtlichen Bedingungen führten die indischen Ingenieure zu dem Schluss, dass die Vereinigung von Bewässerungs- und Schiffahrtskanälen in demselben Bett nicht vorteilhaft ist, und in Indien bestehen neben den Kanälen gemischten Typs Beispiele für den Bau von neben einander tracierten Kanälen, der eine für Bewässerungszwecke, der andere für die Schiffahrt. So finden wir es beim Kanal Nisam Patnam, der zu dem System des Flusses Kistnah gehört, und der sogar aus drei Betten besteht, von denen das mittlere für die Schiffahrt bestimmt ist, und die beiden seitlichen für Bewässerungszwecke dienen.

Dieser Schluss kann aber nur bedingungsweise als richtig betrachtet werden, da der Vorteil und die Bequemlichkeit des Baues von Kanälen gemischten Typs vollkommen, wie wir weiter oben erwähnt haben, von den örtlichen Bedingungen

abhängt. In Indien selbst und in dem Delta von Madras, als auch, wie wir gesehen haben, in Egypten, ist es gelungen, mit gutem Erfolge die Bewässerungskanäle für die Bedürfnisse der Schifffahrt zu benutzen, und die Kanäle spielen in Bezug auf die Schifffahrt eine grosse Rolle in der Entwicklung des Landes.

Zum Schluss mögen hier einige Zahlen folgen, um einen Ueberblick über die Baukosten von Bewässerungs- und Schifffahrtskanälen, sowie einfachen Bewässerungskanälen in Indien zu geben :

TABELLE III.

NAMEN DER KANÄLE	ART	Durchfluss- menge in cbm	Baukosten pro km in Rubel
Oberer Ganges	Bewässerung u. Schifffahrt	191.5	12 500
Unterer Ganges	»	143.9	9 500
Agra	»	42.50	12 500
Bari-Doab	Bewässerung	112.00	8 100
Sydney	»	42.00	1 900
Sirind-Imperial	Bewässerung u. Schifffahrt	108.10	11 000
Djounna Westl	»	78.40	4 600
Tchenab	Bewässerung	65.80	8 900
Godavery	Bewässerung u. Schifffahrt	238.60	5 100

SCHLUSSWORT

Um das allgemeine Interesse auf die schiffbaren Bewässerungskanäle zu lenken, und um die Arbeiten, die über die Theorie und Praxis ihres Baues handeln, zu fördern, ist beschlossen worden, wegen des tatsächlichen Wertes, den die Kanäle in der Entwicklung der civilisierten Länder haben könnten, die vorliegende Frage in das Programm des XI. Inter-

nationalen Kongresses aufzunehmen, wo sie zum ersten Mal diskutiert werden wird.

Wenn man alle die Bedingungen, unter denen die Erbauung von Kanälen gemischten Typs vor sich gehen muss, untersucht, so denke ich, dass die Hauptfrage, über die vom Kongress diskutiert und beschlossen werden muss, folgende ist : In welchem Masse ist es möglich, die Bewässerungs- mit den Schiffahrtskanälen zu vereinigen in technischer und ökonomischer Beziehung, ohne den besonderen Erfordernissen der Schiffahrt und Bewässerung zu schaden.

V. TOUKHOLKA.

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

XI. Congress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt
4. Bericht

BERICHT
VON
W. TOURHOLKA

BLATT I

Fig. 1. Coupe sur AB

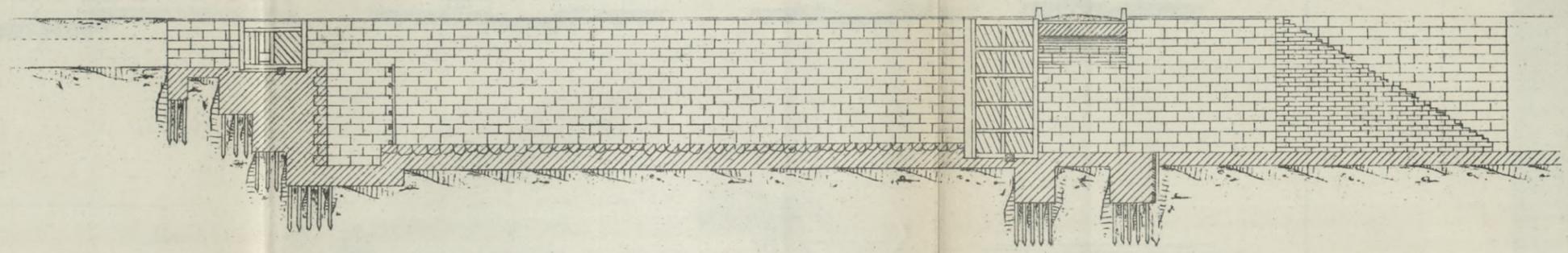


Fig. 2. Coupe sur CD

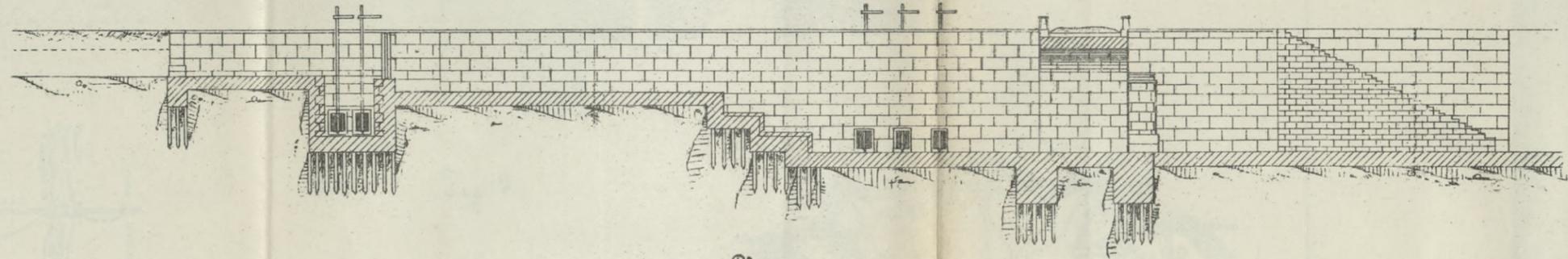


Fig. 3. Plan.

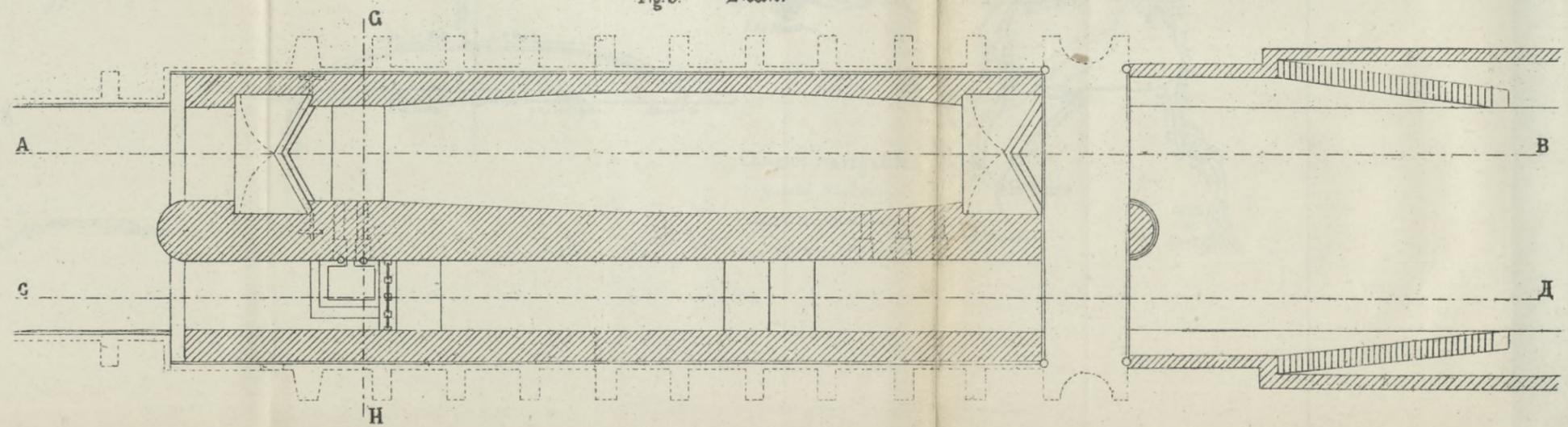
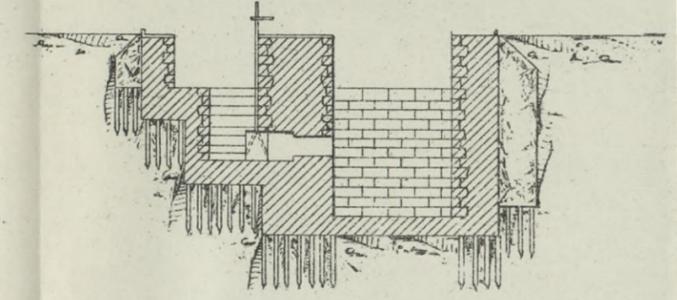


Fig. 4. Coupe sur GH



Echelle des Fig. 1, 2, 3 et 4 de 0,004 pour metre.

