

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND  
DER  
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

# X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschifffahrt  
1. Frage

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

*F. No. 26726*

GENERALBERICHT

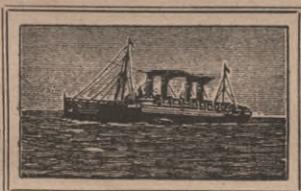
VON

**H. TURAZZA**

Ingenieur, Professor an der Polytechnischen Schule zu Padua



NAVIGARE



NECESSE

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

1905

*F. 2.*  

---

*11.*



II- 349845  
I



~~II 7296~~

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299432

Akc. Nr. \_\_\_\_\_

~~3684~~/51

BPK- B- 365/2017

# KORREKTION DER FLUSSMÜNDUNGEN AN MEEREN OHNE FLUT

---

GENERALBERICHT

VON

**M. Hyacinthe TURAZZA**

*Ingenieur, Professor an der Polytechnischen Schule zu Padua*

---

Bei der Erledigung des mir gewordenen ehrenvollen Auftrages, den Generalbericht über die erste Frage der zweiten Abteilung des X. Schifffahrtskongresses abzufassen, werde ich mich darauf beschränken, in wenig Worten das zusammenzufassen, was bedeutende Ingenieure in ihren Berichten über die Frage der Korrektion der Flussmündungen an Meeren ohne Flut, oder besser gesagt mit schwacher Flut, bringen. Die Frage ist von brennendem Interesse für die Kenntnis des Verhaltens des Flüsse in ihrem Unterlauf und nicht minder für die Erzielung einer Vereinigung zwischen der Seeschifffahrt und der Binnenflussschifffahrt. Sie ist so umfassend und mannigfaltig, dass sie, mit wenigen Ausnahmen, eine Sonderlösung, je nach dem natürlichen Verhalten des betreffenden Flusses und den örtlichen Verhältnissen der Küste an seiner Mündung erfordert. Die Flüsse lassen, ganz besonders in den Hochwasserperioden, infolge der verringerten Strömung an ihrer Mündung, beim Eintritt in das Meer die mitgeführten Sinkstoffe fallen. So bilden sich hier ständig zunehmende Ablagerungen, wenn diese nicht von anderen Kräften wieder fortgerissen werden. Diese Ablagerungen versperren dann die Mündungen und zwingen den Fluss sich einen neuen Weg zu bahnen.

An den Meeren mit starkem Flutwechsel, ist die Strömung in den Flussmündungen einem regelmässigen Richtungswechsel unterworfen. Die Folge davon ist ein Fortspülen der abgelagerten Sinkstoffe und ein Abbrechen der Ufer. Die Mündung verbreitert sich allmählich und bildet einen breiten Trichter, das sogenannte negative Delta.

Ganz anders liegen die Verhältnisse dagegen bei Flussmündungen an Meeren mit sehr schwacher Flut, wie dies gewöhnlich bei Binnenmeeren der Fall ist. Hier sind die Strömungen unbedeutend oder gleich null. Die Fluten haben keine Wirkung. Die Ablagerungen, welche in geringer Entfernung von der Mündung niederfallen, unterliegen deshalb nur der Wellenwirkung und dem Einflusse der ständigen Strömungen an der Küste, die sie gegen das Ufer treiben. So bilden sich an der Meeresgrenze Barren, die allmählich den freien Abfluss des Flusses behindern und ihn zwingen, einen gekrümmten Verlauf einzunehmen und sich in mehrere Arme zu teilen. Auf diese Weise entsteht das positive oder Flussdelta. Infolge der Sinkstoffe, die jeder Fluss in seinem Verlaufe mit sich führt, verringern sich die Gefälle von oben herab in dem Masse, wie das Gewicht der mitgeführten Teilchen abnimmt. In dem letzten Teile des Flusslaufes, der bisweilen mehrere Kilometer oberhalb der Mündung beginnt, hören diese Gefälle oft völlig auf und die Sohle nimmt eine wagerechte Lage an. Die geringe Oberflächengeschwindigkeit des Wassers reicht aus, um die mitgeführten leichten Sandteilchen in der Schwebe zu erhalten und so gelangen diese bis in das Meer. Solange diese Geschwindigkeit anhält, solange also der Fluss in seinem eingegrenzten Bette verläuft, bleiben die Sandteilchen in Bewegung. Ist aber die Mündung einmal erreicht, so breitet sich das Flusswasser aus und jede Bewegung hört auf. Die Sandteilchen fallen infolgedessen in geringer Entfernung von der Mündung nieder und bilden, wenn keine Einflüsse vom Meere aus sie daran behindern, fächerförmige Ablagerungskegel, ähnlich wie dies bei den Gebirgsflüssen der Fall ist. Die Wirkung der Wellen, die sich in der unmittelbaren Nähe der Küste als fortlaufende Welle der Küstenströmungen und Grundwelle zeigen, wirbelt die abgelagerten Sinkstoffe wieder auf und wirft sie gegen das Ufer und in die Flussmündung zurück. Hier werden sie so weit flussaufwärts getrieben, bis die Grundwelle und die Flussströmung sich aufheben und die Bewegung zum Stillstand kommt.

Die Sinkstoffe lagern sich dann im Flussbette ab und wachsen allmählich zu Sandbänken an.

Diese Hindernisse an der Mündung erschweren dem Flusse den freien Abfluss in das Meer. An den Stellen, wo die Hindernisse von geringerer Höhe sind oder der Flussströmung weniger Widerstand entgegensetzen, werden sie von ihr durchbrochen und nunmehr ergießt sich der Fluss durch zwei oder mehrere Arme in das Meer. Infolge der beständigen Zufuhr von Ablagerungstoffen verlängern

sich diese Mündungsarme immer weiter ins Meer hinaus und jeder verhält sich unabhängig von dem anderen, in gleicher Weise, wie vorher der Fluss. Die Grundwellen bilden wieder quer durch jeden Mündungsarm eine neue Barre, die wiederum an den niedrigeren und schwächsten Stellen durchbrochen wird. So teilt sich jeder Mündungsarm in zwei oder mehrere Unterarme, die sich nun auch wieder in das Meer hinaus verlängern und mit der Zeit neuen Unterteilungen unterliegen. Das ist das Bild des Entstehens und der Fortbildung eines Deltas.

Die verschiedenen Arme eines Flussdeltas an einem Meer mit schwacher Flut, sind beständigen Veränderungen inbezug auf ihre Bedeutung für die Schifffahrt und die Richtung ihres Verlaufes unterworfen. Diese werden teilweise durch die Wirkung des Flusses selbst veranlasst, zum andere Teile durch die Stürme und die ständigen Küstenströmungen.

Die Durchflussmenge des Flusses zerfällt offenbar in soviel Teile, als der Fluss an seiner Mündungstelle ins Meer Arme besitzt. Damit ergibt sich eine Verschiedenheit in den Grössen der Abflussmengen der einzelnen Arme. In denjenigen mit grösserem Querschnitt und günstigeren Abflussverhältnissen wird sie bedeutender sein, da der Fluss dort mit mehr Kraft auf die Barre in seiner Mündung einwirken und der Abfluss des Wassers ein ungehinderter sein wird. In den anderen Mündungsarmen dagegen, die über weniger Wassermengen verfügen, wird eine Ablagerung leichter möglich sein und die Flussströmung wird dort mit geringerer Gewalt auf die Barre treffen. Die Folge ist, dass diese Arme allmählich enger werden zugunsten des Hauptarmes und schliesslich völlig verschwinden. Man darf aber nicht glauben, dass der oder die Hauptarme nun beständig so verbleiben. Auch sie können, in Folge weiteren Hinausschiebens in das Meer in der oben geschilderten Weise und durch weitere Unterteilungen in mehrere Arme, Einbusse in ihrer Abflussmenge erleiden. Daraus werden sich dann teilweise Aenderungen zugunsten anderer Arme ergeben, die, wenn sie auch früher von geringer Bedeutung waren, sich doch auch in das Meer ergossen.

Auf die fortschreitende Entwicklung des Flussgefälles an Mündungen in Meere mit schwacher Flut, haben die in der betreffenden Gegend vorherrschenden Winde und die ständigen Küstenströmungen einen hervorragenden Einfluss. Die ersteren üben ihren Einfluss besonders auf die Richtung der Wellen der Küstenströmung aus. Die Küstenströmungen selbst wirken, wenn sie in derselben Richtung verlaufen, mit jenen zusammen auf die Ablagerungen ein, welche sie in ihrem Verlaufe mit sich fortreissen.

Aus dem Gesagten erhellt, dass die Ausdehnung des Deltas nach dem Meere zu infolge der beständigen Zufuhr an neuen Ablagerungsstoffen durch das Flusswasser eine unaufhaltbare ist. So verlegt die Natur in langsamer oder ununterbrochener Tätigkeit das Land in das Meer.

Die Barren, die Behinderung des freien Abflusses durch diese, die Zunahme der Zahl der Mündungsarme und gewöhnlich die geringe Wassertiefe, die sich bei Niedrigwasser oft auf wenige Decimeter beschränkt, erschweren den Schiffen, die von dem offenen Meere in die Flüsse einlaufen wollen, die Einfahrt gegen die Flusströmung.

Wie uns z. B. die bedeutenden Bauwerke der Römer zeigen, hat man seit den ältesten Zeiten versucht, die Natur zu bewältigen und sie zu zwingen, die Flussmündungen von Ablagerungen freizumachen, um auf diese Weise eine leichtere und unmittelbare Einfahrt für die Schiffe zu erzielen. Man fand bald, dass die Hauptschwierigkeiten in den Mündungen den Barren zugeschrieben werden müssen, die sich infolge der Wechselwirkung zwischen Meer und Flusströmung ablagern. Dies führte zu dem Gedanken, den Fluss durch seitliche Deiche einzuengen, um seiner Strömung eine grössere Gewalt in ihrer Wirkung auf die Barren zu geben und so ein Fortreissen der Ablagerungen in das offene Meer zu veranlassen. So entstand der Bau von Deichen und von Molen an den letzten Flussstrecken. Die Molen wurden bis zur Barre in das Meer hinausgeführt und sollten gegen diese die Flusströmung mit grösserer Gewalt zur Wirkung bringen. Um in dem ausgewählten Mündungsarm die Strömungswirkung noch weiter zu erhöhen, verbaute man oft die anderen Arme und vereinigte so eine grosse Wassermenge, um mit dieser dem Einfluss, der herrschenden Winde und der Küstenströmungen auf die Sinkstoffbewegungen zu begegnen.

Diese Mittel, welche bis in unsere Zeit, die einzigen geblieben sind, deren man sich zur Eröffnung der Flussmündungen für die Schifffahrtbediente, können nur einen ungewissen Zustand zur Folge haben, da sie als Eingriffe in die Natur des Flusses nicht anzusehen sind.

Häufig wird sogar, infolge der schrittweisen Verlängerung der Molen, die Erzielung eines grösseren Wasserzuflusses erschwert, da der Fluss sich auf kürzerem Wege und mit grösserem Gefälle durch einen anderen Arm in das Meer ergiessen kann. Es ist hinlänglich bekannt, wie sehr man sich an vielen Flüssen mit den Arbeiten für die Korrektur ihrer Mündungen verrechnet hat. Die grossen dafür aufgewandten Kosten waren dann einfach verloren.

Zu einer Zeit, wo sich die Arbeiten der Bodenförderung mit Baggern nur langsam und mit grossem Kostenaufwand ausführen liessen, dachte man nicht daran, sich dieses Verfahrens in den Flussmündungen zu bedienen, obwohl man es mit Erfolg in den grossen Seehäfen anwendete. Als man dem internationalen Kongress für Binnenschifffahrt im Jahre 1892 diesbezügliche Vorschläge machte, wurde die Wirksamkeit derartiger Arbeiten in Zweifel gezogen. Man entschied sich dafür, dass die einzige Methode zur Vertiefung der Flussmündungen an Meeren ohne Flut, in der Verlängerung eines Armes des Deltas durch parallele Molen bis zu der Barre bestände. Dabei sollte die Wahl auf den Mündungsarm des Deltas entfallen, der die geringste Länge besitzt und die geringste Verlängerung des Deltas erforderlich macht. In den übrigen Arme sollte der normale Wasserabfluss bestehen bleiben, um eine Ueberlastung des ausgewählten Armes mit trübem Wasser zu vermeiden.

Infolge der überraschenden Entwicklung des Maschinenbaues, arbeiten die Bagger heutzutage viel schneller; die Ausführung derartiger Arbeiten ist viel billiger geworden und verursacht weniger Unbequemlichkeiten, als früher. Der Gedanke einer Korrektion der Flussmündungen mit Hilfe von Baggern wurde also wieder aufgenommen und fand auf dem internationalen Kongress für Binnenschifffahrt im Jahre 1900 eine günstigere Aufnahme. Man gelangte jetzt zu folgendem Ergebnis, das sich wesentlich von dem des vorgenannten Kongresses im Jahre 1892 unterscheidet: « In dem Masse, wie die Abmessungen und die Abflussmengen der Flüsse zu- und ihre Gefälle abnehmen, nimmt die Herstellungsdauer und der Kostenaufwand für feste Regulierungswerke, mögen diese nun in überschwemmbar oder nicht überschwemmbar Molen bestehen, derartig zu, dass sie praktisch unausführbar werden. Dagegen sind die Bagger seit einigen Jahren derart vervollkommet worden, dass ihre Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit sich in unerwarteter Weise vergrössert haben. Für die grossen Flüsse ist daher, sobald der Verkehr es erforderlich macht, die Ausführung von Baggerungen Hand in Hand mit Uferbefestigungen eine empfehlenswerte und die einzige wirklich ausführbare Korrektionsmethode. In Flüssen mittlerer Abmessungen endlich kann man, neben der Ausführung fester Regulierungswerke, die Baggerungen in einem viel grösseren Massstabe zur Anwendung bringen, ab es bisher der Fall war.

Neuere Korrektionsarbeiten in Flussmündungen an Meeren ohne Flut haben die Wirksamkeit der Baggerungen völlig bewiesen. Man konnte durch Teilung der Barren der Stromwirkung in befrie-

digender Weise nachhelfen und erzielte dadurch eine hinreichende Tiefe, ohne auf das Mittel des Vortreibens von Molen zurückgreifen zu müssen. Wenn indessen die Baggerarbeiten eine Verzögerung in der Ausdehnung des Deltas und der Bildung der Barre erhoffen lassen, so kann man doch in manchen Flussmündungen, die erzielten Erfolge nur durch beständige Baggerungen festhalten. Die Kosten für die Erhaltung der Fahrwassertiefe werden allerdings nur verhältnissmässig gering sein, aber diese Unterhaltungsarbeiten müssen ohne Unterbrechung fortgeführt werden, wenn man mit ihnen der ständigen Wirkung der Naturgewalten in wirksamer Weise begegnen will. Trotzdem findet das Molensystem und die Herstellung sogenannter « ports-canaux » (Hafenkanäle) weitere Anwendung. Oft hat man die Anlage von Seitenkanälen in Vorschlag gebracht und auch ausgeführt. Diese lässt man in gewisser Entfernung oberhalb der Mündung mit Schleusen von dem Flusse abzweigen und an einer geschützten Stelle, die gegen Wellenschlag und die Strömungen der Nachbarflussarme geborgen liegt, in das Meer einmünden. Diese Methode dürfte die wirtschaftlichste sein und die meisten Aussichten auf Bestand bieten. Denn in den Kanal gelangt nur klares Wasser, das nicht mit Sinkstoffen beladen ist. Doch ist diese Methode nicht immer anwendbar, bald wegen der natürlichen Beschaffenheit der Küste, bald wegen der herrschenden Winde und der ständigen Küstenströmungen, oft schliesslich auch wegen der Bewegungen der Ablagerungen, die sich nicht selten langs der Küste in Dünen aufhäufen.

Ein bedeutender italienischer Wasserbauer, Herr Kommandant Alexander Cialdi, der sehr wertvolle Arbeiten über Meeresströmungen verfasst hat, hat durch persönliche Studien über das Wesen der Strömungswellen und der Grundwellen, gewisse Massregeln erdacht, die nach seiner Ansicht geeignet sind, eine dauernde Verhinderung von Ablagerungen in den Mündungen der Hafenfahrrinnen zu erzielen. Unter Beibehaltung der gewöhnlichen Anordnung seitlicher Molen, macht er den Vorschlag, diese beiden Molen bis zu der für die Schifffahrt nötigen Tiefe fortzuführen, die Mündung « sottovento », d. h. nach der Seite der herrschenden Windrichtungen zu drehen und schliesslich von der Mole « sopravento » (d. h. auf der Windschattenseite) eine Mole senkrecht zu ihrer Richtung abzweigen, die sich der anderen Mole in dieser Richtung bis auf einige hundert Meter nähert und von dem Wellenschlage, den die herrschenden Winde verursachen, voll getroffen wird. Unter Freilassung einer Lücke von 50 oder 100 m, soll dann

ferner die Mole „sopravento“ in ihrer bisherigen Richtung fortgeführt werden und so eine schützende Vormauer bilden, die den Schiffen einen Schlupfwinkel bietet, wenn sie bei Stürmen nicht in den Hafen einfahren können. Nach der Absicht des Kommandanten Cialdi sollen die senkrechte Zweigmole und die Vormauer einen trichterförmigen Raum einschliessen, der eine Oeffnung nach der Windschattenseite „sopravento“ besitzt und die Wirkung der Wellen der Küstenströmung erhöhen soll. Diese werden nämlich durch die oben erwähnte Lücke der Mole „sopravento“ gezwängt und rufen infolgedessen eine Strömung in senkrechter Richtung zur Hafeneinfahrt hervor, welche die dort in einer Barre abgelagerten Sinkstoffe abbrechen und über die Mole „sottovento“ hinaus mit sich fortreissen wird.

Herr Kommandant Cialdi hat diesen Gedanken in mehreren Veröffentlichungen bekannt gegeben. Durch die Zustimmung der Herren di San Bartolo, Sereni, Rossi und de Tessian, die diese Methode zur Lösung der wichtigen und schweren Frage der Hafenanäle für geeignet hielten, ermutigt, beabsichtigte er sogar sie am Hafenanal von Pesavo zur Anwendung zu bringen. Aber infolge Geldmangels und auf den Einspruch verschiedener italienischen Wasserbauingenieure hin, wurden die Arbeiten am Hafen von Pesavo nicht zu Ende geführt. Ebenso erging es ähnlichen Arbeiten, die im Hafen von Ostia zur Ausführung gelangen sollten. So scheiterte die praktische Erprobung des Systems des Herrn Cialdi mehr an unglücklichen Ereignissen, als an etwaigen Mängeln, die es aufweist.

Nach den bisherigen Erfahrungen, muss man zugeben, dass die Wellen, sobald sie sich infolge zu geringer Wassertiefe nicht völlig ausbilden können, Ablagerungen mit sich fortreissen. Dieses Fortführen von Ablagerungen, das manchmal mit grossen Geschwindigkeiten geschieht, erfolgt in einer gegen das Festland gerichteten Strömung. Leitet man diese Strömung in den durch die Zweigmole und die Schutzmole gebildeten trichterförmigen Raum, so wird sich ihre Wirkungskraft infolge der allmählichen Verengung steigern. Sobald sie die Lücke in der Mole „sopravento“ erreicht hat, wird sie sehr schnell an der Mündung vorbei- und über sie hinaus verlaufen und dabei die Sinkstoffe, die, infolge kürzlich erfolgter Ablagerung, noch keinen heftigen Widerstand leisten können, mit sich fortreissen. Es ist zu wünschen, dass dieses System eine praktische Erprobung erfährt, die uns vielleicht eine endgültige Lösung der Korrektur der Flussmündungen an Meeren mit schwacher Flut bringt.

Obwohl ich nur zusammenfassend die Betrachtungen gebracht

habe, zu denen uns die Flussmündungen an Meeren mit schwacher Flut veranlassen und nur kurz die Mittel für ihre Korrektion angeben, bemerke ich, dass sich doch ziemlich lange dabei verweilt habe. Ich beeile mich daher jetzt, mit der Zusammenfassung der dem Kongress über diese Frage vorgelegten Berichte zu beginnen. In diesen werden wir mit weitgehendsten Einzelheiten wichtige Ergebnisse finden, die man an den ausgeführten Regulierungsarbeiten und durch unmittelbare Beobachtung der Tatsachen gewonnen hat.

---

Es liegen im ganzen in dieser Abteilung 7 Berichte vor, von denen 3 die Frage allgemein behandeln. Diese sind verfasst von Herrn Kommandeur *Gaetano Bruno*, Direktor der Polytechnischen Schule in Neapel, Herrn *V. E. de Timonoff*, Professor in St.-Petersburg, technischer Berater der Generaldirektion für Seeschifffahrt und Handelshäfen und von Herrn *M. Germelmann*, Oberingenieur im Ministerium der öffentlichen Arbeiten zu Berlin. Die vier anderen Berichte stammen von Herren *Ad. Guérard*, Generalinspekteur für Brücken und Kanäle in Frankreich; *A. Barcelloni*, „Ingénieur du Génie Civil“ in Rovigo; *Tchekhovitch*, Oberingenieur für die Wasserbauten in Odessa und an der Donau, und *Paul Orlando*, Ingenieur. Diese behandeln Sonderfälle, für die sie den tatsächlichen Entwicklungsgang und die augenblicklich vorliegenden Verhältnisse berichten.

Das Ergebnis dieser verdienstvollen Arbeiten sind zwei verschiedene Ansichten. Die eine vertritt den Standpunkt, dass man mit festen Regulierungswerken und besonders abgeleiteten Kanälen zu einer endgültigen und dauernden Lösung der fraglichen Aufgabe gelangen kann. Die andere will sich der festen Regulierungswerke nur in beschränkter Masse und erst in zweiter Linie bedienen, die Lösung der Frage aber durch mechanisches Entfernen der Ablagerungen in den Flussmündungen herbeiführen.

Herr Professor Bruno und die übrigen italienischen Verfasser verfolgen den ersteren Gedankengang, Herr Professor de Timonoff, Herr Germelmann und Herr Tchekhovitch hingegen halten eine Lösung der Aufgabe durch fortgesetzte Baggerungen für möglich.

Herr Professor G. Bruno überschreibt seinen Bericht: „Betrachtungen über die Korrektion der Flussmündungen an Meeren ohne Flut und über die Pomündungen“. Nach einem kurzgefassten geschichtlichen Bericht, führt er uns die Beobachtungen vor, die

von berühmten Wasserbauingenieuren Italiens über diese Frage angestellt sind. Er betrachtet sodann die Verhältnisse an Flussmündungen, die Ursachen ihrer Versandungen und die Arbeiten, die man unter Anwendung der Stromkräfte zur Vermeidung und Verringerung dieser Missstände ausführen muss. Zunächst zeigt er, wie man seit Jahrhunderten bestrebt gewesen ist, die Flusströmung durch Anlage von Längsdeichen bis zu den grossen Tiefen des Meeres fortzuführen. Er stellt Betrachtungen über die zweckmässige Gestalt und Herstellungsweise dieser Deiche an und vertritt die Ansicht, dass unüberschwembare Deiche für die ins Mitteländische Meer sich ergiessenden Flüsse nicht geeignet sind. Er hält vielmehr Deiche, die ein Austreten der Hochwasser gestatten, für besser, weil diese zulassen, dass ein Teil des Wassers seine Sinkstoffe seitlich des Flusslaufes ablagert und sich dadurch die Grösse der Niederschläge im Meere verringern. Die Beobachtungen des Herrn M. Bonniceau an den Mündungen der Rhone und Donau bringen den Verfasser zu der Ansicht, dass es nicht vorteilhaft ist, mehrere Arme zu einem zu vereinigen, um in diesem eine ausnutzbare Wassertiefe zu erzielen. Er zieht es vielmehr vor, den Arm (oder die Mündung), welche die günstigsten Verhältnisse zeigt, durch Eindeichungen bis zur Barre festzulegen.

An Flüssen, die sich in einer einzigen Mündung mit sehr breitem Bett und geringen Wassertiefen ins Meer ergiessen, hält Herr Bruno es für angebracht, das Niedrigwasserbett durch überschwembare Deiche einzuengen und das Flussbett durch convergierende Molen zu verlängern. Die alleinige Anwendung von Molen hält er für unwirksam, sobald das Meer bei Flut nur geringe Wassertiefen besitzt. Dann ist es auch nötig, die Barre abzubaggern. In diesen Fällen glaubt er, den Schiffahrtsweg nur durch die Anlage künstlicher Fahrrienen in der Verlängerung der Durchfahrtsöffnungen des Delta sicher festlegen zu können.

Dann unterzieht er die vom Kommandanten Cialdi zur Erreichung freier Schiffahrtsrienen in Vorschlag gebrachte Methode einer Prüfung. Er erörtert die Grundlage, auf der diese Methode beruht, sowie die Ansichten, die von italienischen Wasserbauingenieuren dafür und dagegen geltend gemacht sind. Dabei kommt er zu folgendem Ergebnis: „ Wer die Wirksamkeit einer Verlängerung der Mündung durch Molen zugiebt, eines Systems, das sich heute der weitesten Verbreitung erfreut, muss unbedingt dem Vorschlage des Herrn Cialdi zustimmen. Der Erfolg der dort getroffenen Massnahmen ist unbestreitbar. “

Sodann erläutert der Verfasser die Grundlage, auf der die Anlage von Deichen mit offener Fahrrinne beruht, beschreibt ihre Herstellungsart und nennt die Ursachen des Misserfolges, den ihre Anwendung zur Folge hat.

Den ersten Teil seines Berichtes schliesst Herr Bruno mit wichtigen Schlussanträgen. Diese werden die Grundlage für die am Ende dieses Generalberichtes gestellten Schlussanträge bilden. Der zweite Teil des Berichtes behandelt die Pomündung. Er bringt zunächst einige geschichtliche Angaben über diesen Fluss und zeigt dann, an Hand der vorgenannten Betrachtungen, wie ausserordentlich schwierig es ist, durch Kunstbauten in den Mündungen des Po oder auch nur in einer von ihnen einen gesicherten Schiffahrtsweg zu schaffen.

---

Herr Professor *V.-E. de Timonoff* betitelt seinen Bericht: „Korrektion der Flussmündungen an Meeren ohne Flut“. Der Verfasser bezieht sich in dieser Studie auf die Mitteilungen, die er seinerzeit dem IX. Kongresse über die Dnieper- und Bougmündung, sowie die Vorteile von Baggerungen, machte. Er legt nunmehr dem X. Kongresse einen Entwurf für eine Anzahl von Schlussanträgen vor, die ihm dem gegenwärtigen Stand der Frage einer Korrektion von Flussmündungen an Meeren ohne Flut am meisten zu entsprechen scheinen.

Er stellt fest, dass sich die festen Bauwerke für eine sichere Festlegung der Flussmündungen an Meeren ohne Flut als unwirksam erwiesen haben; während die Baggerungen zufriedenstellende Erfolge erzielten. Danach glaubt er dieser Methode den Vorzug geben zu sollen. Um dieser Schlussfolgerung noch weiteren Nachdruck zu verleihen, schildert er die Erfolge, die man in den grossen Flüssen mit Baggerungen erreichte.

Als es sich darum handelte, einen Schifffverkehr zwischen Kronstadt und St. Petersburg auf der Nevamündung zu ermöglichen, baggerte man in das Delta quer durch die Barre eine Fahrrinne von 24 km Gesamtlänge und 6,70 m Tiefe, die man auf 10 km Länge zwischen Deichen einschloss. Die erzielten Ergebnisse führten dazu, dass man sich zu einer weiteren Ausbaggerung der Fahrrinne auf 8,50 m entschloss.

Ueber die Wolgamündung giebt der Verfasser zuerst einige Aufzeichnungen inbetreff der örtlichen Verhältnisse, schildert dann die geringen Erfolge, die man mit dem Bau von Molen erzielte, um

schliesslich die ausgezeichneten Ergebnisse vorzuführen, welche die in den Jahren 1874-1882 in der Fahrinne von Bakthe ausgeführten Baggerungen bei geringem Kostenaufwande ergaben.

Dann erinnert er an die Korrektionsarbeiten in der Dnieper- und Bougmündung in den Jahren 1828 bezw. 1875, die ausschliesslich in Baggerungen bestanden; ebenso wie man dort im Jahre 1883 weitere Vertiefungen auf demselben Wege erreichte. In dieser Weise wollte der Verfasser im Jahre 1891 auch die Belongrondov für die Schifffahrt öffnen. Sein diesbezüglicher Entwurf fand 1899 die Zustimmung des Ministers für Strassenbau. Die Ausführung der Arbeiten war von einem derartig völligen Erfolge gekrönt, dass man, nach seiner Ansicht, ihm darin beipflichten muss, dass Baggerungen ohne feste Bauwerke ausreichen, um der Flussströmung einen ständigen Verlauf zu geben und die Mündung für immer freizuhalten.

Dann bespricht Herr de Timonoff die Arbeiten, welche an der Sulina, einem Mündungsarm der Donau, ausgeführt sind. Er schildert die Veränderungen, welche die Barre erfuhr und die Schwierigkeiten, die sich in diesem Mündungsarm für die Schifffahrt boten, bis anhaltende Baggerungen eine Besserung herbeiführten. Die Erfolge beweisen nach seiner Ansicht, dass man die Erreichung des Ziels, die durch Anlage fester Bauwerke unmöglich erschien, gänzlich den Baggerungen verdankt und zwar dies in weniger als einem Jahr.

Herr de Timonoff zeigt schliesslich, wie die russische Regierung eine völlige Freilegung der Kiliamündung, welche die Internationale Kommission seinerzeit im Stich liess, lediglich durch Baggerungen erreichte. Dann giebt der Verfasser auch eine Schilderung der Verhältnisse an der Mississipimündung, ihrer allmählichen Veränderungen, sowie der Arbeiten, die man nach einander im Interesse der Schifffahrt dort ausführte, bis schliesslich die Ausführung von Baggerungen von Erfolg war. Aus den angeführten Beispielen glaubt der Verfasser folgern zu dürfen, dass eine Lösung der vorliegenden Frage in der Anwendung von Baggern zu suchen ist. In diesem Sinne stellt er einige Schlussanträge, die er dem Kongress zur Genehmigung vorlegt.

---

Herr Ingenieur *Germelmann* betitelt seinen Bericht gleichfalls: „Korrektion der Flussmündungen an Meeren ohne Flut“. Er bechränkt sich darauf, die in die Ostsee mündenden deutschen Flüsse zu betrachten. Die natürliche Beschaffenheit dieser Flüsse

ist eine verschiedene, je nachdem sie sich unmittelbar in das Meer ergiessen oder oberhalb ihrer Mündung Binnenmeere, sogen Haffs, kreuzen. In letzterem Falle setzen sich die Ablagerungen oberhalb des Binnenmeeres oder in diesem ab. Die von hoher See wehenden Winde werfen grosse Wassermassen in das Haft, und die Mündungsarme, welche diese mit dem Aussenmeere verbinden, bleiben vollkommen frei von Ablagerungen. In den Flüssen ohne Binnenmeere tritt dagegen keine Strömung in die Mündung ein und die Barre kann deshalb nur durch die Wirkung der Flussströmung beseitigt werden. Besonders die letztere Art von Flussmündungen unterzieht der Verfasser einer Betrachtung und prüft die Mittel, welche in den letzten zehn Jahren zur Korrektion ihrer Mündungen Anwendung fanden.

Am Kurischen Haff verengte man nach Herstellung eines Theiles der Nordmole im Jahre 1848 beträchtlich den Streifen, durch den sich die gekrümmte Fahrinne schlängelte. Durch eine schrittweise Fortführung der Mole, erzielte man gute Erfolge und heute hat man Gewissheit gewonnen, das mit einem guten Saugbagger die Einfahrtsrinne in tadellosem Zustande mit 7 m Wassertiefe erhalten werden kann.

An der Mündung des Frischen Haff durchbrach man die Barre durch Anlagen von Molen in grosser Breite, dann stellte man mit einem Saugbagger im Jahre 1898 eine Tiefe von 8 m her. Heute beträgt die Tiefe 9 m.

Von den Weichselarmen ergoss sich der Danziger seit mehreren Jahrhunderten unmittelbar in die Ostsee. Nach 1840 wurde er infolge einer Dünenverwehung geschlossen und es bildete sich eine neue Mündung bei Neufähr. Im Jahre 1895 machte man den Versuch, die erste Mündung durch Baggerungen von Neuem zu öffnen und erzielte unter Mithilfe einer grossen Ueberschwemmung im Jahre 1903 fast völligen Erfolg.

Die Mündung des Stettiner Haffs der Oder wurde gleichfalls mit Hilfe von Molen allmählich schiffbar gemacht. Man erzielte Tiefen von mehr als 6 m und dies ohne Baggerungen, lediglich durch Korrektion der Flussarme. Schliesslich baggerte man die Fahrinne zur Erreichung einer grösseren Tiefe an der Hafeneinfahrt bis auf 9 m aus. Diese Tiefe hat sich erhalten, ohne neue Arbeiten erforderlich zu machen.

Aus diesen Beispielen folgert Herr Germelmann, dass die Mittel, welche zur Korrektion von Flussmündungen in Meere ohne Flut geeignet sind, in folgenden Massnahmen bestehen :

1. Vor allen Dingen muss man die Ufer der Mündungstrecke befestigen; sodann sind Molen zu bauen, die, je nach der Gestalt der Mündung selbst, mehr oder weniger weit ins Meer hinauszuführen sind. Hierbei ist an den Mündungen, die einen Hafen bilden, in Betracht zu ziehen, dass, ausser auf eine Zusammenführung der Flussströmung, auf den Schutz der Schiffe gegen die herrschenden Winde Bedacht zu nehmen ist.

2. Die Barre ist durch Baggerungen zu durchbrechen. Er ist der Ansicht, dass die tiefen, künstlich hergestellten Fahrrinnen in derselben Weise, wie die Molen wirken, ohne jedoch, wie diese den schnellen und nachteiligen Aenderungen der Gestalt und des Baustoffe zu unterliegen. Am Schlusse seines Berichtes legt er dem Kongress ein sehr beachtenswertes Programm vor.

---

Herr Generalinspecteur *Guérard* behandelt: „ Die in der Rhonemündung aus geführten Arbeiten. „ Ueber diese Flussmündung besitzt man keine über das 19<sup>te</sup> Jahrhundert zurück reichende zuverlässige Angaben. Man kann sich nur aus den älteren Kartenaufnahmen Kenntnis von der Lage ihres Bettes zu der Zeit, wo sie sie sich durch den Bras de fer in den Kanal des Lannes ergoss, verschaffen. Die Teilung der Rhone in zwei Arme, die sogen. „ Grosse und kleine Rhone „ liegt weiter zurück. Die kleine Rhone hat nie Veränderungen in ihrer Lage erfahren. Es hat auch kein Wechsel in der Wasserabflussmenge stattgefunden, obgleich die vor etwa 30 Jahren in Camargue und bei Fourgues ausgeführten Eindeichungen, die Teilung der Abflussmenge zugunsten der grossen Rhone geändert haben. Seit undenklichen Zeiten geht die Schifffahrt durch den östlichen Arm. Die an der Rhone ausgeführten Bauwerke reichen bis 1725 zurück. Es sind dies steinerne Paralleldeiche, die unter dem Namen „ Pallisaden von Mitton „, so benannt nach ihrem Erbauer, bekannt sind. Der Erbauer wollte die Strömung gegen die Barre leiten, um sie zu durchbrechen. Das Ergebnis dieser Anlage war ein wenig befriedigendes. Im Jahre 1802 verfügte Bonaparte die Anlage des Arles Kanales bei Bouc. Diese Arbeiten werden 1842 völlig beendet.

Durch Studien des Heren Suvell wurde man später veranlasst, in dem Flusse zwei überschwemmbar Deiche zu erbauen, die von den Pallisaden von Mitton ausgehen und sich oberhalb der Barre

bis auf etwa 1500 m einander nähern. Ueber Hochwasser liegende Strassen führten die an den Ufern der Rhone gelegenen fort und sperrten den östlichen Mündungsarm gegen die Seitenarme ab. Der Erfolg dieser Anlagen war nicht der erhoffte. Nach einem grösseren Hochwasser war die Fahrrinne unbeständig und nicht mehr hinreichend tief. Im Hinblick auf diese schlechten Ergebnisse entschloss man sich zum Bau eines Seitenkanals, des St.-Louis-Kanals, der nahe dem St.-Louis-Turm von der Rhone abzweigt, eine der Pallisaden von Mitton kreuzt und bei einer Länge von nahezu 4000 m gegenüber dem Port von Bouc in den Golf von Fos mündet.

Seit 1865 ergiesst die Rhone ihr ganzes Wasser in die im Südosten gelegene Einfahrt des Golfes von Fos. Durch eine beständige Ausbreitung des Ablagerungskegels nach Osten hin wird die Einfahrt in die Häfen von Bouc und St. Louis sehr erschwert. Um dieser misslichen Lage abzuhelpfen, hat man auf dem rechten Ufer den seit 1855 versperrten Arm von Ronstan wieder geöffnet. Dieser wurde dann nach Süden abgelenkt, wodurch man seine Strömung zwang, einen grossen Teil der trüben Wassermengen nach dem Süden des Golfes von Fos abzuleiten. Der Erfolg dieser in Jahre 1903 beendeten Arbeit war eine Verlegung des Ablagerungskegels nach Süden; doch wird dieser Zustand infolge der Verringerung der Abflussmenge keine Gewähr für längere Dauer bieten.

Der St. Louis Kanal wird durch Molen bis zu Tiefen von 6,50 m. fortgesetzt. Diese Tiefen haben sich bisher erhalten.

Herr Guérard beschreibt dann die verschiedenen Verfahren, die man zur Oeffnung der Sulina, eines Donauarmes, zur Anwendung brachte. Zuerst stellte man Versuche mit einer schweren eisernen Sandkratze an, die man über die Sohle schleifen liess; doch erst eine vorläufige Eindeichnung, welche später zur Ausführung gelangte, hatte eine Sohlenvertiefung zurfolge. Diese Tatsache ermutigte zu einer Befestigung und Verlängerung der Deiche, durch die man eine Tiefe von 6,25 m erzielte, welche sich unverändert erhält. Die Sulinamündung endigt senkrecht zu einer von Norden nach Süden verlaufenden Küste. An dieser verlaufen ständige Strömungen mit einer Geschwindigkeit von 0.50 bis 1.82 m. Ferner treffen auf die Küste die durch die Nordoststürme hervorgerufenen Wellen, welche für die Mitnahme der vom Fluss abgelagerten Sinkstoffe am günstigsten sind. Die Verhältnisse, welche eine Korrektion der Sulinamündung durch Eindeichnungen ermöglichten, liegen bei den Rhonemündungen nicht vor.

Der Verfasser beschliesst seinen interessanten Bericht mit einer Beschreibung der bei der Wiedereröffnung des Ronstanarmes erzielten Ergebnisse.

---

Herr Ingenieur A. *Barcellona* betitelt seinen Bericht : « Die Arbeiten zur Erhaltung des Mündungsarmes Po di Levante ». Zu Beginn giebt der Verfasser einen kurzen geschichtlichen Ueberblick über die Veränderungen, die der Po an seiner Mündung ins Adriatische Meer erfahren hat. Hieraus ergiebt sich, dass sich die Adige in der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts in den Tartaro ergoss, der an dieser Stelle den Namen « Canalbianco » annahm und seinerseits in den östlichen Mündungsarm des Po, den sogenannten « Po di Levante » mündete. Dann deichte die Venetianische Republik im 17. Jahrhundert diesen Arm ein und trennte ihn vom Po. Durch die Unterbrechung jedes Wasserzuflusses von der Adige sank der Po di Levante im 19. Jahrhundert zu einer einfachen Abflussrinne für die Abwässer der Ebenen zwischen dem Mincio und dem Meere herab. Der Verfasser betont dann die augenblickliche Bedeutung dieser Fahrrinne für die Schifffahrt und beschreibt die Arbeiten, welchen man auf Anraten des Herrn Lorgua zur Verhütung von Versandungen an ihm ausgeführt hat. Die Ablagerungen entstehen durch die anderen Pomündungen, welche sich nach dem Po di Levante hin ausbreiten. Durch Anlage von Molen drängte man den grössten Teil der Ablagerungen des Flusses nach dem Po die Gnocca und dem Po delle Tolle zurück. Dann schildert er uns, wie sich im Jahre 1823 der Po de Maistra infolge falscher Anlagen in der Nähe der Mündung des Po di Levante eine neue Mündung « Alla rivolta del Sette » eröffnete und dadurch wieder die vorherrschende Stellung unter den Mündungsarmen erhielt. Er drohte den Po di Levante zu versperren und man konnte diesen nur durch Regulierungs- und Schutzwerke erhalten. Nach einem Hochwasser entstanden Verwüstungen, die eine sorgfältige Wiederherstellung notwendig machten, wenn man eine Ablagerung der Posinkstoffe in der Mündung des Armes di Levante verhindern wollte.

Im Jahre 1847 richtete das Haus Perelli-Paradisi auf dem Po eine Schifffahrtslinie ein. Diese wurde später vom Lloyd ausgebeutet. Man prüfte damals die Verhältnisse an den Pomündungen. Die damit beauftragte Kommission stellte fest, dass die Flussmündungen des Podeltas unüberwindliche Schwierigkeiten boten und man den

Po di Levande nur durch eine Verbreiterung und Vertiefung der Fahrrinne des Cavanella Po befahrbar machen könne, deren Ausführung sie vorschlug. Ferner sollte rechts und links des Po di Levande je ein Leinpfad und schliesslich noch ein Hafen angelegt werden. Der Hafen sollte ein durch zwei Molen von einem Kilometer Länge eingeschlossenes Aussenfahrwasser erhalten. Der Zweck der Molen, die aus einem Pfahlrost mit Steinschüttung hergestellt wurden, sollte eine Durchbrechung der Sandbank sein. Infolge von Stürmen wurde ein Teil des Pfahlrostes fortgerissen und die Fahrrinne und der Hafen mit Steinmaterial versperrt. Dies veranlasste eine Ausfüllung der Molen, mit der man jedoch auch keine grossen Erfolge erzielte.

Dann schildert der Verfasser, wie wenig die bis 1871 in dieser Fahrrinne noch weiterhin ausgeführten Arbeiten von dauerndem Erfolg gekrönt waren. Später wurde dann der Hafen des Po di Levande in die vierte Hafenklasse eingereiht und den Ortsbehörden überlassen.

Seit Beginn der Korrektion in der Mündung des Po di Levande schreibt man die starken Versandungen desselben den Ablagerungen des Po de Maistra zu. Man entschloss sich daher den Hafen von Maistra zu schliessen und versuchte dem Mündungsarm „delle Tolle“ eine grössere Strömung zu geben. Diese Arbeiten mussten jedoch auf den Einspruch der Anlieger des letzteren Mündungsarmes sofort wieder eingestellt werden. In der Folgezeit stellte der Herr Inspector Possenti dann fest, dass die Versandungen vor der Mündung des Po di Levande durch die Sinkstoffe der Adige verursacht werden, worauf man den Plan einer Schliessung des Po de Maistra aufgab.

Gegenwärtig besitzt die Einfahrtrinne des Hafen am Po di Levande bis zu den Enden der Molen vollkommen ausreichende Wassertiefen. In geringer Entfernung von diesen wendet sie sich jedoch plötzlich nach Norden und ist hier von hohen Barren eingeschlossen. Im Süden liegt zwischen der alten Küste und den neuen Ablagerungen von der südlichen Mole ausgehend eine offene Lagune von 5 Quadratkilometer Oberfläche, die sogen. „Vallona“, welche beim Ebbestrom die Ablagerungen des Po di Levande begünstigt. Herr Ingenieur Tomuto Montanari machte den Vorschlag sich dieses Umstandes zur Umwandlung des Hafens am Po di Levande in einen Lagunenhafen zu bedienen.

Herr Ingenieur Barcelloni zeigt am Schluss seiner Arbeit noch weitere Wege, die ihm für die Herstellung einer Schifffahrtsrinne

vom Po nach dem Adriatischen Meere geeignet erscheinen. Mit einem grossen Aufwand von Beweismaterial sucht er sodann die Zweckmässigkeit der Anlage eines Parallelkanals zu belegen. Der bessere praktische Erfolg und der geringere Kostenaufwand sollen die mit dem Durchfahren von Schleusen unvermeidlich verknüpften Unbequemlichkeiten aufwiegen.

Die Kommission für Prüfung der Binnenschifffahrt machte den Vorschlag, den Po durch eine Verbindung der vorhandenen Fahrinne des Brondolo- und Cavanella-Po wieder nach Venedig zu führen. Zur unmittelbaren Verbindung des Po mit dem Adriatischen Meere schlägt sie den Ausbau zweier Seitenarme vor, eines zur rechten, dem alten Volanomündungsarm folgend und einen links in Verbindung mit der alten Calerimündung, die man dem Po di Levande glaubt vorziehen zu sollen.

Schliesslich erwähnt der Verfasser noch eine Lösung, die in einer Verbindung des Po mit dem Adriatischen Meere durch einen Schiffahrtskanal von etwa 2 km Länge besteht. Dieser Kanal, der mit Schleusen zu versehen wäre, soll von dem Po delle Tolle ausgehen und in die sogen. Sacca di Scordovari, eine breite Meeresbucht und richtige Lagune einmünden. Diesen Vorschlag empfiehlt er einer Prüfung.

---

Herr Ingenieur *Tchekhovitch* betitelt seinen Bericht: „Korrek-tionsarbeiten in der Kiliamündung (dem russischen Mündungsarm der Donau)“. Er beschreibt die Teilung, die die Donau in ihrem Unterlauf vor der Einmündung in das Schwarze Meer erfährt und legt dar, weshalb er eine Vertiefung der Kiliamündung für notwendig hält, obwohl er zugiebt, dass die Sulinamündung den Vorzug verdient. Dann geht er zu einer Beschreibung der heutigen Verhältnisse des Donaudeltas und der allmählichen Veränderungen, die es von 1883 bis 1902 erfahren hat, über.

Auf Versuche der Bewohner der Küstenstädte hin, unternahm die Regierung im Jahre 1900 die Freilegung des Polonotchnoiearmes, um auf diese Weise Odessa und die anderen russischen Häfen durch die Kilia bequemer mit dem Meere zu verbinden. Die Ausmündung dieses Armes ist durch Inseln und das Delta des Otchakowarmes gegen die grossen Wellen aus dem Osten und Süden geschützt. Er ergiesst sich in eine sehr geschützt gelegene Bucht. Seine Wasserführung ist unbeträchtlich und die mitgeführten Sinkstoffe sind so verschwindend, dass man durch Baggerungen die Fahrinne mit

Leichtigkeit in der nötigen Tiefe erhalten kann. Schliesslich verlegen die herrschen Winde aus Nordwest und Nordost die Ablagerungen immer mehr nach Süden, so dass das Delta an der Polonotchnoiemündung nur sehr wenig im Wachsen begriffen ist.

Der Verfasser beschreibt nun die zur Ausführung gelangten Arbeiten und Baggerungen, wobei er auf die günstigen augenblicklich vorliegenden Verhältnisse der Fahrrinne aufmerksam macht. Seine Ansicht geht dahin, dass man, selbst in einem Flusse mit starker Sinkstoffführung durch Bagger von hinreichender Leistungsfähigkeit die erforderlichen Tiefen erhalten kann, wenn man nur die Fahrrinne nach den auf dem V. Internationalen Schifffahrtskongress festgelegten Regeln anlegt.

Er glaubt indessen, dass man eine völlige Beseitigung der Sandablagerungen in der Flussmündung nur durch Anlage von Seiten Kanälen mit Schleusen, die die Flüsse mit dem Meere ausserhalb des Deltabereiches verbinden, erzielen kann. Einzig und allein auf diese Weise kann nach seiner Meinung eine ununterbrochene Schifffahrt ermöglicht werden.

---

Herr Ingenieur *Paul Orlando* betitelt seinen Bericht : „ Versuchsergebnisse mit einem „ Working-Model „, das die Ausführbarkeit einer Eröffnung der Tibermündungen für die Seeschifffahrt beweisen sollte. „ — In seinem Bericht stellt der Verfasser fest, dass man bei einem Entwurf zur Fortführung der Seeschifffahrt ins Landinnere zunächst einmal ganz genau den Punkt der Küste festzulegen hat, an dem man den neuen Schifffahrtsweg anlegen will. Von hier hat man dann bei der Festlegung der Anlagen, welche die Umwandlung einer Inlandstadt in eine Seestadt erfordert, auszugehen. Nach seiner Ansicht kann der Tiber wegen seines natürlichen Verlaufes niemals die Gesamtbedingungen erfüllen, welche man nach den heutigen Verhältnissen für eine Umwandlung des neuen Roms in einen Seehafen stellen muss. Wie er erzählt, hat man die Lösung dieser Frage von zwei ganz verschiedenen Gesichtspunkten aus geprüft. Einmal sollte der Tiber für die Kleinschifffahrt benutzt werden ; der andere zielte auf Herstellung eines vom Flusse unabhängigen Kanals hin.

Im Hinblick auf die Bedeutung der Stadt Rom und im Interesse einer leichteren künftigen Entwicklung dieser Stadt hält es der Verfasser für nötig, dass man seine Verbindung mit dem Meere

unabhängig vom Tiber anlegt, um den grossen Handelsschiffen eine Einfahrt in den Hafen der Stadt zu ermöglichen. Er rät dagegen von einer Anlage zur Erleichterung der Kleinschiffahrt auf dem Tiber ab.

Er betont im weiteren, dass der Entwurf eines getrennten Kanales ein eingehendes Studium der Hydrographie der römischen Küste, sowie der Richtung und Wirkungsweise der Seeströmung und herrschenden Winde erfordert. Zur Vornahme von praktischen Versuchen, die er gleichfalls für unbedingt nötig hält, hat er ein Reliefmodell (Working-Model) der römischen Küste und der beiden Mündungsarme des Tiber herstellen lassen. Die beiden Mündungsarme versorgt er beständig mit Wasser, das Sinkstoffe in demselben Mischungsverhältnisse, wie der Tiber mit sich führt. Gleichzeitig erzeugt er in dem kleinen Meere eine künstliche Küstenströmung.

An der Hand dieses Modelles will Herr Orlando die Richtung bestimmt haben, in der vorzugsweise die Sandablagerungen des Tiber stattfinden. Er will festgestellt haben, dass die Ablagerungen auf der rechten Küstenseite, d. h. auf der Windseite in 6 km Entfernung aufhören, und dass die Grösstniederschläge in Höhe der Mündung bei Fiumicino stattfinden.

Er vergleicht dann die Ergebnisse seines Working Model mit den tatsächlich vorliegenden Verhältnissen und findet eine befriedigende Uebereinstimmung. An der Hand der tatsächlichen Verhältnisse legt er dann die Lage der Mündung des Seekanals nach Rom fest.

Diese Studien bedeuten zwar einen sehr lobenswerten Fortschritt auf dem Wege praktischer Versuche, doch darf man sich auf solche Zimmerversuche nicht allzusehr verlassen. Trotz aller angewendeten Sorgfalt können sie doch nicht mit unbedingter Genauigkeit allen Punkten einer so schwerwiegenden und umfangreichen Frage Rechnung tragen.

### Schlussanträge.

Aus den vorhergehenden kurzen Auszügen der Berichte ergeben sich, wie bereits gesagt, zwei völlig verschiedene Lösungsarten der so wichtigen Frage des Ausbaues der Flussmündungen an Meeren mit schwacher Flut. Die eine Partei will diese Lösung durch Herstellung fester Regulierungswerke erreichen, während die

andere sie in Baggerungen zur Vertiefung der Fahrrinne gefunden zu haben glaubt.

Zieht man in Erwägung, dass die Baggerungen, im Verein mit festen Regulierungswerken, nur geeignet sind, den unbeständigen Zustand, der gerade der grösste Fehler der Hafeneinfahrten ist, weiter hinzuhalten, so kommt man darauf zurück, feste Bauwerke in der Weise anzulegen, dass die vereinigte Tätigkeit der Flusstrommung der Wellen und der Küstenströmungen zu dem gewünschten Ziele führen.

Die weiter oben angestellten Betrachtungen über den Vorschlag des Kommandanten Cialdi, sowie die Schlussfolgerungen, die Herr Professor Bruno bei der Erörterung dieses Vorschlages aufstellt, führen mich dazu, ernstliche Hoffnungen auf die Ergebnisse zu setzen, die mit der Anlage eines durch Molen geschützten Trichters zu erreichen sein werden. Ich möchte deshalb den unter *a)*, *b)* und *c)* genannten Schlussfolgerungen des Professors Bruno auch ohne Abänderung zustimmen. Doch erscheint es mir richtiger, in dem zweiten Teile des Schlussantrages *d)* die Anlage mehrerer von der Mole „sopravento“ senkrecht abgehender Molen mit einer Reihe von Lücken in der Hauptmole fortzulassen. Ich bin der Ansicht, dass eine solche Anordnung die Wirkung des Trichters, der die Kraft der Strömungswellen verstärken soll, beeinträchtigen würde; vielmehr halte ich es für besser die von Herrn Kommandanten Cialdi vorgeschlagenen Anordnungen unverändert beizubehalten und in diesem Sinne den Schlussantrag *d)* des Herrn Professor Bruno abzuändern.

Die geringe Wirksamkeit, welche Deiche mit völlig freier Durchfahrt wohl hauptsächlich infolge der Ausbreitung der Wellen, ergeben haben, lässt es uns nicht empfehlenswert erscheinen, ihre Anwendung in Vorschlag zu bringen.

Es ist aber zu berücksichtigen, dass man endgültige Ergebnisse, aus denen sich ein völliges Gelingen des vom Kommandanten Cialdi angegebenen Verfahrens nachweisen lässt, erst durch langjährige Erfahrungen gewinnen kann. Inzwischen muss man sich nach anderen Mitteln für die Korrektur der Flussmündungen umsehen. Betrachtet man von diesem Gesichtspunkte aus die mit den Baggerungen erzielten Ergebnisse welche Herr Professor de Timonoff und Herr Ingenieur Germelmann so rühmend hervor heben und Herr Ingenieur Tchekhovitch praktisch erprobt hat, so glauben wir ohne Zögern die Schlussanträge des Herrn Professor de Timonoff mit

Ausnahme des ersten, sowie diejenigen des Herrn Ingenieur Germelmann, die jene ergänzen, zur Erörterung stellen zu können. Wir stellen also die folgende Schlusserträge zur Erörterung :

1. (Vergl. *a* im Bericht des Herrn Bruno). Die Fahrrinne der Mündung muss an ihrem Ende durch schwach gekrümmte Deiche verlängert werden; und zwar derart, dass die Mündungsöffnung nach der Richtung liegt, welche den Eintritt der Grundwellen und der Küstenströmungen unter Einwirkung der herrschenden Winde am wenigsten begünstigt.

2. (Vergl. *b* id.). Die Breite der durch die Deiche gebildeten künstlichen Fahrrinne muss der Breite des natürlichen Flussbettes oberhalb der Mündung gleich sein; sobald in der Mündung starker Flutwechsel herrscht, darf sie nach dem Meere zu allmählich zunehmen, was man am besten durch Anlage convex zu einander verlaufender Deiche erreicht; ist ein solcher Flutwechsel aber nicht vorhanden, so muss die Breite bis an das Meer unverändert beibehalten werden oder sogar nach dorthin ein wenig abnehmen.

3. (Vergl. *c*, id.). Der Anschluss des künstlichen Flussbettes an das natürliche soll durch Dämme mit Steindeckung oder Steinschlagschüttung hergestellt werden. Diese sind auf eine gewisse Entfernung durch Molen fortzusetzen. Die Molen können mit ihrer Krone über oder unter Mittelwasser liegen. Am besten legt man sie vielleicht so an, dass sie allmählich vom Wasser überschwemmt werden. In letzterem Falle tauchen sie schrittweise bis zum Meeresspiegel oder noch etwas tiefer unter und gestatteten auf diese Weise den Hochwassern des Flusses, sowie den Wellen sich nach beiden Seiten hin auszubreiten.

4. Die Mole „sotto vento“ kann kürzer, als die Mole „sopra-vento“ sein. Die letztere biegt auf eine geeignete Länge derart senkrecht ab, dass sie von den herrschenden Winden getroffen wird. An dieser Stelle müssen die Stirnseiten nach der Mündung zu senkrechte Wände erhalten und müssen sich mindestens einen Meter über den mittleren Meereswasserstand erheben. Ueber die senkrechte Zweigmole hinaus verlängert man die Mole „sopra-vento“ unter Freilassung einer Lücke in der bisherigen Richtung. Diese Verlängerung erhält mindestens dieselbe Länge, wie die Zweigmole vorausgesetzt, dass sie sich ebensoweit, wie diese über den mittleren Meereswasserstand erhebt.

5. Solange man die Ergebnisse des Systems des Kommandanten Cialdi noch nicht in befriedigender Weise kennt, kann man das Verfahren unmittelbaren Aushubs der Fahrrinne für das schnellste und billigste zur Korrektion einer Flussmündung an Meeren mit schwacher Flut ansehen.

6. (Vergl. Nr 2 im Berichte des Herrn Professor de Timonoff.) Für eine Korrektion durch Baggerungen muss man dem Mündungsarm den Vorzug geben, der infolge seiner natürlichen Eigenschaften die grössten Vorteile gewährt und sie auch für eine genügend lange Zeit weiter zu bieten verspricht. Solche Eigenschaften sind : hinreichende Tiefen zwischen dem äussersten Punkte des Deltas und der Barre, grosse Krümmungshalbmesser der Binnenfahrerinne, genügende Breite dieser Fahrerinne u. s. w. Der endgültigen Entscheidung muss ein möglichst langes Studium des ganzen Deltas, das einen Einblick in die möglichen Aenderungen der verschiedenen Arme gestattet, vorausgehen. Allerdings fallen Mängel in der genauen Kenntniss der örtlichen Verhältnisse bei Anwendung von Baggerungen ungleich weniger ins Gewicht, als bei der Anlage von Molen. Nach den obigen Einschränkungen würden die Anforderungen, welche man an den zur Korrektion durch Baggerungen ausgewählten Arm zu stellen hat, die folgenden sein :

a.) Sein benetzter Querschnitt und seine Wasserführung dürfen die für die Schifffahrt erforderlichen Grösstwerte nicht viel überschreiten, damit man nicht gegen eine Wasserdurchflussmenge zu kämpfen hat, die die unumgänglich notwendige weit hinter sich lässt.

b.) Er muss an einer solchen Stelle in das Meer münden, wo der Fortschritt der Anschwemmungen des Deltas nur ein geringer ist ;

c.) Die Barre soll so schmal wie möglich sein, damit die auszubaggernde und zu unterhaltende Fahrrinne auf ein Minimum von Länge beschränkt bleibt ;

d.) Die Richtung muss derart sein, dass die Fahrrinne, je nach dem Vordringens des Deltas, nach dem Meere zu verlängert werden kann, ohne dass die Krümmungen der Fahrrinne unbequeme Abmessungen für die Schifffahrt annehmen oder unvereinbar mit der natürlichen Beschaffenheit des korrigierten Armes werden.

Die Entfernung zwischen Barre und Küste, die bei der Anlage von Molen häufig den Ausschlag giebt, ist bei Baggerungen unwesentlich.

7. (vergl. id.) Für die Freilegung und Unterhaltung einer Fahrrinne durch die Barre hindurch eignen sich am meisten die Saugbagger, welche im Bedarfsfalle mit Vorrichtungen zur Auflockerung des Bodens zu versehen sind. Ist die Barre keinem starken und häufig wiederkehrenden Wellenschlage ausgesetzt, so geschieht die Fortführung des Baggergutes am vorteilhaftesten durch Druckrohrleitungen. Ist dies nicht der Fall, so muss man das Baggergut in besondere Behälter aufnehmen. Es empfiehlt sich, Bagger von grosser Leistungsfähigkeit zur Anwendung zu bringen, um den Einheitspreis für das Baggergut herabzusetzen und die Zahl der gleichzeitig in der Schiffahrtrinne arbeitenden Maschinen auf ein Mindestmass herabzudrücken.

8. (vergl. 4, id.). Damit die durch die Vertiefungsarbeiten bedingte Wasserzufuhr in dem für die Korrektion ausgewählten Arm seine vorhandene Wasserführung nicht übermässig vergrössert, wird es zweckmässig sein, an der Trennungstelle des ausgewählten und der Nachbararme Regulierungswerke anzulegen, die eine ganz bestimmte Teilung [der Wasserführung] festlegen. Im Bedarfsfalle kann man durch solche Regulierungswerke die Wasserführung des korrigierten Armes auch auf ein bestimmtes Mass beschränken.

9. (vergl. 5, id.). Im allgemeinen hat man die Anlage fester Regulierungswerke an der Barre zu vermeiden. Denn diese wirken wie eine ins Meer hinausragende Zacke und vermehren unter der Einwirkung der Seeströmungen und Wellen, die Gesamtmenge der Ablagerungen, die sich an der Barre aufhäufen. In manchen Sonderfällen kann es jedoch im Interesse der Schifffahrt vorteilhaft sein, um eine rasche Versandung der Fahrrinne durch Sinkstoffzuführung von der Seite zu verhindern, auf einer oder selbst beiden Seiten der Fahrrinne Deiche anzulegen. Diese Deiche dürfen dann aber keineswegs die Strömung einengen, und es würde nutzlos sein, sie über den Ebbwasserstand hinausragen zu lassen. Ihre Lage und ihre Querschnitte sind so auszuwählen, dass der im ganzen unvermeidliche schädliche Einfluss auf die Sinkstoffführung des Meeres möglichst herabgemindert wird. Diese Schutzdeiche wird man am billigsten mit Baggergut aus der Fahrrinne erbauen und sie in einfacher Weise befestigen und bepflanzen.

10. (vergl. 6, id.) Vor Beginn der Korrektion einer Flussmündung durch Baggerungen muss man einen völligen Arbeitsplan fest-

legen und den für eine gedeihliche Durchführung der Arbeit nötigen Bedarf an mechanischen und pekuniären Hilfsmitteln zusammenstellen. Sind die Arbeiten einmal begonnen, so müssen sie mit aller Tatkraft fortgeführt werden, um die Aushubmasse auf ein Mindestmass zu beschränken, die Übergangszeit abzukürzen, die Zinsen des beteiligten Kapitals nicht zu vermehren und die öffentliche Meinung nicht zu entmutigen.

Padua, 30. Juni 1905.

HYACINTHE TURAZZA.  
Professeur-Ingénieur.

---