

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschiffahrt
1. Frage

Verbesserung der Mündung der Flüsse, welche sich in Meere
OHNE EBBE UND FLUT ERGIESSEN

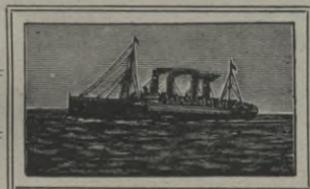
BERICHT

VON

V. E. von TIMONOFF

Direktor der Verkehrswege des Bezirks von Sankt-Petersburg.

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



11-354211

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316799

VERBESSERUNG

DER

Mündung der grossen in die flutlosen Meere mündenden Ströme

BERICHT

VON

Herrn V. E von TIMONOFF

Professor am Institut für Verkehrswege zu Sankt-Petersburg,

Direktor der Verkehrswege des Bezirks von Sankt-Petersburg,

*Mitglied des technischen Oberkollegiums bei der Generaldirektion für Seeschifffahrt
und Handelshöfen,*

Mitglied des Bureaus und der ständigen Kommission der Internationalen Schifffahrts-Congresse

1. Einleitung.

Der Verfasser hat auf dem IX. Internationalen Schifffahrts-Congress, welcher 1902 in Düsseldorf tagte, einen Bericht über die Seekanäle an den Mündungen des Dnjepr und des Bug erstattet. Der Verfasser hat in dieser Abhandlung, in welcher er die Resultate der Untersuchungen klarlegte, die er vorgenommen hat, um an der Mündung des Dnjepr die durch direkte Baggerung hergestellte verbessernden Arm und die bei der Anwendung dieses Verfahrens in dem von ihm bezeichneten Arm erhaltenen Wirkungen zu bestimmen, die Aufmerksamkeit des Congresses auf die Notwendigkeit hingelenkt, die Beschlüsse der Schifffahrts-Congresse in bezug auf die Mündungen der Flüsse ohne Flutwirkungen noch einmal zu prüfen.

Der Verfasser ist erfreut, dass, nachdem sein Vorschlag vom Congress zu Düsseldorf günstig aufgenommen worden, diese Frage dazu berufen ist vor dem X. Schifffahrts-Congress behandelt zu werden. Seinerseits hat Verfasser geglaubt dem Mailänder-Congress ein Projekt von Schlussfolgerungen zur Prüfung vorlegen zu müssen, das die Mündungen der Flüsse ohne Flutwirkungen betrifft, das so viel wie möglich den wirklichen Stand dieser Frage beantwortet und das aus den Studien und der persönlichen Erfahrung des Verfassers hervorgeht.

Diese Schlussfolgerungen berühren überdies nur die Flüsse, deren Mündung derart in Stand gehalten werden soll, dass sie ein Befahren mit Seeschiffen gestatten, und welche mit vollem Recht grosse Ströme genannt werden können. Da sich die Vorschläge des Verfassers den Beschlüssen des Congresses von 1892 anschliessen so empfiehlt es sich diese gleich am Anfange anzuführen :

2. Beschlüsse, die vom Congress für Binnenschifffahrt 1892 in der Frage über die Mündungen der Flüsse ohne Flutwirkung gefasst worden sind.

Die vom Congress für Binnenschifffahrt 1892 gefassten Beschlüsse hinsichtlich der Frage über die Mündungen der in flutlose Meere sich ergiessenden Flüsse sind das Resultat der Prüfung einer grossen Anzahl von Berichten und einer langen lebhaften Erörterung gewesen. Sie sind wie folgt formuliert :

« Wenn man durch Studien oder besser nach Probeversuchen erkennt, dass Baggerungen zwecklos sind, so besteht das einzige Verfahren die Mündung sinkstoffhaltiger, in flutlose Meere sich ergiessender Flüsse zu vertiefen, darin, den einen der Kanäle ihres Deltas durch Paralleldämme bis zur Barre zu verlängern, sodass die verlängerte, zusammengehaltene Strömung über die Barre weg einen tieferen Kanal schaffen und ihre Sinkstoffe weiter hinaus ins tiefe Wasser führen kann.

» Es empfiehlt sich einen der kleinen Mündungsarme auszuwählen, wenn er den Anforderungen der Schifffahrt entspricht oder ihnen leicht angepasst werden kann, und man muss sich hüten, die Strömung in den anderen Armen zu behindern. Das Delta rückt bei einem der kleinen Arme langsamer vor und die Entfernung bis zur Barre ist geringer, wodurch weniger Kosten für den Bau der Dämme entstehen ; andererseits würde man, wenn man die Wassermenge dadurch vermehrte, dass man die Strömung in den anderen Armen behinderte, gleichzeitig den Sinkstoffgehalt vermehren, das Vorrücken des Deltas beschleunigen, und rascher die Verlängerung der Dämme notwendig machen.

» Der Erfolg des Dammsystems beruht auf einer schnellen Vertiefung des Meeres gegenüber der Mündung, auf der Feinheit und Leichtigkeit der mitgeführten Sinkstoffe sowie auf dem Vorhandensein einer Küstenströmung, auf deren Geschwindigkeit und auf der Tiefe, bis zu welcher ihr Angriff reicht.

Jede abschwemmende Wirkung der Winde und Wellen an den Ufern des Deltas ist diesem System günstig sowie jede Verminderung der Seewasserdichte, wie man sie zum Beispiel in einem Binnenmeere antrifft.

» Wenn der Meeresgrund eben ist, wenn die Sinkstoffe zum grössten Teil eine grosse Dichte haben, sodass sie nicht auf dem Grunde des Flusses oder dicht über diesem Grunde mitfortgeführt werden können, wenn die Mündung den vorherrschenden Winden der Gegend gegenüberliegt und endlich, wenn gar keine Küstenströmung vorhanden ist, dann kann die Verbesserung der Mündung unausführbar werden. Alsdann hat man seine Zuflucht zu einem Seitenkanal zu nehmen, welcher sich in einer gewissen Entfernung stromaufwärts der Flussmündung von dem Flusse abzweigen und jenseits der Einflusszone der vom Fluss mitgeführten Sinkstoffe in das Meer auslaufen muss.

» Das Dammsystem giebt keine dauernde Verbesserung; früher oder später, in dem Masse, in welchem die physischen Verhältnisse ungünstig oder günstig sind, bildet sich etwas weiter entfernt eine Barre, und eine Verlängerung der Dämme wird nötig.

Jetzt seit 1892 hat man neue Kenntnisse gesammelt, nämlich die, dass einerseits die Paralleldämme selbst in günstigen Fällen wie bei der Donau und dem Mississippi nicht imstande sind, der gegenwärtigen Schifffahrt die notwendigen Tiefen zu geben; andererseits, dass es den modernen Baggern leicht gelungen ist, der Schifffahrt die Mündungen zu öffnen, welche vollständig durch Sinkstoffablagerungen gesperrt waren, z. B. die Mündungen des Dnjepr und andere.

Indem ich die Revision der Beschlüsse des Kongresses von 1892 für erforderlich halte, fühle ich mich verpflichtet, der vom Kongress von 1892 vollendeten Arbeit betreffend das Studium der Mündungen meine Hochachtung auszudrücken. Die sehr ausführlichen Berichte der Herren Franzius, Troost, Vandervin, Corthell, Guérard Mengin-Lecreulx, Vernon-Harcourt, Welker und die Ausführungen der Redner, die sich an der Discussion beteiligten, z. B. die Herren Fargue, Vauthier, Laroche, haben die Fehler aus Licht gebracht, welche dadurch beseitigt wurden, dass man für die Verbesserung durch Dämme einen zu grossen Arm (die Rhône) wählte und Nebenarme (die Rhône, die Wolga) abdämmte; auch haben sie für die Zukunft mehr auf dem Stande der Wissenschaft und der Ingenieurkunst gegründete Begriffe formuliert. Wenigstens ist jetzt die Zeit gekommen, um noch einen Schritt vorwärts zu tun.

Um diesen Fortschritt zu begründen, werde ich die Aufmerksamkeit des X. Schiffahrtskongresses auf eine bestimmte, übrigens möglichst begrenzte Anzahl von Tatsachen lenken. Aber vor allem muss man den Umschwung in den Anschauungen der Ingenieure hinsichtlich der Baggerungen hervorheben, ein Umschwung, welcher während des letzten Jahrzehnts des 19. Jahrhunderts sich vollzogen hat und welcher in auffallender Weise in den Beschlüssen des Internationalen Schiffahrtskongresses von 1901 zu Tage getreten ist.

3. Beschlüsse, welche vom Schiffahrtskongress 1900 über die Frage der Verbesserung der Flüsse durch Baggerungen gefasst worden sind.

Die Barre, welche sich vor der Mündung eines Flusses ausbreitet, ist das letzte einer langen Reihe von Hindernissen, die sich in Form von Schwellen dem Flusse auf der ganzen Länge seines Laufes entgegenstellen. Obgleich Natur und Ursprung einer Barre nicht denen einer Binnen-Schwelle genau gleichen, so ist die Aehnlichkeit doch zu gross, als dass nicht ein Mittel, das gegen diese letzteren sich bewährt hat, auch auf die Barre anwendbar wäre. Das Studium der etwa möglichen Resultate aus der Anwendung dieses Mittels, ist um so notwendiger, als die Sinkstoffe des Flusses bei ihrer Fortbewegung nach dem Meere die äussere Barre beständig zum Meere hin verschieben und der durch dieselbe eingenommene Platz später ein Teil des eigentlichen Flussbettes wird.

Es ist also von Vorteil, sich hier die letzten Beschlüsse, die von dem Internationalen Schiffahrtskongress hinsichtlich der Verbesserung der Flusswellen gefasst wurden, ins Gedächtnis zurückzurufen. Gerade der Kongress von 1900 hat sie in Paris in Verfolg einer langen Verhandlung formuliert, welche angeregt war durch meinen Bericht über « Die Regulierung der grossen Flüsse durch Baggerungen und Wasserströmung » (Siehe V. E. de Timonoff, Regulierung der grossen Flüsse, 15 Seiten, 3 Taf., Paris, 1900). Diese Beschlüsse sind : « In dem Masse wie Abmessungen und Abflussmenge der Flüsse zunehmen, und ihr Gefälle abnimmt, erfordert die Regulierung, nämlich die Ausführung fester Werke, Leitdämme oder Bühnen, eine Ausgabe von Zeit und Geld, die in der Praxis bis an eine tatsächliche Unmöglichkeit grenzt. Gleichzeitig haben die Baggereinrichtungen seit einigen Jahren Vervollkommenungen

erfahren, welche in unerwartetem Masse die Leistungsfähigkeit und Sparsamkeit dieses Arbeitsmittels vermehrten.

» Auf den grossen Strömen ist, wenn der Verkehr es rechtfertigt, die Vornahme von Baggerungen, verbunden mit Uferbefestigungen, — eintretenden Falls müssten diese Baggerungen von Zeit zu Zeit von neuem ausgeführt werden, — ein bewährtes Mittel und wirklich das einzig praktische. Man kann sogar sagen, dass man auf Flüssen von geringerer Abmessung im Zusammenwirken mit festen Regulierungsbauten nützlicher Weise den Baggerungen grössere Ausdehnung geben kann, als dies gegenwärtig geschieht.

Der Schiffahrtskongress von 1900 hat in seiner vorhergehenden Resolution die Notwendigkeit bezeichnet, das Arbeitsmittel, welches dazu verwandt wird, die Bedingungen der Schiffbarkeit eines Flusses zu verbessern, seiner Abflussmenge, seinen Abmessungen und der Stärke seiner Strömung anzupassen. Je grösser die Abflussmenge eines Flusses, je bedeutender seine Abmessungen, je schwächer sein Gefälle, je stärker die Anforderungen der Schiffahrt — dies wollen wir hinzufügen — desto weniger ist die Regulierung durch feste Bauten anwendbar und desto mehr wird das Baggerungsverfahren das einzig zweckmässige.

Diese Betrachtungen, welche für den einen Fluss gelten, gelten auch für den andern, und passen erst recht für ein und denselben Fluss. Nun ist im allgemeinen die Mündung der Punkt, wo die Abflussmenge eines Flusses ein Maximum, seine Abmessungen die grössten, sein Gefälle ein Minimum und die Anforderungen der Schiffahrt am höchsten sind. Vorzugsweise müssen also hier bei grossen Flüssen Baggerungen auf Grund der Beschlüsse des Kongresses von 1900 einzig und allein zweckmässig sein. Wir werden des Weiteren sehen, dass diese Annahme sich durch die Erfahrung bei den Arbeiten bewährt hat, welche an den Mündungen aller grossen, sich in flutlose Meere ergiessenden Flüsse, ausgeführt sind.

Die Mündungen der Newa.

Im Delta der Newa liess Peter der Grosse 1703 die neue Hauptstadt von Russland, Sankt Petersburg, erbauen.

Der grösste Fehler bei der Herstellung des Hafens von Sankt Petersburg ist der, dass man ihn auf der Barre der Newa erbaute, deren tiefstes Fahrwasser nur 9 1/2 englische Fuss Tiefe

hat. Er ist sofort erkannt worden, und schon Peter der Grosse wurde genötigt, ein Mittel ausfindig zu machen, um dort Abhülfe zu schaffen. Dieses von ihm beabsichtigte Mittel bestand in der Erbauung eines Seitenkanals, welcher längs der Küste der Newabucht entlang laufen sollte, um im Meere in der Höhe von Kronstadt zu münden, einer Festung, welche auf einer 30 Kilometer von Sankt Petersburg entfernten Insel erbaut ist. (Siehe die Karte, Taf. I.) Der von Peter dem Grossen beabsichtigte Kanal ist nicht ausgeführt worden, aber Kronstadt ist durch die Macht der Ereignisse der Handelshafen von Sankt Petersburg geworden. Fast bis auf den heutigen Tag wurden in Kronstadt die Umladegeschäfte der für Sankt Petersburg bestimmten Waren, oder derjenigen, welche von Sankt Petersburg kamen, um ins Ausland zu gehen, bewerkstelligt. Fahrzeuge für Binnenschiffahrt und eine besondere Flotte von Leichterschiffen fuhren auf den 30 Kilometern der Newabucht, welche Sankt Petersburg von Kronstadt trennen, hin und her, wirklichen Gefahren die Stirn bietend, sich oft im Meere verlierend, und immer grosse Ausgaben an Zeit und Geld erfordern.

Als man aber diese Sachlage dadurch ändern wollte, dass man einen tiefen Seitenkanal in dem Vorderdelta des Stromes herstellte, stiess man auf grosse Schwierigkeiten. Die grösste war, dass sich nichts mehr ändern liess, dass der Handel sich ungünstig entwickelte derart, dass die Konsumenten alle Kosten tragen mussten, während die Zwischenhändler, besonders die Eigentümer der Leichterschiffe, selbst ausgezeichneten Gewinn davontrugen. Eine andere ebenso grosse Schwierigkeit war der unsichere Erfolg eines Seekanals, welchen man 22 Fuss tief, direkt durch die Barre der Newa hindurchgehend zu haben wünschte. Der Seekanal von Kronstadt nach Sankt Petersburg ist indessen durch die Barre der Newa hindurch ausgebagert und 1885 feierlich für die Schifffahrt eröffnet worden (Siehe Fig. 1). Der Seekanal von Kronstadt hat eine Gesamtlänge von 23 Werst (24,25 km), und 22 Fuss Tiefe. Er ist auf den ersten 10 Kilometern eingedämmt und auf dem übrigen Teil seines Laufes offen. Seine Breite in der Sohle beträgt 65 bis 85 m in dem eingedämmten Teil und bis 107 m in dem offenen Teil. Die Unterhaltung der Tiefe von 22 Fuss erfordert jährlich den Aushub von etwa Hunderttausend Kubikmetern und eine Ausgabe von einigen Dreissigtausend Rubeln. Die Gesamtkosten der Arbeiten des Kanals und des sich daran anschliessenden Hafens betragen 32 Millionen Francs.

Das an sich günstige Resultat, welches man an der Mündung der Newa durch den Durchstich der Barre mit Hilfe direkter Baggerungen erhalten hat, ist dennoch weit davon entfernt, dem gegenwärtigen Handel gerecht zu werden, da der Seekanal nur Fahrzeugen mit 21 Fuss Tiefgang im Maximum die Durchfahrt gestattet. Die Fahrzeuge mit einem grösseren Tiefgang halten in Kronstadt an. Die Vertiefung des Seekanals bis auf 28 Fuss ist demnach beschlossen, und die Baggerarbeiten sind schon in der Ausführung begriffen. Zweifellos werden in einigen Jahren diese Arbeiten vollendet sein, und der Hafen von Sankt Petersburg sowie der ganze Lauf der Newa wird, da sie sehr grosse natürliche Tiefen besitzt, durch einen Kanal von 28 Fuss Tiefe mit dem Meere verbunden sein. Dieser Kanal wird mittelst Baggerungen durch eine sehr hochgelegene Barre hindurchgeführt werden und sich über eine Länge von ungefähr 30 Kilometern erstrecken.

5. Die Mündungen der Wolga.

Die Mündungen der Wolga hatte ein Bericht des Verfassers auf dem V. Internationalen Schiffahrtskongress 1892 in Paris zum Gegenstande. (Siehe die Mündungen der Wolga, 42 Seiten, 3 Tafeln, Paris, 1892.) In diesem Bericht verweilt der Verfasser des längeren bei der Geologie der Kaspischen Senkung, der Natur der Wolga stromaufwärts des Deltas, des Wolga-Deltas selbst, der Talrichtung stromabwärts, bei den ausgeführten Arbeiten und endlich bei der Schifffahrt und ihrer Zukunft. Er hat daraus gleicherweise Schlussfolgerungen von allgemeiner Tragweite gezogen, welche der Kongress ausdrücklich bei seiner Beschlussfassung über die Mündungen ohne Flutwirkung in Betracht ziehen wollte. Besonders inbetreff des Beispiels über Baggerungen in der Wolga und in den übrigen in meinem Bericht erwähnten russischen Flüssen z. B. dem Don, der Newa, dem Dnjepr — Beispielen, welche während der Erörterung durch andere Baggerungserfolge an den Mündungen unterstützt wurden — hat der Kongress die Notwendigkeit anerkannt, jede Korrekionsarbeit der Mündungen ohne Flutwirkung durch Studium oder besser durch Probegaggerungen zu beginnen.

Im gegenwärtigen Bericht wird sich Verfasser mit der Frage der Wolga-Mündungen nur sehr kurz befassen, indem er nur die Schlussfolgerungen seines Berichtes von 1892, begleitet von einigen Beobachtungen, wiedergeben wird.

Die Mündungen der Wolga sind vom Meere aus nur durch zwei Arme zugänglich, dem Bakhtemir, welcher eine Fahrrinne von 2,44 m Tiefe im Maximum bei ruhigem Wetter hat, und dem Kamysiak, dessen Fahrwasser nur 1 m aufweist.

Diese Tiefen können sich durch günstige Winde bis auf 12 (3,66 m) und selbst 14 Fuss (4,27 m) im Bakhtemir und bis zu 8 Fuss und vielleicht mehr im Kamysiak vermehren. Die Landwinde vermindern dagegen die Tiefe im Fahrwasser der beiden Arme derart, dass sie dieselben selbst für Fahrzeuge von sehr geringem Tiefgange beinahe unbefahrbar machen.

Die Folge davon war die Errichtung einer Seestation. Sie befindet sich im offenen Meere bis 30 km von der Küste entfernt und hat keinen natürlichen oder künstlichem Schutz. Das ist die « 9 Fuss-Reede ». Eine andere ähnliche Reede ist noch weiter hinaus, bis 60 km von der Küste entfernt, mit bei ruhiger See 12 Fuss Tiefe errichtet worden. Auf diesen beiden Reeden werfen die Fahrzeuge des Kaspischen Meeres Anker. Dort erfolgt das Uebernehmen der Waren und der Reisenden auf die Leichterboote und die Packetboote, welche den Dienst zwischen den Reeden und dem Hafen von Astrachan versehen. Diese Operationen werden oft durch die Winde unterbrochen, die zwar selten gefährliche jedoch immerhin unbequeme Wellen erzeugen aber doch schnelles Sinken des Wasserspiegels hervorrufen. Hierdurch werden die Fahrzeuge genötigt ihren Platz zu verlassen und, um nicht zu scheitern, ins offene Meer zu gehen.

Die Erfahrung, welche man mit den gegenwärtig in den Armen des Wolgadeltas ausgeführten Arbeiten macht, giebt über die Art den Zustand der Fahrrinnen zu verbessern, folgende Fingerzeige.

Die in einer der Fahrrinnen des Kamysiak in den Jahren 1858-1869 ausgeführten Regulierungsarbeiten wiesen traurige Resultate auf. Die Schliessung der Nebenarme, die Vereinigung der Wassermengen und der Sinkstoffe in einem einzigen Arme, schlecht angelegte Paralleldämme, der langsame Gang der Arbeiten infolge der Unzulänglichkeit der Geldmittel, die geringe Leistungsfähigkeit des Baggers, der herbeigeschafft war, um die Wirkung der Dämme zu unterstützen, alles das hat genau dieselben üblen Folgen wie an den Mündungen der Rhône gehabt. Der beabsichtigte Zweck wurde nicht erreicht, und die natürliche Tiefe, welche vor dem verbesserten Arm des Kamysiak bestand, hat infolge der Regulierungsarbeiten, trotzdem diese mehr als 4 Millionen Francs gekostet haben, abstatt zugenommen.

Ganz anders wurde es, als nach diesem Fehlschlag Baggerungen in dem Arm des Bakhtemir unternommen wurden. Die in den Fahrinnen des Bakhtemir in den Jahre 1874-1882 ausgeführten Baggerarbeiten haben die Hoffnungen, welche man auf sie, als den einzigen Ausweg setzte, übertroffen. Mit sehr geringen Kosten war es möglich, die natürliche Fahrwassertiefe von 4 auf 8 Fuss (2,44 m) zu verdoppeln. Die Unterhaltung der so vertieften Kanäle ist mit einem einzigen Bagger von 40 P. S. ausgeführt worden, obgleich die Breite der Kanäle 128 m und ihre Gesamtlänge 10 Kilometer betrug. Bei der Ausführung der Unterhaltungsarbeiten konnte man sogar schrittweise die Tiefe des ausgebaggerten Kanals vernehmen und die Baggerungen derart ausdehnen, dass man der Schifffahrt eine Wassertiefe gewährleisten konnte, welche immer beträchtlicher wurde und heute ungefähr 9 Fuss erreicht. Zu diesem Zweck ist ein neuer Bagger für die Arbeiten der Wolgamündungen gebaut worden; er ist gleichzeitig als Pumpenbagger und als Eimerkettenbagger eingerichtet.

Also, wie ich schon in meinem Bericht von 1892 gesagt habe und es wiederum ausspreche, muss man nur allein durch Baggerungen dem Flussbette und zwar seinen Fahrinnen eine wenigstens 14 Fuss (4,27 m) tiefe Einfahrt geben, durch welche Astrachan den ihm gebührenden Rang als Seehafen einnehmen würde. Der Arm, welcher meines Erachtens sich am besten für die Verwirklichung dieses Gedankes zu eignen schien, ist der Kamysiak, in welchem bereits Regulierungen vorgenommen worden sind. Er ist die kürzeste, die gradeste und die tiefste Verbindung zwischen den grossen Meerestiefen (gross für jene Gegend) und Astrachan. Er weist nur eine einzige schwierige Stelle nämlich die übrigens verhältnismässig schmale Barre auf. Er besitzt hinsichtlich der vorherrschenden Winde eine günstige Lage. Die Abflussmenge derjenigen seiner Mündungen, welche sich am besten für die Korrekationsarbeiten eignet, ist gering. Die eingehenden Studien der in den Wolgamündungen seit 1891 ausgeführten Arbeiten haben vollkommen die Richtigkeit meiner Wahl des Armes bestätigt.

Da der Untergrund schlammiger Sandboden ist, scheinen sich die Baggerungen mittelst Pumpenbaggern am sparsamsten zu erweisen. Hydraulische Förderung bei den Baggerungen würde hier eine vorteilhafte Anwendung finden. Die Baggermassen werden jedoch, wie ich im Jahre 1892 ausgeführt habe, auf geringe Entfernung zu beiden Seiten des Kanals abgelagert werden müssen, sodass sie Schutzdämme gegen die seitlichen

Anschwemmungen des Meeres bilden. Die einmal begonnenen Arbeiten müssen mit der grössten Energie fortgeführt werden, um so viel wie möglich die Uebergangsperiode vom alten zum neuen Zustande zu verkürzen. Wenn man zu langsam vorginge, würde man übrigens die Aushubmassen vermehren, die Zinsen des angelegten Kapitals und das Zutrauen der öffentlichen Meinung verlieren.

Lassen Sie mich, bevor ich diesen kurzen Auszug aus meinem Bericht vom Jahre 1892 über die Mündungen der Wolga beende, noch bemerken, dass Verfasser sehr erfreut gewesen ist, die allgemeinen Gedanken, welche er im Jahre 1892 zum Ausdruck brachte, in den Bestimmungen wiederzufinden, welche im Jahre 1902 die Regierung der Vereinigten Staaten hinsichtlich der Mississippimündungen getroffen hat.

6. Die Mündungen des Dnjepr und des Bug.

Während die unter der Leitung einer internationalen Kommission ausgeführten Arbeiten an der Donaumündung, der Gegenstand sehr eingehender und sehr zahlreicher Veröffentlichungen gewesen sind, wussten die Ingenieure und das Publikum beinahe nichts von den in so geringer Entfernung der Donau ausgeführten Arbeiten — an den Mündungen des Dnjepr und des Bug.

Um diese Lücke in dem Zusammenhange der gegebenen Beschreibungen über die Verbesserung der Einfahrt der an den Mündungen grosser Ströme gelegenen Häfen auszufüllen, glaubte Verfasser dem IX. Schiffahrtskongress eine Beschreibung der Seekanäle an den Mündungen des Dnjepr und des Bug unterbreiten zu müssen. Ohne hier etwa auf den gesamten Gegenstand zurückkommen zu wollen, glaubt Verfasser indessen die charakteristischen Züge der Arbeiten am Dnjepr in Erinnerung bringen zu müssen, soviel wie dies nötig ist, um die Schlussfolgerungen des gegenwärtigen Berichtes zu begründen, da er andererseits dem VI. Kongress für Binnenschifffahrt eine vollständige, hydrographische Beschreibung des Dnjepr unterbreitet hat. (Siehe die Stromschnellen des Dnjepr von Herrn V. E. von Timonoff, Sankt Petersburg, 1894, 124 Seiten, 64 Zeichnungen, 10 photographische Tafeln.)

Der an den Mündungen des Dnjepr und des Bug verfolgte Arbeitsgang bei der Verbesserung der Schiffahrtsbedingungen der Fahrrinnen, war übereinstimmend mit den Ansichten des

Kongresses von 1892, denen er übrigens um vieles vorangegangen ist. Die ersten Arbeiten an der Einfahrt des Dnjepr im Jahre 1828 auf der Barre von Otschakoff und im Jahre 1875 in dem Arm Belogradow auf der Strecke nach Cherson, waren in der That ausschliesslich Baggerungsarbeiten. Ihr unbestrittener Erfolg war nur von kurzer Dauer — hieran trug jedoch nicht das Regulierungsverfahren die Schuld — weil die einmal geöffneten Kanäle in der Folge ohne Unterhaltungsbaggerungen gelassen worden sind. Daher verlor man nicht den Mut und zögerte nicht, wiederum mit Hilfe von Baggerungen die Tiefe in der gemeinsamen weiten Flussmündung des Dnjepr und des Bug in der Nähe von Otschakoff zu vergrössern und schuf auf diese Weise im Jahre 1883 den 20 Fuss tiefen Seekanal Otschakoff, der seitdem sehr leicht erhalten werden konnte. Wenn man daraufhin einen neuen Versuch mit den eigentlichen Mündungen des Dnjepr machte, so nahm man sich vor durch Baggerungen hier einen neuen Seekanal in einem noch sehr lebhaften Delta zu erschaffen. Nur um ein möglichst sicheres und schnelles Resultat zu gewinnen und es leicht dauernd zu behalten, hat man sich angelegen sein lassen, die zu verbessernde Fahrrinne mit Sorgfalt auszuwählen und der Baggerflotte die nötige Leistungsfähigkeit zu geben.

Den Verfasser dieses Berichtes hat der Wegehau-Minister im Jahre 1891 mit dem Studium der Mündungen des Dnjepr und der Wahl des zu verbessernden Armes betraut. Der Zustand des Mündungen war zu diesem Zeitpunkt ein sehr schlechter.

Die Studien des Verfassers in den Jahren 1891 und 1892 liessen ihn zu dem Schluss kommen, dass der Erfolg von Korrektionsarbeiten einer schiffbahren Fahrrinne an den Mündungen des Dnjepr am besten gesichert sein würde, wenn man unter den sehr zahlreichen Armen des Deltas einen fände, der nicht die Fehler der früher zur Verbesserung ausgewählten Fahrrinne Belogradow besitzt. (Siehe Figur 3.)

Ein solcher Arm müsste nach Ansicht des Verfassers folgenden Anforderungen genügen :

Es müsste zwischen dem Punkte der Abzweigung oder der Spitze des Deltas und der Barre natürliche Tiefen besitzen, welche für die grossen Fahrzeuge genügen, die dort nach der Verbesserung der Aussenfahrerinne verkehren werden.

Die benetzten Querschnitte und die Abflussmenge dieses Armes dürften nicht die von der Schifffahrt geforderten Minima um vieles überschreiten, damit sie nur gegen eine möglichst geringe feste Abflussmenge zu kämpfen hat. Der fragliche

Arm müsste in einem Punkte des Deltas ins Meer münden, in welchem das Vorrücken der Anlandungen langsam ist, und es müsste möglichst weit von den Hauptarmen mit grosser Abflussmenge entfernt sein. Die Barre vor diesem Arme müsste möglichst schmal sein, damit das Ausheben und Unterhalten des Kanals auf ein Minimum der Länge beschränkt wird. Endlich müsste der zu verbessernde Arm eine derartige Richtung haben, dass der auszuführende Kanal nach Maszgabe des Vorrückens des Deltas quer durch die Barre hindurch verlängert werden könnte. Durch das Studium des Dnjeprdelta hat Verfasser die Ueberzeugung gewonnen, dass der Nordarm, der «Rwatsch», der bisher vollständig unbeachtet geblieben war mit einem seltenen Glück allen den Anforderungen entsprach, welche hinsichtlich eines zu verbessernden Armes gestellt werden könnten.

Nachdem die unangenehmste Aufgabe, die Wahl des Armes, so glücklich gelöst war, stützten sich die folgenden Studien auf das Programm der zu verwirklichenden Arbeiten. Das vom Verfasser aufgestellte Programm umfasst die folgenden Grundzüge: *a)* eingehendes Studium des Nordteiles vom Delta und vom Dnjepr-Liman, sowie des Laufes des Rwatsch, um die genaue Richtung zu bestimmen, nach welcher ein Seekanal durch Baggerungen in der Verlängerung dieses Armes geöffnet werden könnte.

b) Schaffung dieses Kanals durch Baggerungen mit einer zuerst bis 14 Fuss reichenden Tiefe, um der Schiffahrt so früh wie möglich an den Mündungen Vorteile zu verschaffen gegenüber dem bisherigen Zustande (9 Fuss im Zburiewarm).

c) Schrittweise Vermehrung der Tiefe des Seekanals bis auf 17-18 Fuss durch weitere Baggerungen, um den Hafen von Cherson für Dampfschiffe zugänglich zu machen, welche die Häfen des Schwarzen- und des Mittelländischen Meeres anlaufen.

d) Nachträgliche Vermehrung der Tiefe des Seekanals bis zu 22 Fuss durch Baggerungen, je nachdem dies zulässig sein wird, mit Rücksicht auf die Mittel, über welche man für diese Ausführung verfügen wird, sei es dass sie vom Staate bewilligt, sei es, dass sie aus einer zu erhebenden Abgabe gewonnen werden.

Diese Beschlüsse fanden die Bestätigung des Herrn Wegebau-ministers und im Jahre 1899 wurde schon das Programm, soweit als es sich um die Schaffung eines Kanals von 17 1/2 Fuss

Tiefe handelt, verwirklicht. Der Kanal hat einen kurzen Schutzdeich gegen die Anschwemmungen des Nachbararmes; im übrigen Teil seines Laufes ist er offen.

Dieser Erfolg, durch welchen in fünf Jahren ein Seekanal von 17 1/2 Fuss Tiefe auf einer 1 1/2 Fuss tiefen Barre hergestellt wurde, hat bewirkt, dass ohne Zögerung für die späteren Vertiefungsarbeiten des Kanals Otschakoff bis zu 30 Fuss und die Schaffung des Kanals Nikolajef mit derselben Tiefe-Baggerungen ohne jedes feste den Lauf einengende oder ihm die Richtung vorschreibende Bauwerk genehmigt wurden. Alle diese Arbeiten befinden sich schon auf dem Wege der Vollendung.

7. Die Mündungen der Donau.

Die Literatur der Donaumündungen ist so reichhaltig und umfassend, dass Verfasser wenig Dank finden würde, wollte er hier auf Einzelheiten hinsichtlich der ausgeführten Arbeiten an der Einfahrt dieses internationalen Stromes eingehen. Der Leser, welcher das Bild dieser Arbeiten sich vor Augen zu führen wünscht, das mit bedeutender Gelehrsamkeit gezeichnet ist und auf alle Fragen für die Zeit von 1857 bis 1891 Antwort giebt, könnte nichts besseres tun als das Werk von Herrn Voisin Bey zu Rate zu ziehen. (Beschreibung der Verbesserungsarbeiten der Donaumündung und des Sulinaarms. Paris, 1893, 512 Seiten, 4 Tafeln.) Die Geschichte der Donaumündungen während der letztverflossenen Jahre, welche nach den durch Errichtung von Paralleldämmen erreichten Erfolgen eine Zeit grosser Hemmnisse und grosser Verluste für den Seehandel gewesen waren, da die Tiefe des Kanals unzureichend wurde, ist durch Herrn Civil-Ingenieur C. H. L. Kühl geschrieben worden, unter anderen in seinem Bericht von 1901 auf dem Internationalen Ingenieur-Kongress zu Glasgow. (*Recent Improvements effected in the navigable condition of the Sulina branch and outlet of the Danube*, Glasgow 1901.)

Die Korrektur der Donaumündung ist durch die Errichtung von zwei in den Jahren von 1858 bis 1861 an der Einfahrt des Sulinaarms ausgeführten Dämmen erreicht worden. (Siehe Seite 4.) Diese Dämme nähern einander auf der Strecke vom Ufer bis an die Grenzen des Hauptkanals und verfolgen darauf, sich von der Küste weiter entfernend, eine parallele Richtung; sie sind bis auf die alten Tiefenlinien von 4,90 m bis 5,20 m verlängert worden über den Platz hinaus, welchen die Barre im Jahre 1857 einnahm, deren Rücken ungefähr 1 000 m von

der Küste entfernt war. Die Strömung ist auf diese Weise konzentriert und auf die Barre gerichtet worden, welche ihrerseits nach einer anderen Stelle verlegt wurde. Die Tiefe in dieser Fahrrinne ist nacheinander auf 2,75 m im Jahre 1857 und auf 6,25 m im Jahre 1873 gebracht worden. Die Erbauung der Dämme hat mehr als 4 Millionen Francs gekostet.

Dadurch dass die Dämme nur 1500 m aus der Küste vorspringen, ist die Wirkung der Wellen auf den Strand, welche durch die Winde und die sich gegen den Bosphorus richtende Küstenströmung aufgewühlt werden, aus dem Gleichgewicht gebracht worden; die Küste im Norden der Mündung ist infolgedessen zernagt und ihre Neigung von 1 : 104 auf 1 : 33 gebracht worden. Dagegen haben schützende Ablagerungen am Süddamme stattgefunden; eine Barre hat sich unterhalb der Mündung gebildet und die Niveaulinien dieser Seite haben sich nach dem offenen Meere hin verschoben. Der schiffbare Kanal ausserhalb der Dämme hängt, was seine Richtung und Tiefe anbetrifft, von der Gestaltung der Barre ab. Diese Barre vergrössert sich gegen Osten und Norden unter der Einwirkung der Anschwemmungen des Meeres, welche von Norden und Süden kommen, sowie unter der Einwirkung der Flussanschwellungen, welche viele Sinkstoffe ablagern. Gegenüber der Mündung haben sich von 1851 bis 1891 die Tiefenkurven von 7,30 m und 9,15 m nach dem offenen Meere hin um 530 m und 650 m entfernt. Das ist jährlich um 18 m und 22 m. Der ganze unterseeische Strand, welcher sich vor den Arbeiten von der Sulina-Mündung in sanfter und regelmässiger Neigung ausdehnte, ist vollständig unter der Einwirkung, welche die Dämme auf die Bewegung der Sinkstoffe längs der Küste hervorgebracht haben, umgewandelt und entstellt worden. Diese Umgestaltung verbunden mit der Einwirkung der Sinkstoffe des Flusses, hat den Ausgängen der Sulina-Mündung ein der Schifffahrt ungünstiges Profil gegeben, welches bei der Aufrechterhaltung der nötigen Tiefe viel grössere Schwierigkeiten verursacht, als die Mündung in ihrem unberührten Zustand. (Vergleiche Fig 5-9.)

Der relative Erfolg der am Sulina erbauten Dämme, welchen man lange Zeit für unbestritten hielt, hat grösstenteils seinen Grund in den örtlichen Verhältnissen, welche ausnahmsweise günstig waren und lange Zeit nicht die Kehrseite der Medaille sehen liessen.

Der Fluss führt verhältnissmässig nur wenig Sinkstoffe mit ungefähr $\frac{1}{6}$ 700 seines Volumens, das heisst dreimal weniger

als die Rhône. Diese Stoffe haben überdies ein geringes spezifisches Gewicht, was der Strömung erlaubt sie auf beträchtliche Strecken ins Meer zu führen. Das spezifische Gewicht des Wassers im Schwarzen Meere, welches nur 1,017 ist, wenn das des Wassers im Mittelländischen Meere 1,040 beträgt, ist ein weiterer günstiger Umstand für die Ausbreitung des Seisswassers auf weite Entfernung, welches bei seinem Eintritt ins Meer auf geringeren Widerstand stösst. Das Vorhandensein einer ziemlich konstanten Küstenströmung, die Einwirkungen sehr starker Winde, welche in derselben Richtung wehen, und diejenigen der im Schwarzen Meere ziemlich häufigen Stürme vermindern beständig in gleichem Grade das Vordringen des Süswassers, wie sich die Tiefen gegenüber der Mündung verringern.

Der schon erwähnte Bericht von Herrn C. H. L. Kühl, Ingenieur der Internationalen Europäischen Donau-Kommission über die neuen Schiffahrtsverbesserungen in dem Arme und der Mündung des Sulina, zeigt uns indessen, dass trotz aller dieser günstigen Umstände der Erfolg der Arbeiten absolut unsicher und der Sulinakanal ausser Stande sein würde, selbst Fahrzeuge von mittlerer Tonnenzahl zuzulassen, wenn nicht eine fortschreitende Entwicklung der Korrektionsmittel grosser Ströme durch Baggerungen eingetreten wäre. Als die Internationale Donau-Kommission sich zum ersten Male in der Erfüllung der ihr gestellten Aufgabe versuchte, wandte sie für die Vertiefung des Kanals in dem gewählten Arme und für die der Barre an seiner Einmündung das Regulierungsmittel an, welches zu jenem Zeitpunkte das rationellste schien, nämlich den Strom einengende Bauten. Aber schon im Jahre 1866 wurde für die Arbeiten im Innenkanal des Sulinaarms der erste Eimerkettenbagger von 80 P. S. erbaut, und von diesem Augenblick an nahmen die künstliche Vertiefung und die Begradigung des Bettes durch Baggerungen immer bedeutendere Dimensionen an. Jetzt sind ausser dem vorhin erwähnten zwei weitere Bagger auf dem Innenkanal des Sulinaarms im Betriebe :

Der « Delta » von 180 P. S. und der « Hartley » von 250 P. S. Der erstere stammt aus dem Jahre 1881 der letztere aus dem Jahre 1891 ; alle Beide sind mit Eimern ausgerüstet und mit Schlamm-pumpen versehen. Mit Hilfe dieser Bagger ist der Innenkanal des Sulinaarms gründlich begradigt worden. Man hat dort sehr bedeutende Kupierungen ausgeführt, durch welche man die scharfen und für die Schiffahrt unbequemen Kurven begradigt hat. Der Kanal ist verbreitert worden und seine Mi-

nimaltiefe, welche im Jahre 1862 10 Fuss über Null betrug, ist im Jahre 1902 bis auf 20 Fuss unter Null gebracht worden. Während der Regulierungsarbeiten durch Baggerungen kam es häufig vor, dass man gleichzeitig mit dem Baggerboden die früher hergestellten festen Regulierungswerke, welche sich in der neuen Schifffahrtsstrasse befanden, mit Hilfe der Bagger herausholen musste.

Die Baggerungen der Sulinabarre begannen sehr viel später. Dank der ausnahmsweise günstigen weiter oben angeführten Bedingungen haben die an der Mündung erbauten Dämme ausserordentlich schnell die Tiefe auf der Barre bis auf 20 1/2 Fuss im Jahre 1873 vermehrt. Dieses Grenzmaximum schwankte jedoch und verminderte sich häufig infolge der Wirkung der Wellen und der beständigen Versandung der Küste an den Einfahrten der Dämme. Ja, noch mehr, diese Tiefe von 20 1/2 Fuss wurde seit 1880 für grosse beladene Schiffe unzureichend. Im Jahre 1888 mussten 142 Fahrzeuge ihre Ladung im Meere vollenden, im Jahre 1889, 172 ; im Jahre 1890, 207 ; im Jahre 1893, 336. Der Zeitverlust erreichte 26 Tage pro Schiff ; auch erging es den Fahrzeugen oft so, dass sie abfahren mussten ohne ihre Ladung vollendet zu haben. Ferner fanden Schiffsunfälle statt.

Unter diesen Umständen riet der berühmte Erbauer der Sulinadämme, Sir Charles Hartley selbst, der Internationalen Kommission zwecks Schaffung und Unterhaltung eines Kanals von 23 bis 24 Fuss auf der Barre, ihre Zuflucht zu Baggerungen zu nehmen, und gleichzeitig den Zwischenraum zwischen den konvergierenden Dämmen mit Hilfe innerer Paralleldämme einzuengen, um die Geschwindigkeit der Strömung zu vergrössern, und die Baggermassen zu verringern. Man erwarb einen Prahmbagger, den « Percy Sanderson », von 1 250 P. S., welcher im Stande war 12 250 Tonnen Baggermassen in sich aufzunehmen. Die Arbeiten wurden im Oktober 1894 begonnen. Im Januar 1895 hatte der Kanal auf der Barre bereits 22 Fuss Tiefe ; im August desselben Jahres betrug die Tiefe 23 und im September 24 Fuss. Die Aufgabe, welche die festen Bauten nicht zu bewältigen im Stande gewesen waren, wurde in weniger als einem Jahre mit Hilfe eines einzigen Baggers gelöst. Seit diesem Zeitpunkte hält der Bagger ohne Schwierigkeit die erreichte Tiefe aufrecht und anstatt 336 Fahrzeugen, die im Jahre 1893 ihre Ladung im Meere vollenden mussten, gab es deren im Jahre 1897 nur 4.

Der Bagger kann auf der Barre noch bei 3 Fuss Wassertiefe

arbeiten. Der Preis der Baggerungen bei beiden Baggern « Delta » und « Hartley », beträgt 1,08 Pence für das Kubikyard. Rechnet man 10 % Verzinsung und Amortisation des ersten Anlagekapitals hinzu, so ergeben sich die Kosten der Baggerung einschliesslich Aussetzen der Baggermassen auf das Ufer durch die Schlammumpfen zu 1,36 Pence für das Kubikyard. Für die Arbeiten auf der Barre stellt sich der Preis für den Aushub der Baggermassen, ihren Transport, vermehrt um die Kosten für Ausbesserung und für Baggerunterhaltung, aber ausschliesslich Verzinsung, Amortisation und Versicherung, im Mittel auf 4,2 Pence je Kubikyard.

Die Entwicklung der Arbeitsmittel im Sulinaarm der Donaumündung ist eine sehr vollständige. Nachdem der Bau der Dämme begonnen war, stellte man fest, dass man trotz der im Anfange erhaltenen ausgezeichneten Resultate nicht dazu würde gelangen können, in der Einfahrt auch nur die Tiefe zu schaffen und zu erhalten, die wenigstens den Anforderungen der Schifffahrt genüge. Deshalb wechselte man das Verfahren, und der künstlichen Baggerung gelang es in kurzer Zeit und mit sehr wenig Kosten das zu erreichen, was den Dämmen unmöglich war, nämlich dem Handel und der Schifffahrt voll Genüge zu leisten.

Die oben beschriebene Entwicklung erscheint noch vollständiger, wenn man die Mündungen der Donau in ihrer Gesamtheit betrachtet. In der Tat betreibt seit einigen Jahren die Russische Regierung mit offenbarem Erfolge die Aufschliessung des Kiliaarms für die Seeschifffahrt, welcher früher von der Internationalen Kommission verworfen war. Die Arbeiten bestehen nur in Baggerungen ohne jedes feste Bauwerk. Die mit minimalen Kosten an Zeit und Geld schon erreichten Resultate lassen keinen Zweifel über den endgültigen Erfolg des Unternehmens aufkommen.

8. Die Mündungen des Mississippi.

Die an den Mündungen des Mississippi ausgeführten Arbeiten sind durch zahlreiche mehr oder weniger ausführliche Beschreibungen, welche in verschiedenen Zeitschriften und technischen Werken veröffentlicht sind, genugsam bekannt. Diesen Ausführungen muss man, obgleich sie schon ziemlich genau sind, noch die Daten über die Mündungen des Mississippi aus der vortrefflichen Sammlung der Reports of the Chief of Engineers, United States Army to the War Department, hinzufügen,

die ein in der Welt einzig dastehendes Werk bildet infolge ihres reichhaltigen und äusserst interessanten Stoffes, welcher die öffentlichen Arbeiten in den Vereinigten Staaten betrifft (1). Indem ich den Leser auf diese Quelle hinweise und gleichzeitig auf die Berichte der Herren Corthell und Vernon-Harcourt über die Mündungen auf dem Kongress 1892 sowie auf die Werke des Herren Baron Quinette de Rochemont über Seebauten (Paris, 1900), der Herren Franzius und Thierry über die Mündungen der Flüsse (Leipzig 1900) und der Herren Thomas und Watt über die Verbesserung der Flüsse (New-York, 1903), werde ich mich darauf beschränken, hier nur einige summarische Angaben über die Geschichte der Arbeiten an den Mündungen des Mississippi zu machen, die durchaus notwendig sind, um die grosse Umwälzung der letzten Jahre zu verstehen, deren Zeuge und Opfer die Verbesserung dieser Mündungen gewesen ist.

Der Mississippi besitzt auf 56 Kilometer Länge vom Golf von Mexiko ab gerechnet eine Breite von fast 800 m und Tiefen von 36 m ; 32 Kilometer weiter unterhalb verbreitert sich der Fluss auf 2 800 m und seine Tiefe vermindert sich auf 9 m. Der Fluss spaltet sich in 3 Arme, von denen 2 sich auf ihrem Laufe derart teilen, dass er in den Golf mit sieben Mündungen eintritt, welche sämtlichst vor sich Barren haben, auf denen die mittlere Wassertiefe 4,60 m im Maximum ist, während die mittlere Tiefe in den vier Hauptarmen zwischen 10,40 m und 17,70 m schwankt. Die Abflussmenge des Flusses beträgt im Mittel 17 500 cbm. Bei niedrigem Wasser fällt sie bis auf 7 000 cbm, aber bei starken Anschwellungen erreicht sie 34 000 cbm und enthält gegen 60 cbm fester, schwimmender Stoffe. (Siehe Fig. 10.)

Die beiden äusseren Arme führen jeder 45 % der Gesamtabflussmenge ab ; durch den dritten Arm strömen 10 % der Abflussmenge. Die Angaben hierüber haben, wie weiterhin gezeigt werden wird, zuletzt gewechselt. An den verschiedenen Mündungen ist die Verlängerung des Deltas im Mittel genau proportional der Grösse der Abflussmengen durch die Mündungen ; sie beträgt pro Jahr 90 m im Südwestarm, 80 m in der Mündung des Fischotterarmes, und sie betrug beinahe 30 m im Südarm vor dem Beginn der Verbesserungsarbeiten.

(1) Diese Sammlung ist mir auf die Bitte des Herrn E. L. Corthell von Herrn General Mackenzie, Chef des Ingenieurkorps der Armee der Vereinigten Staaten überlassen worden ; ich beile hier diesen Herren meinen wärmsten Dank dafür auszusprechen.

Die Korrektion der Mündungen des Mississippi hat im Jahre 1837 mit den Arbeiten des Südwestarmes begonnen. Während der ersten Zeit spielten dort Baggerungen die einzige Rolle, aber die geringe Leistungsfähigkeit des einzigen Eimerkettenbaggers, der für diese Ausführung vorgesehen war, konnte nicht die Tiefe des Kanals gewährleisten, welche die Schifffahrt immer grösser haben wollte, und die Stürme zerstörten die gewonnenen Resultate. (Siehe *History of attempted improvements of the Mississippi River*, by Major James B. Quinn; Rep. of the Chief of Eng. U. S. Army 1899, p. 1914.) Die Unbeständigkeit der Resultate der nach diesem Plane ausgeführten Baggerungen haben im Jahre 1852 zur Anwendung eines andern Systems geführt — des Systems des stirring up oder des Angriffs des Bodens durch Eggen, welche hinter den Fahrzeugen hergezogen wurden. Diesem System ist es gelungen einen Kanal von 18 Fuss Tiefe während eines ganzen Jahres zu erhalten. Aber als die Arbeiten nicht fortgeführt wurden, verschwand dieser Kanal wieder. Im Jahre 1856 bewilligte man Geldmittel, um durch feste Bauten den Südwestarm und den Fischotterarm zu regulieren, dadurch dass man Paralleldämme baute und die Nebenarme abschloss. Man begann damit einen Damm im Südwestarm zu erbauen, aber er konnte wegen seiner fehlerhaften Anlage nicht den Stürmen widerstehen. Das Bauwerk wurde durch die Wellen zerstört, und man verliess den Gedanken der Regulierung, um wieder zum stirring up zurückzukehren, dem es von neuem gelang einen Kanal von 18 Fuss, solange wie die Arbeiten fortgesetzt wurden, zu erhalten. In den Jahren 1867-1870 erbaute man einen grossen Bagger, der bei den Versuchen ausgezeichnete Resultate ergab, dem es jedoch nur gelang, das stirring up durch seine Propeller-Schraube herzustellen, sodass der Kanal nicht auf eine grössere Tiefe als 18 Fuss gebracht werden konnte. Der Handel forderte jedoch grössere Tiefen. Um sie zu erhalten, schlugen die von der Regierung der Vereinigten Staaten befragten Ingenieure verschiedene Mittel vor.

Die Einen gaben einem Seitenkanal den Vorzug, andere der Regulierung durch Paralleldämme und ein einziger, der General Barnard, der direkten Baggerung auf der Barre. Im Jahre 1874 schlug Herr James Eads vor den Südwestarm völlig durch die Erbauung von Paralleldämmen zu verbessern; aber an dem Resultat dieses Verfahrens zweifelte man wegen der grossen Abflussmenge des Südwestarms. Die Regierung der Vereinigten Staaten liess die Frage der Mündungen durch eine Spezial-

kommission studieren, welche die Arbeiten an der Weichsel, der Rhône und der Donau in Augenschein nahm, und dann entschied, dass das System der Paralleldämme beim Südarms angewandt werden sollte, da dieser geringere Abmessungen besäße und seine Korrektur mit geringeren Kosten erreicht werden könnte. Andererseits befand sich die Barre des Südarms nur 3 600 m von der Küste entfernt, während die des Südwestarms 8 000 m entfernt war. Endlich betrug das Vorrücken des Deltas vor dem Südarms nur $\frac{2}{5}$ bis $\frac{1}{3}$ des Vorrückens der Deltas vor den anderen Mündungen wegen der geringen Abflussmenge dieses Arms. Die Verordnung vom 3. März 1875 bestätigte den Vertrag, durch welchen der Kapitän Eads sich verpflichtete folgendes herzustellen und während 20 Jahren zu unterhalten

1.) Auf der ganzen Länge des Südarms einen Kanal von 9,14 m (30 Fuss) Tiefe, wobei eine Tiefe von 7,92 m (26 Fuss) auf mindestens 61 m (200 Fuss) Breite vorhanden sein musste.

2.) Durch die gegenüber der Mündung gelegene Barre hindurch eine Fahrrinne von 7,92 (26 Fuss), welche sich bis zum Meeresgrunde gleicher Tiefe erstrecken musste.

Die Kosten der ersten Erbauung waren insgesamt auf 5 250 000 Dollars und die der Unterhaltung auf 100 000 Dollars jährlich veranschlagt.

Die Korrektionsarbeiten bestanden in der Erbauung von zwei Paralleldämmen, welche 305 m von einander entfernt vom Ufer ausgingen und sich bis zur Meerestiefe von 9 m erstreckten. Diese Dämme, welche von 1876 bis 1879 erbaut wurden, haben Längen von 3 600 m beziehungsweise 2 400 m. Der Kanal ist obendrein zwischen den Dämmen reguliert und die Stärke der Strömung mittelst Weidenflechtzäunen, welche zu beiden Seiten seiner Mittellinie Bänke bilden, vergrößert worden.

Die Arbeiten zur Schaffung des neuen Kanals wurden im Juli 1879 beendet, und von diesem Zeitpunkte ab begannen die laufenden Unterhaltungskosten. Die Tiefe auf der Barre, die im Jahre 1875 nur 2,45 m betrug, erreichte im Jahre 1880 auf ihrer ganzen Strecke 9,40 m ; dieses Resultat ist fast ausschliesslich durch die Wirkung der Strömung erreicht worden ; nur ungefähr $\frac{1}{100}$ des Gesamtinhalts ist mit dem Bagger ausgehoben worden, um dem Kanal im Anfange Luft zu verschaffen und einige Punkte zu durchstechen, bei denen die Natur des Bodens den Strömungen keinen Angriff gestattete.

Unabhängig von den am Eintritt des Südarms in das Meer ausgeführten Arbeiten hat man anfangs wichtige Bauten oberhalb dieser Fahrrinne an dem Punkte herstellen müssen, wo der Fluss sich in drei Arme teilt, denn die Tiefe in diesem Punkte überstieg auf dem Rücken der Bank nicht 4,50 m. Die Bauten bestanden aus zwei Längsdämmen mit gegenseitigen Zwischenraum von 259,25 m, welche den Zweck hatten die Strömung in den Durchstich der Bank zu leiten, und aus einer bestimmten Anzahl von Querdämmen, die dazu dienten die Erhöhung des Bettes ausserhalb der Fahrrinne zu begünstigen. Ein Kanal ist darauf mit dem Bagger bis zur Ordinate — 5,40 m ausgehoben worden, und die Hochfluten haben genügt, um seit 1880 einen Kanal von mehr als 9,14 m (30 Fuss) Tiefe zu schaffen und zu erhalten. Da die benachbarten Arme, der Südwestarm und der Fischotterarm, Neigungen zur Vertiefung zeigten, hat man quer durch ihre Betten Grundswellen oder Flechtzäune ausgeführt, welche die regelmässige Verteilung der Abflussmenge auf die drei Arme sichern sollten. (Siehe Fig. 11.)

Nach und nach bildete sich ein hoher Grund jenseits der Mündung in der Nachbarschaft der Dämme auf einem Raum von fast 4 qkm Oberfläche vorn an der Mündung, indem die Tiefe sich von 1877 bis 1878 im Mittel um 4,38 m verringerte. In derselben Zeit ist die Tiefenkurve von 9,14 m (30 Fuss) um 286 m gegen das Meer hin zurückgewichen, das sind ungefähr 14,30 m jährlich. Diese Fortbewegung ist noch stärker in grösseren Tiefen gewesen und erreichte ihr Maximum in der 21,30 m-Kurve (70 Fuss-Kurve) welche sich um 656 m entfernt hat, das sind mehr als 30 km im Jahre.

Es bildet sich also in etwa 400 m Entfernung von den Dämmen eine neue Barre aus Flusssinkstoffen, die entweder direkt abgelagert oder durch Wellen oder Meeresströmungen mitgeführt worden sind. Die Stromrinne ist gegen Osten hin abgewichen und nimmt eine ausgesprochene Krümmung an. Gleichzeitig weichen die grossen Tiefen fortwährend schnell zurück.

In dem Zeitabschnitt der 20 Arbeitsjahre des Herrn Eads, von 1879 bis 1899 hatte der Kanal die vorschriftmässige Tiefe während 6753 Tagen oder 18 1/2 Jahren. Die vorgeschriebene Tiefe fehlte an 553 Tagen, von denen an 192 Tagen diese Tiefe in Innenkanal, an 312 Tagen im eingedämmten Kanal und an 44 Tagen auf der Barre ausserhalb der Dämme ebenfalls nicht vorhanden war. (Rep. of the Th. of Eng., 1899. Part. 2, p. 1322). Zu verschiedenen Malen, die immer häufiger wurden, fehlte die vorgeschriebene Tiefe während langer Zeitabschnitte. Im Jahre

1897-1898 ist die Wassertiefe während 5 Tagen niedriger als 9,14 m an den äussersten Dammenden gewesen. Der Innenkanal hat die Tiefe von 7,92 m auf 61 m Breite nicht aufgewiesen : vom 1 Juli bis zum 6 Juli 1897, vom 28 Dezember 1897 bis zum 25 Januar 1898 und vom 28 April bis zum 17 Mai 1898. Der Bagger musste hundertfünfzig Tage arbeiten, um den Normalzustand wiederherbeizuführen.

Die Baggerungen wurden mit sehr grossem Nachdruck betrieben, als die Arbeiten im Südarm am 29 Januar 1901 durch die Regierung der Vereinigte Staaten nach Ablauf des Vertrages mit dem verstorbenen James B. Eado wieder aufgenommen wurden. Dies geschah auf Grund des Gesetzes vom 6. Juni 1900, welches den Kriegsminister bevollmächtigte, die Unterhaltungsarbeiten des Kanals innerhalb der Schranken eines Kredits von 200,000 Dollars jährlich zu übernehmen und sich zur Ausführung im Notfalle der Bagger und Schlepper der Mississippi-Gesellschaft und anderer zu bedienen. (Rep. of the Chief of Eng., 1901, p. 1880). Auf Grund dieser Vollmacht sind der Pumpenbagger « Beta » mit einem Schlepper, alle beide der Mississippi-Gesellschaft gehörig, und der Pumpen- und Prahmbagger « Sabine », welcher den Arbeiten des Sabinearmes in Texas zugeteilt war, für die Arbeiten des Südarmes des Mississippi gewonnen worden. Der Bagger « Beta », der mit einer Rücklaufleitung ausgerüstet ist, arbeitete im Innenkanal und zwischen den beiden Dämmen, wobei er die Baggermassen auf die Ufer ablagerte. Er hat während des Zeitraumes vom 29 Januar bis 30 Juni 1901 in 131 Tagen bei zehnstündiger Arbeitszeit 50 180 Fuss Durchstich von 50 Fuss Breite und 2 bis 5 Fuss Tiefe ausgeführt. Die « Sabine » hat ihre Arbeit erst in der zweiten Hälfte des Jahres 1901 begonnen. Ihre Pumpen sind im Jahre 1901 während 140 1/2 Stunden im Betriebe gewesen. Der Bagger « Beta » hat seine Arbeiten im Kanal während der zweiten Hälfte des Jahres 1901 und der ersten 1902 fortgesetzt, die Zahl der Arbeitsstunden betrug 212 (Rep. Ch. Eng., 1902, p. 1330). Der Bagger « Beta » hat im Südarm in den Jahren 1902, 1903 und 1904 hauptsächlich zwischen den Dämmen und im Innenkanal gearbeitet ; der andere Pumpen- und Prahmbagger, die « Sabine » arbeitete auf derselben Barre (Rep. of Ch. Eng., 1903, p. 1280), wodurch eine Tiefe von 25 Fuss geschaffen wurde. Während des Jahres vom 1 Juli 1902 bis zum 30 Juni 1903, hat die « Sabine » 1148 Ladungen geleistet (Rep., 1903, p. 1283) und vom 1 Juli 1903 bis zum 30 Juni 1904, 729 Ladungen (R. C. E., 1904, p. 1892).

Ich will mich nicht auf eine nähere Beschreibung der an der Mississippimündung verwendeten Bagger einlassen, da ja der Bagger « Beta » genugsam bekannt ist. (Siehe ebenfalls meinen Bericht auf dem Kongress von 1900: Reglierung der grossen Flüsse durch künstliche Beggerung und durch Wasserströmung) und da der Bagger « Sabine » ein Bagger von einem Typus ist, der nicht einer eingehenden Beschreibung bedarf; er ist ein Pumpen- und Prahmbagger, 145 Fuss lang, 25 breit, mit einem Tiefgang von 8 Fuss im leeren und 12 im beladenen Zustande. Sein Rumpf ist aus Holz; seine Fassungsräume haben eine Aufnahmefähigkeit von 325 Kubikyards, er hat zwei Pumpen mit Saugrohren von 10 Zoll Durchmesser. (Report Ch. Eng., 1901, p. 1911.)

Im Jahre 1892 entstand in den steilen Böschungen des Fischotterarms, etwa 800 m von dem Aufgang der Eindeichungsarbeiten entfernt, eine Lücke welche zuletzt 671 m. Länge und 7,50 m bis 18 m Tiefe hatte. Das Vorhandensein dieser Lücke hat in bemerkenswerter Weise die Verteilung der Abflussmengen unter die verschiedenen Arme beeinflusst. Die Abflussmenge des Fischotter-Armes ist von 45 auf 51 % gestiegen und die des Südarmes von 10,5 auf 7 % zurückgegangen, sodass sie sich um 1/3 verminderte, wodurch in diesem Arm Bodenerhebungen hervorgerufen wurden. Die Schliessungsarbeiten dieser Lücke, welche grosse Schwierigkeiten boten und schon mehr als 1 600 000 Francs gekostet haben, sind noch nicht beendet. (Rep., 1904, p. 344). Die Lage wurde indessen im Jahre 1903 verbessert, obgleich sie noch viel zu wünschen lässt. Der Strom floss fortwährend durch die offene Stelle ab. (Rep., 1903, p. 1276.)

Mit den Resultaten, welche die Korrekionsarbeiten des Südarms gezeitigt haben, sind also sehr schlechte Erfahrungen gemacht worden. In Anbetracht dieser Umstände unternahm man neue Studien über das Mississippidelta, welche sogleich ergaben, dass es unbesonnen sein würde darauf zu rechnen, dass der Kanal des Südarmes auf die Dauer ohne die Dammverlängerung würde bestehen können. (Report of the Ch. of Eng. 1899, p. 1922.)

Diese Verlängerung, welche vom Jahre 1913 ab unumgänglich notwendig sein wird, dürfte indessen dem Kanal keine ernste Dauer versprechen, weil seine Richtung auf die Stelle trifft, wo die Bildung der Ablagerungen am schnellsten stattfindet. Früher oder später wird das System der nachträglichen Verbesserung des Südarmes durch Dämme wieder aufge-

geben werden müssen. Diese wenig tröstliche Aussicht liess von neuem die Aufmerksamkeit auf den Südwestarm lenken, welchen man augenblicklich derart befestigt, dass man einen schiffbaren Kanal von 10,70 m (35 Fuss) unter Niedrigwasser auf 305 m (1000 Fuss) Breite erhalten wird. Dieser Arm, welcher 24 Kilometer lang ist, hat beinahe auf seinem ganzen Laufe von seinem Anfang bis nach East-Point hin, grössere Tiefen als 10,70 m ; nichtsdestoweniger beträgt die Wassertiefe an einigen Punkten nur 8,50 m. Im Meere hat der Kanal noch 10,70 Tiefe auf 1600 m Länge, dan erhebt sich der Boden nach und nach derart, dass er bei 6 Kilometern eine Barre bildet, auf welcher sich nur 3,05 m Wasser befinden, jenseits des Rückens der Barre nehmen die Tiefen schnell zu; 455 m weiter betragen sie 15,25 m. Die Barre ist durchschnittlich jährlich um 239 Fuss vom Jahre 1838 bis 1857 vorgerückt, um 401 Fuss von 1857-1873 und um 176 Fuss vom 1873-1898. Die Differenz in der Geschwindigkeit des Vorrückens erklärt sich aus der verzögernden Einwirkung der Abbrüche, welche sich an den Ufern der Arme bildeten. Seit den letzten Hochwassern waren drei Lücken im Entstehen begriffen, der « Sprung », der « Ellenbogen » und die « Fischotter ». Die grösste Abflussmenge im Südwestarm beträgt 1100 bis 11 000 cbm in der Sekunde und die Geschwindigkeit der Strömung auf der Barre erreicht, 1,20 m in der Sekunde.

Eine technische Kommission hat auf Grund des Beschlusses des Kongresses vom 17 Februar 1898 eine Untersuchung des Südwestarmes unternommen und vorgeschlagen, ihn durch Erbauung von Parallel-Dämmen, welche bis zu den Tiefen von 35 Fuss reichen, zu verbessern. Um diese Tiefe zu sichern und zu erhalten, sah indessen die Kommission die sofortige Erbauung von zwei starken Baggern vor. Die Gesamtkosten waren auf 13 000 000 Dollars geschätzt. Die Unterhaltungskosten der Bauwerke durften nach der Berechnung der Kommission jährlich nicht 2 % der Baukosten überschreiten. Man sah in gleicher Weise eine Ausgabe von 1% dieses Preises vor, um der unvermeidlichen Notwendigkeit der späteren Verlängerung der Dämme Rechnung zu tragen. (Report of the Ch. of Eng., 1899, part. 2, p. 1863. Survey relative to the practicability of securing a navigable channel of adequate width and of 35 feet depth at mean low water of the gulf of Mexico throughout Southwest pass, Mississippi river). Um ein genaues Projekt über die Korrektion des Südwestarmes aufzustellen, ist eine neue Kommission von der Regierung der Vereinigten Staaten am 3 März 1899 gebildet worden. (Report, 1900, p. 2287). Diese Kommission war

aus zwei Regierungs-Ingenieuren, den Herren Oberst Robert und Major Derby zusammengesetzt und aus zwei Civilingenieuren, den Herren Moore und Starling. Nach der Untersuchung der Frage an Ort und Stelle hat die neue Kommission ein Projekt aufgestellt, das empfiehlt die Lücken, welche noch an den Ufern des Flusses offen sind, zu schliessen, oder vielmehr durch Grundwehre ihr Grösserwerden zu verhindern, einige Nebenarme zu schliessen, den schiffbaren Kanal durch Baggerungen mit 35 Fuss Tiefe und 1000 Fuss Breite auszuführen und, um diesen Kanal im Meere zu schützen, zwei zusammenlaufende Dämme zu errichten. Diese Dämme, welche nicht den Zweck einer vertiefung verfolgen, sollten jenseits des Rückens der Barre bis in die Tiefen von 6,10 m (20 Fuss), vorrücken, und ihr Abstand sollte von 2 134 m (7000 Fuss) oder vielmehr 6000 Fuss nach dem letzten Projekt, bis zu 915 m (3000 Fuss) variieren. Die Kommission verspricht sich aus diesen Anordnungen folgende Vorteile: Ausführung der Molen in geringeren Tiefen, Möglichkeit die grosse, geschützte Oberfläche für die Ablagerung der Baggermassen nutzbar zu machen, welche gegen die Dämme geschützt werden und zur Bildung der künstlichen Ufer beitragen sollen. Der Inhalt der auszubaggernden Bodenmassen ist auf 16 800 000 cbm berechnet; ihr Preis für das cbm auf 0,26 Fr. und die Dauer der Arbeiten auf drei Jahre. Die Gesamtkosten sind auf 6 Mill. Dollars berechnet und die Unterhaltungskosten der ausgeführten Arbeiten jährlich auf 150 000 Dollars. (Siehe Fig. 12a). Die Kommission sah auch die Notwendigkeit voraus dem Ingenieur, welcher später mit den Arbeiten des Südwestarmes beauftragt werden sollte, die Vollmacht zu geben, hinsichtlich der Vorschläge, welche sie gemacht hatte, alle Veränderungen vorzunehmen, welche sich durch die Erfahrung als nötig erweisen würden. (Rep. Ch. Eng., 1900, p. 2288).

Das Projekt betreffend die Arbeiten an der Mündung des Südwestarmes ist vom Parlament am 13 Juni 1902 genehmigt worden, immer miteinbegriffen die Erbauung van Baggern, die Ausführung der Baggerungen und die Errichtung der Dämme aus Sinkstücken mit einem Betonoberbau. Die Ausführung dieser letzteren ist am 30 Juni 1903 zu 2 175 896 Dollars vergeben worden. (Rep. Ch. Eng., 1903, p. 1277). Bis zum 30 Juni 1904 sind die Sinkstücke der Gründung für den Ostdamm auf 12 600 Fuss Länge fertiggestellt worden. (R., 1904, p. 346). Die Erbauung des für die Arbeiten in der neuen Fahrinne bestimmten Baggers ist lange zuvor besonders, am 2 Oktober 1901, vergeten worden. Der Bagger ist aus Stahl, mit zwei Propellern, 260

Fuss lang, 47 1/2 Fuss breit, 23 Fuss tief, mit zwei Saugpumpen, zwei Saugrohren von 20 Zoll Durchmesser und einem Fassungsraum von 1930 Kubikyards. Der Preis des Baggers beträgt 286 605 Dollars. Es ist also ein Pumpen- und Prahmbagger. Er hat schon auf der Barre des Südarms seine Proben abgelegt, indem er täglich dreizehn Ladungen von je 1964 Kubikyards leistete. Ein zweiter für den Innenkanal des Südwestarmes bestimmter Bagger ist in der Ausführung begriffen; es ist ein sich selbst fortbewegender Pumpenbagger mit einer Rücklanfleitung von je 900 Fuss Länge und einer Fördermenge von stündlich 2500 Kubikyards Sand.

Wenn wir das soeben über die Mississippimündungen Gesagte zusammenfassen, so sehen wir, dass bei diesem Flusse der Erfolg im Anfange des Unternehmens noch grösser als bei der Donau gewesen ist, sowohl wegen der grossen Tiefen, welche sich in dem Flusse stromaufwärts der Barre und im Meere talwärts vorfanden, als auch wegen der grösseren Wassermenge, welche den schiffbaren Flusslauf durchströmte. Aber die grosse Menge der vom Fluss mitgeführten Sinkstoffe und ihre viel grössere Dichte wie die der Donausinkstoffe haben sehr bald die günstige Wirkung dieser grossen Tiefen beeinflusst. Die Küstenströmung hat die Stromrinne in demselben Augenblick als sich eine Barre vor dem Kanal bildete, abgelenkt. Die Situation giebt heute — nur ein Vierteljahrhundert nach der Ausführung der Arbeiten — keine hinreichende Veranlassung zu einer Besorgnis, dass man sich entschliessen müsste auf ganz andere Art die Korrektion eines anderen Armes zu versuchen.

Die ganze Vertiefungsarbeit der Barre soll, um einen Kanal von 35 Fuss Tiefe zu schaffen, durch Bagger ausgeführt werden, ohne dass man etwa zu der fortspülenden Tätigkeit der von Dämmen zusammengehaltenen Strömung seine Zuflucht zu nehmen braucht. Trotzdem will man zwei Dämme bauen, um die von den Baggern ausgeführte Vertiefung gegen die Anschwemmungen der Wellen zu schützen. Diese Dämme sollen nicht parallel sein, sondern ihr Abstand wird zwischen 3000 und 6000 Fuss variieren, und sie werden nur bis Mittelwasser reichen.

Die mit der Ausarbeitung des Entwurfs für diese Arbeiten betraute Kommission schloss ihren Bericht. (Rep. Ch. Eng. 1900 S. 2297.) mit folgenden Zeilen, welche ein Programm festsetzen, das die volle Aufmerksamkeit der Ingenieure verdient: « Die Kommission hat bei Lösung der ihr gestellten Aufgabe grossen Wert auf zwei wichtige und neue Faktoren gelegt, welche

bisher noch bei keiner ähnlichen Aufgabe eine solche wichtige Rolle spielten, insbesondere : auf den aussergewöhnlichen neuerdings durch die Bagger herbeigeführten Fortschritt und auf die Tatsache, dass die Anwendung des Dammsystems zur Verbesserung der Mündungen eines grösseren Sinkstoffs mit sich führenden Flusses von Grund aus verschieden ist von dem geläufigeren Falle der Anwendung desselben Systems bei der Einfahrt eines durch eine Sandbarre versperrten Seehafens. Der erste dieser günstigen Faktoren gestattet den geplanten Kanal im Südwestarm durch Baggerungen herzustellen, wobei die den Dämmen zugeteilte Aufgabe einzig und allein darauf beschränkt wird den Kanal zu erhalten. Der zweite Faktor ermöglicht grosse Kostenersparnisse bei Dämmen, da er gestattet ihnen eine geringe Höhe zu geben und da er die gewaltigen Ablagerungen der vom Fluss mitgeführten Sedimente nutzbar macht um so einen grossen Teil der Arbeit zu verrichten, die sonst durch übermässig teure Dämme ausgeführt werden müsste.

Die Angaben fehlen uns darüber um zu beurteilen, ob der zweite Faktor genügend bei den projektierten Arbeiten des Südwestarms ausgenutzt worden ist, aber der allgemeine Eindruck, welchen man aus dem Studium der Mississippimündungen gewinnt, ist der, dass man vielleicht noch mehr die Länge der Dämme einschränken wenn nicht gar letztere gänzlich entbehren könnte.

Schlussfolgerungen.

Die vorhergehende Abhandlung ist notwendigerweise kurz gefasst. Indessen glaubt Verfasser, dass die allgemeinen Gedanken, welche er in den vorhergehenden Paragraphen zu entwickeln versuchte, genügen werden, um die hier aufgezählten Schlussfolgerungen zu begründen.

1. *Verfahren.* — Das einzige sichere Verfahren auf der Barre eines Flusses, der sich in ein flutloses Meer ergiesst, einen genügend tiefen und breiten Kanal zu schaffen und zu erhalten, der den Anforderungen der gegenwärtigen Seeschifffahrt gerecht wird, ist das der Baggerungen. Es ist dies auch das schnellste und sparsamste Verfahren.

2. *Wahl des zu verbessernden Armes.* — Das Baggerungsverfahren erfordert nicht bei der Wahl des zu verbessernden Armes auf gebieterische Weise alle die besonderen Vorsichtsmassre-

geln, die für das alte Verfahren von Paralleldämmen unerlässlich sind. Man muss vorzugsweise für die Korrektur durch Baggerungen den Arm wählen, welcher für eine genügend lange Zeitdauer der Schifffahrt die grössten Vorteile infolge seiner natürlichen Eigenschaften gewährt oder gewähren wird, zum Beispiel gute Tiefen zwischen dem Scheitel des Deltas und der Barre, grosse Kurvenhalbmesser des Innenkanals, genügende Breite dieses Kanals, u. s. w. Der endgültigen Entscheidung muss ein vorläufiges Studium des ganzen Deltas vorausgehen, welches sich auf einen möglichst langen Zeitraum erstreckt und gestattet die wahrscheinlichen Neugestaltungen der verschiedenen Arme vorzusehen, obgleich ein Fehler in der Genauigkeit dieses Studiums für die Anwendung der Baggerungen unendlich weniger wichtig ist als für die der Dämme. Unter Beachtung der obengenannten Einschränkungen würde das, was bei dem für die Korrektur durch Baggerungen gewählten Arme zu erstreben wäre, folgendes sein :

a.) Der Arm muss benetzte Querschnitte und eine Wasserabflussmenge haben, welche die von der Schifffahrt geforderten Maxima nicht viel überschreiten, damit man nur mit einer festen Abflussmenge zu kämpfen hat, die nicht grösser als unumgänglich notwendig ist.

b.) Er muss sich an einer Stelle des Deltas ins Meer ergiessen, wo das Vorrücken der Sinkstoffe eine langsames ist.

c.) Er muss vor sich eine möglichst schmale Barre haben, damit der auszubaggernde und zu unterhaltende Kanal auf das Maximum der Länge beschränkt wird.

d.) Er muss eine Richtung haben, welche die spätere Verlängerung des Kanals, je nach dem das Delta vorrückt, gestattet, ohne dass dabei die Kurven des Kanals Abmessungen annehmen, die für die Schifffahrt unbequem oder mit der Natur des verbesserten Armes unvereinbar sind.

Der geringe Abstand zwischen der Barre und dem Ufer, der oft die Wahl des zu verbessernden Armes zu Gunsten von Dämmen entschied, ist für die Baggerungen nicht von Wichtigkeit.

3. *Baggerungsmittel.* — Die Bagger, welche sich am besten für die Aufschliessung und Unterhaltung der Kanäle auf den Barren eignen, sind die Pumpenbagger, ausgerüstet mit den nötigen Zerteilungsmaschinen. Wenn die Barre nicht einer zu

starken und zu häufigen Dünung ausgesetzt ist, kann sich die Förderung des Baggergutes am vorteilhaftesten durch Rücklaufleitungen ausführen lassen. Im entgegengesetzten Falle empfiehlt es sich den Bagger mit einem Raume für die Baggermassen zu versehen. Man muss Bagger von grosser Leistungsfähigkeit verwenden um den Einheitspreis für das Baggergut zu vermindern und die Zahl der Bagger die gleichzeitig in einem schiffbaren Kanal arbeiten, auf ein Minimum zu beschränken.

4. *Vorsichtsmassregeln im Scheitel des Deltas und in den Nebenarmen.* — Damit die von den Vertiefungsarbeiten in dem zur Verbesserung ausgewählten Arm herrührende Wasserströmung nicht übermässig die flüssige Abflussmenge dieses Arms und folglich seine feste Abflussmenge vermehrt, kann es von Vorteil sein, im Anfangspunkte des gewählten Arms und der Nachbararme Regulierungswerke zu erbauen, welche bezwecken eine bestimmte Verteilung der Abflussmengen festzulegen. Im Notfalle kann man mit Hilfe solcher Bauten in gewissem Masse die Abflussmenge des verbesserten Armes beschränken.

5. *Schutz des Kanals.* — Im allgemeinen muss man es vermeiden feste Bauten auf der Barre anzulegen, denn jedes derartige Bauwerk vermehrt, da es wie eine Buhne wirkt, unter der Einwirkung der Meeresströmungen und der Wellen alle Sinkstoffe, welche sich auf der Barre anhäufen. Aber in gewissen Einzelfällen kann es, um die schnellen Versandungen des Kanals durch seitliche Anschwemmungen zu verhindern, mit Rücksicht auf die Schiffahrtsinteressen vorteilhaft sein Dämme auf einer oder auf beiden Seiten des Kanals zu errichten.

Diese Dämme dürfen auf keinen Fall die Strömung einengen, und es ist daher unnötig sie bis über Niedrigwasser hochzuführen. Ihr Platz sowie ihre Profile müssen derart gewählt werden, dass ihre schädliche Wirkung, die im ganzen für die allgemeine Vorwärtsbewegung der Seeanschwemmungen unvermeidlich ist, möglichst vermindert wird. Diese Schutzdämme lassen sich am billigsten mit den aus dem Kanal gewonnenen Baggermassen, die durch einfache Konstruktionen und durch Aufpflanzungen befestigt werden, herstellen.

6. *Programm und Arbeitsmittel.* — Man muss die Korrektionsarbeiten einer Mündung durch Baggerungen erst beginnen, nachdem man vollständig den Arbeitsplan ausgearbeitet und

die technischen und finanziellen Kräfte beisammen hat, die unerlässlich sind, um das Unternehmen glücklich zu Ende zu führen. Die einmal begonnenen Arbeiten müssen mit aller nur möglichen Energie fortgeführt werden, um den Erdaushub auf ein Minimum zu beschränken, um die Uebergangszeit zu verkürzen, um nicht die Zinsen des angelegten Kapitals und das Vertrauen der öffentlichen Meinung zu verlieren.

Sankt Petersburg, den 23 November 1904.

V. E. VON TIMONOFF.

