

3.

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

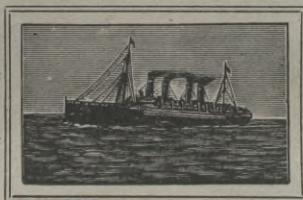
BERICHT

VON

A. GUÉRARD

Generalinspektor für Brücken und Wege

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

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

1905



11-354184

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316794

VERBESSERUNG
DER
Mündung von Flüssen, die sich in Meere
OHNE EBBE UND FLUT ERGIESSEN

Ausgeführte Bauten an der Rhône-Mündung und dabei gemachte Erfahrungen

BERICHT

VON

Ad. GUÉRARD

Generalinspektor für Brücken und Wege

Die Geschichte der Veränderungen des Rhônebettes im Delta ist erst seit kaum 2 Jahrhunderten gut bekannt und erst seit etwas mehr als 50 Jahren besitzt man genaue Angaben über die Bildung der Mündungen und die Umwandlungen, denen sie unaufhörlich unterliegen.

Die ältesten auf uns gekommenen Karten stammen aus dem Ende des 16. Jahrhunderts; sie sind so unvollkommen, dass man ihnen keine Angaben entnehmen kann. Die erste mit Sorgfalt aufgenommene Karte stammt aus d. J. 1706; wir verdanken sie d'Anville, dem Geographen des Königs (1). Eine andere Karte aus derselben Zeit, i. J. 1711, von Noel Advisard aufgenommen (2), liefert interessante Aufschlüsse über die Lage der Ortschaften in dem Augenblick, als die grosse Ueberflutung stattfand, bei der sich die Rhône plötzlich aus dem « Bras de Fer » genannten Bette in den Kanal von Launes warf und sich das Bett grub, in welchem sie noch heut fliesst.

Dann kam die Karte von Cassini (1744-89) (3).

Die erste genaue Urkunde ist ein geometrischer Plan der

(1) *Ports maritimes de la France* I. Teil, « Notice sur le port Saint-Louis-du-Rhône ». (Fig. 2.)

(2) Wie vor I. Teil, a. a. O. (Fig. 15.)

(3) Wie vor I. Teil, a. a. O. (Fig. 4.)

Landstrecken, die in den Mündungen der Grand Rhône im J. 1814 und i. J. 1823 aus dem Wasser hervorragten ; dieser Plan wurde gelegentlich einer Teilung von Gelände gezeichnet, das das Staat verkaufte (1).

Der Katasterplan (1813), die Karten von Truchet (1807), von Chantérac (1814) ; von Matheron und von V éran (1851) sind weniger genau.

In keiner dieser Urkunden findet man Angaben über Tiefenmessungen.

Die von den Hydrographen der Marine i. d. Jahren 1841/42 gezeichnete Karte ist die erste vollständige und genaue Seekarte, die wir besitzen. Die Generalstabskarte hat sie durch die Land-Details in wertvoller Weise vervollkommenet.

Der Plan der Mündungen wurde von den Ingenieuren der Wege- und Brückenverwaltung i. d. Jahren 1846, 1852, 1854 und 1855 aufgenommen. Der Plan von 1860 wurde auf den ganzen Golf von Fos und die Küste bis vor den Leuchtturm von Faraman ausgedehnt. Die Tiefenmessungen wurden bis zehn Meilen in die See hinein ausgeführt.

Seit 1863, dem Zeitpunkt, wo die Arbeiten am Kanal Saint-Louis begannen, haben die Ingenieure alle Jahre den Plan der Bucht von « Le Repos » und der Küste der Mündungen bis zur Meerestiefe von 10 m aufgenommen.

Die Hydrographen der Marine stellten im J. 1872 eine Gewässerbeschreibung der Küsten Süd-Frankreichs und 1895 eine solche der Mündungen der Rhône und des Golfes von Fos neu her.

Die vor etwa 15 Jahren von Marion, Professor an der Faculté des Sciences von Marseille, ausgeführten Tielunternersuchungen für Zwecke der Seetierkunde ergaben, dass der Küstenstrich des Golfes du Lion von einer ziemlich breiten Zone umgeben ist, in der die Tiefe 400 bis 500 m nicht überschreitet, und die plötzlich in ziemlich gerader, vom Kap Sicié nach Port-Vendres gerichteter Linie mit Tiefen von 200-408 m, je nach der Lage, unterbrochen wird. Unterhalb dieser Linie beginnen die grossen Tiefen des alten Mittelmeeres, von 2000-3000 m.

Die Teilung der Rhône in zwei Arme geht bis auf die fernsten Zeiten zurück. Die kleine Rhône hat seit sehr langer Zeit weder eine bedeutende Verlegung noch eine Veränderung in der Wasserführung erfahren. Die vor etwa 30 Jahren vorn an der Insel Camargue bei der Fourquesspitze zur Verbesserung

(1) *Ports maritimes de la France* I. Teil, a. a. O. (Fig. 16.)

der Flussschiffahrt ausgeführten Eindeichungsarbeiten haben indessen die Wasserführung zu Gunsten der grossen Rhône verschoben. Das auf der Cassini'schen Karte deutlich sichtbare Vorgebirge der kleinen Rhône ist längst verschwunden und das durch die Auswaschungen des Meeres bewirkte Zurücktreten der Küste, war in den letzten Jahren so stark geworden, dass ernsthafte Befürchtungen für die Erhaltung des Dorfes Saintes-Maries entstanden.

Die Schifffahrt hat, soweit sich dies geschichtlich verfolgen lässt, immer den Ostarm benutzt. Von diesem Arm liess der römische Feldherr Marius, der zwischen der Rhône und dem Teich (Etang) von Berre ein Lager aufgeschlagen hatte, um den Durchzug der Cimbern und Teutonen aufzuhalten, von seinen Soldaten i. J. 102 v. Ch. G. eine Ableitung graben, welche den Schiffen mit Proviant für seine Legionen einen bequemeren Weg eröffnen sollte.

Erste Eindeichungsarbeiten.

Mitton'sche Pallisaden (1725). — Die ersten in der Nähe der Mündungen ausgeführten Bauten, über die wir einige Angaben besitzen, sind die beiden parallelen Dämme aus Steinschüttung, welche Mitton, Marine-Intendant in Toulon, i. J. 1725 zu bauen vorschlug, um den Hauptstrom des Wassers auf die Barre zu lenken.

Diese oberhalb des alten Armes von Piémanson hergestellten Dämme bestehen noch heute mit dem Turm Saint-Louis, den man i. J. 1837 zur Verteidigung der verbesserten Mündung gebaut hatte. Sie sind im Lande unter dem Namen « Mitton'sche Pallisaden » bekannt.

Da die erzielten Ergebnisse nicht genügten, nahm Bélidor 1748 den Gedanken auf, welchen Vauban schon 1685 ausgesprochen hatte. Er bestand darin, einen mit Schleusen versehenen Kanal von Port de Bouc auf kürzestem Wege zur Rhône zu graben. Mehrere Entwürfe wurden ausgearbeitet, scheiterten aber an dem Widerspruch der Stadt Arles, welche behauptete, dass die Eindeichung der Rhône den Vorzug verdiene.

Ingenieure aus der Dauphiné und Languedoc, die 1784 und 1790 dorthin geschickt waren, schlugen vor, die Mittonschen Pallisaden bis zum Meere zu verlängern. Die National-Versammlung befahl die Ausführung des Entwurfs am 1. Juni 1794; aber die damaligen Unruhen verhinderten, dass der Anordnung Folge geleistet wurde.

Im Jahre IV schlug Guimet, Ingenieur für Brücken- und Wegebau in Aix, vor, einen Kanal zu bauen, der von Saint-Chamers, am Ende des Teiches (Etang) von Berre, ausgehen und an der Rhône bei Arles enden sollte, nachdem er durch 34 Schleusen gegangen war.

Kanal von Arles nach Bouc (1802-1842).

Im Jahre 1802 befahl Bonaparte den Bau des Kanals von Arles nach Bouc. Die sogleich begonnenen Arbeiten wurden von 1811 bis 1822 unterbrochen. Im Jahre 1829 wurde indessen ein Abschnitt von einigen Kilometern zwischen Port de Bouc und Plan d'Aren und am 27. Juni 1834 der Kanal in seiner ganzen Länge der Schifffahrt übergeben. Die Baukosten betrug 15 Millionen Francs.

Dieser Kanal mit 14,40 m Sohlenbreite und 1,85 m Wassertiefe, mit Schleusen von 7,80 m Breite und 33 m brauchbarer Länge konnte der Dampfschifffahrt, die soeben auf der Rhône eröffnet war, nichts nützen; er war noch nicht fertig, als die Frage der Mündungen brennender als je wurde.

Eindeichung der Rhône im Ostarm; Sperrung des anderen Arme (1852-1856).

Die von Surell, einem Ingenieur für Brücken- und Wegebau, gemachten Untersuchungen führten zur Vorlage eines Eindeichungsentwurfs, der bezweckte:

1) in dem Flusse zwei Niedrigwasserdämme von den Mitton'schen Pallisaden beginnend herzustellen. Sie sollten 400 m von einander entfernt sein und in gerader Linie nach der Mündung verlaufen, wo sie etwa 1500 m vor der Barre, 500 m von einander entfernt aufhören sollten.

2) zwei hochwasserfreie Chaussées als Fortsetzung der hochwasserfreien Deiche der Rhône anzulegen. Diese sollten zwischen sich ein grösseres Bett von etwa 3000 m gegenüber Saint-Louis lassen und sich allmählich nähern, je mehr sie an die Barre heranrückten. An ihren äusseren Enden sollten sie nur noch 900 m da wo das Land aufhört (1), und 800 oder 900 m jenseits der Niedrigwasserdämme von einander entfernt sein; die Chaussées sollten so alle Seitenarme des Ostarms sperren, der allein bestehen bliebe.

(1) *Ports maritimes de la France*, Bd VII. 1. Teil. a. a. O. (Fig. 6.)

Die von 1852 bis 1856 (1), ausgeführten Bauten bestanden nur darin, dass alle Mündungen (Graus) mit Ausnahme der östlichen durch hochwasserfreie Dämme gesperrt wurden; diese Dämme wurden unter sich und mit den weiter aufwärts befindlichen Dämmen durch hochwasserfreie Erdwälle verbunden; die Uferböschungen der Rhône wurden durch Steinschüttungen geschützt. So wurde die Eindeichung durch hochwasserfreie nach der Mündung sich nähernde Dämme gebildet, die dort 350 m lang in 400 m Abstand parallel liefen.

Sie hörten 700 m oberhalb der Barre auf, kamen also viel näher an die Barre heran als in dem vorgelegten Entwurf und bei der Mitton'schen Eindeichung.

Diese Arbeiten ergaben nicht die erwarteten Resultate.

Vor ihrer Ausführung schwankte die Wassertiefe in der Durchfahrt über der Barre zwischen 1,48 m und 2,90 m.

Im J. 1855 fand man in der Zeit, als die Arbeiten beendet wurden, nach einem starken Hochwasser 3,50 m. 1856 beobachtete man bis 4,30 m nach dem ausserordentlichen Hochwasser der Monate Mai und Juni, das so viel Schaden im Rhônetale anrichtete. Aber diese Wassertiefe hielt sich nicht und seit 1857 fand man nur noch die früher beobachteten Tiefen. Das Fahrwasser war weder beständiger noch tiefer; die Deiche hatten nur die Wirkung gehabt, in der Ost-Mündung das beste Fahrwasser für die Schiffe zu halten, während es vor ihrer Herstellung sich bald in dem einen, bald in dem anderen der drei Arme befunden hatte.

Kanal und Hafen von Saint-Louis.

(1863-1878.)

Man beschloss nun, den Kanal von Saint-Louis zu bauen, der sich von der Rhône beim Turme Saint-Louis abzweigt, durch eine der Mitton'schen Pallisaden geht, 3500-4000 m in einem Gelände verläuft, das nur 0,70 m über Niedrigwasser liegt, und in den Golf von Fos gegenüber Port de Bouc mündet, und zwar in der sog. Bucht von « Le Repos » (Anse du Repos) unmittelbar nordwestlich von dem Mündungsvorgebirge.

Die Arbeiten wurden durch das Dekret vom 9. Mai 1863 als im öffentlichen Interesse liegend erklärt.

Man gab dem Kanal eine Wassertiefe von 6 m bei einer Sohlenbreite von 30 m; da diese Wassertiefe in der Rhône weiter

(1) *Ports maritimes de la France*, Bd VII. 1. Teil. a. a. O, (Fig. 7.)

Flussaufwärts nicht hergestellt werden kann, so hat man sich veranlasst gesehen, am Zusammenfluss des Kanals und des Flusses ein Hafenbecken mit Quaimauern zu bauen, in welchem die Seeschiffe Waren abladen oder einnehmen oder ihre Ladungen mit den Flussschiffen austauschen können. Daher kommt es, dass der Hafen von Saint-Louis-du-Rhône, dessen Bau 1873 beendet und 1878 vollständig ausgeführt war, mit den Quaimauern im Hafenbecken und in der Rhône 15.560.224,20 Frs gekostet hat (1).

Seit 1856 ergiesst die Rhône alles Wasser und allen mitgeführten Sand und Schlamm in südöstlicher Richtung an den Eingang zum Golf von Fos. Der Ablagerungskegel der Mündung rückt unaufhörlich nach Osten vor. Die Zufahrt zum Golf ist so eingeengt worden, dass die Schiffer nur mit Schwierigkeiten zu den Häfen von Bouc und Saint-Louis gelangen können, besonders bei Nordwinden, welche vorherrschen. Der Golf von Fos ist bereits in Beschlag genommen; die Häfen von Saint-Louis und Bouc sowie die Zufahrt zum Teich von Berre (Etang de Berre) sind bedroht.

Wiedereröffnung der Roustanmündung.

(Grau de Roustan.) (1892-1893)

Um diesem Uebelstand abzuhelpfen, hat man einen der alten Arme am rechten Ufer, der 1855 gesperrt war, wiedereröffnet.

Man wählte den Roustanarm (Grau de Roustan), der 1846 mit dem Ostarm der wichtigste gewesen war, weil seine Richtung nicht weniger günstig ist als die des Ostarmes bei Herstellung des Wasserlaufs und weil er gerade nach Süden an einer Stelle der Küste mündet, wo die Tiefe grösser ist als an irgend einem Punkte am Delta, und wo die See mit grösster Gewalt wirkt, so dass die das Ufer bildenden Stoffe in Bewegung gesetzt und fortgeführt werden.

Der Roustansperrdamm hatte 840 m Länge. Auf 450 m, an der Westseite, gegen den Sand von Béricles (They de Béricles) war er aus einer Bruchsteinschüttung hergestellt, die bis zur Marke — 8 m (2) am Anfang hinabreichte und allmählich bis —4 m, 110 m weiter, stieg. Von da ab hielt sich die Sohle des Steindammes in der gleichen Höhe auf einer Strecke von

(1) *Ports maritimes de la France*, a. a. O. S. 124.

(2) Alle Höhen- oder Tiefenangaben beziehen sich auf den Nullpunkt des Flutmessers des Forts Saint-Jean in Marseille.

200 m, stieg dann ganz allmählich bis zum Nullpunkt, den sie nach 140 m erreichte, d. h. also 450 m vom Ausgangspunkt. Darüberhinaus bestand der Sperrdamm ganz aus Erde.

Unterhalb des Sperrdammes war der alte Arm, dessen Ufer noch deutlich zu erkennen waren, nach der Seeseite durch eine Sandbank geschlossen, die sich an der Küste entlang zog, und so versandet, dass, ausgenommen einige Stellen, wo das Senkblei noch Tiefen von $-0,10$ m oder höchstens von $-0,22$ m angab, der Grund überall wenige Zentimeter über Null lag. Die Senkung füllte sich mit Seewasser, wenn bei Südstürmen, die von der See kommenden Wellen sich am Strande brachen und zerschellend über die Küstenvorlagerungen hinweggingen.

Zwischen dem Sperrdamm und der Rhône hatte sich bis zur Fluchtlinie der Uferböschungen stromaufwärts und stromabwärts eine Anlandung gebildet, die sich durchschnittlich bis $+1,20$ m erhob, ohne irgendwo unter $+0,80$ m hinabzugehen. Die Breite dieser Anlandung senkrecht zum Sperrdamm betrug 450 m im Westen und 220 m im Osten.

Im Jahre 1892 ging die Strömung der Rhône am rechten Ufer entlang und seit mehreren Jahren fanden auffällige Abspülungen am Kopfe des Roustan-Sandes (They de Roustan) und des ehemaligen Mündungsarmes (Grau) gleichen Namens statt.

Die vorgenommenen Arbeiten bestanden in der Beseitigung des Sperrdammes aus Steinschüttung bis -4 m auf einer Länge von 420 m von einer 50 m vom westlichen Anfangspunkt entfernt gelegenen Stelle ab. Man liess so auf dem rechten Ufer einen starken Vorsprung aus Steinschüttung der die Strömung zwingen sollte, dem alten Bett zu folgen. Das Steinmaterial des zerstörten Dammes wurde verwendet, um gegenüber, auf dem linken Ufer des zukünftigen Armes einen Damm zu bauen, der die Wirkung des dornartigen Vorsprungs verstärken und verhindern sollte, dass das Wasser bei Hochflut sich einen Weg im Osten des neuen Bettes bahnte. Die Beseitigung der Steinschüttung wurde im Trocknen durch Herausschöpfen bewirkt, wozu ein kleiner Fangdamm aus Erde zu beiden Seiten des Sperrdammes gebaut war.

Die Krone des Dammes liegt bei $+3,50$ m bei 4 m Breite und einem Böschungswinkel von 45° .

Zwischen dem Sperrdamm und der Rhône grub man durch die Anlandung etwa in der Mitte des alten Mündungsarmes und in seiner Hauptrichtung eine Fahrrinne von 20 m Breite bis zur -1 m Marke.

Infolge von Verzögerungen durch das Enteignungsverfahren

wurden die Arbeiten, welche durch Dekret vom 1. August 1890 als im öffentlichen Interesse liegend erklärt waren, erst im November 1892 begonnen. Sie wurden im August 1893 beendet und am 14. Oktober desselben Jahres wurde bei einem kleinen Hochwasser dem Rhônewater die Fahrrinne geöffnet, während man gleichzeitig durch die den Arm an der Seeseite verschliessende Sandbank eine kleine Rinne grub, um dem Wasser den Weg nach dem Meere zu weisen. Die Kosten für die Wiederöffnung des Roustan betragen 117.681,25 Frcs.

Herstellung eines neuen Bettes.

Das Rhônewater folgte dem ihm dargebotenen Bett. Die Vertiefung und Verbreiterung desselben erfolgte sehr langsam.

I. J. 1893 (1) fand man in der Rhône längs der Uferböschung am oberen Teil des neuen Bettes Tiefen von 8 bis 10 m.

I. J. 1895, d. h. zwei Jahre später, hatte das neue Bett 60 m Breite und Tiefen von 4 bis 7 m. Es verlängerte sich etwas weiter abwärts in dem alten versandeten Arm; aber man fand in diesem kein neues Bett und die Wassertiefe betrug, abgesehen von den dicht am Sperrdamm befindlichen Stellen, nicht mehr als 0,40 bis 0,60 m. Die Oeffnung im Ufer hatte etwa 140 m Breite; die Wassertiefe betrug dort nicht mehr als 1 m.

Die hydrographische Karte der Marine, welche damals hergestellt wurde (2), giebt an der Küste, ausser der Oeffnung, keine nennenswerte Formveränderung an, die von der Ableitung des Flusswassers herrühren könnte. (Tafel I, Fig. 1.)

I. J. 1896 arbeitete das Wasser kräftig, um den neuen Arm zu öffnen, dessen Breite von August bis November um 80 m am Eingang zunahm, so dass sie hier 140 m betrug. Die engste Stelle war 35 m breiter geworden, so dass hier die Breite auf 70 m stieg.

I. J. 1897 findet man in dem auf mehr als 140 m auf der Ostseite verbreiterten neuen Bett, beim Zusammenfluss mit dem Ostarm auf einer Strecke von mehr als 400 m aufwärts von dem Sperrdamm Tiefen von 10 bis 11,30 m; abwärts hat sich das Wasser ein deutlich erkennbares Bett gegraben, das bei etwa 100 m Breite in ziemlich gerader Richtung nach dem Meere verläuft. In diesem neuen Bett nimmt die Tiefe von 9,50 m am Sperrdamm allmählich ab und beträgt 300 m abwärts nur noch 5 m. (Tafel I, Fig. 2.)

(1) *Ports maritimes de la France*, a. a. O. (Fig. 27.)

(2) *Carte hydrographique*, Nr. 5116.

Noch weiter, 2 km abwärts findet man 3 m und 3,20 m ; dann steigt der Grund indessen schnell höher, um die zu überschreiten. Diese ist deutlich erkennbar, mit zwei durch eine kleine Insel, getrennten Senkungen, die eine im Süd-Süd-Osten, die andere im Süd-Süd-Westen. In ihnen ist die Wassertiefe nicht grösser als 1,70 m und 1,20 m.

Bildung des neuen Roustan-Vorgebirges.

Der Auswurfkegel ist auf dem südlichen Vorsprung in der Bildung begriffen.

Die 5 m Grundlinie im Meere in der Verlängerung der Achse der Fahrrinne ist 2.670 m von der Achse des Dammes entfernt.

Im Jahre 1898 ist die Fahrrinne am Anfang 150 m breit und weiterhin mehr als 100 m. Die Verbreiterung und Vertiefung der Fahrrinne und des Bettes stromabwärts schreitet fort. Die Kurve der Tiefen von 5 m im Meere in Verlängerung der Achse der Fahrrinne liegt 2.730 m von dem Damm entfernt. Es giebt nur einen einzigen Durchlass auf der Barre. In dem neuen Bett findet man Tiefen von 6 m 1300 oder 1400 m stromabwärts des Dammes.

Im Jahre 1901 beträgt die Breite der Fahrrinne nirgends unter 150 m ; man begegnet in ihr Tiefen von 12 m. Die Fahrrinne stromabwärts des Dammes ist beträchtlich erweitert worden ; an gewissen Punkten bis über 400 m. Es sind noch zwei Durchfahrten auf der Barre vorhanden. Die Kurve der 5 m Grundlinie im Meere liegt 3.050 m von dem Damm entfernt.

Im Jahre 1902 ist die Fahrrinne 180 m breit. Ihr rechtes Ufer ist 380 m von dem ursprünglichen Damme entfernt, beinahe an demselben Platze wie bei der Herstellung der Fahrrinne. Die Verbreiterung dürfte sich also besonders auf der Ostküste vollzogen haben.

Das neue Bett stromabwärts des Dammes ist bedeutend vertieft ; das Senkblei giebt 7.50 m bei mehr als 1500 m Entfernung vom Damm an und 5 m bei mehr als 1800 m.

Die beiden Durchfahrten auf der Barre treten sehr deutlich hervor ; eine ist von der anderen 1800 m entfernt. Sie sind durch einen Sand (They) getrennt, welcher aus dem Wasser hervorragt und nicht weniger als 650 m lang ist, bei 75 m Breite.

Der Vorsprung des Vorgebirges wächst unaufhörlich. Die Kurve von 5 m ist 3.170 m von dem Damme entfernt und folgt der Richtung der Achse der Fahrrinne. Im vorhergehenden Jahre befand sie sich 3.050 m vom Damme entfernt.

Im Jahre 1903 ist die Fahrrinne 200 m breit : Die Verbreiterung hat sich wieder auf der Ostküste gezeigt. (Tafel I, Fig. 3.)

Stromaufwärts wie stromabwärts des Dammes bis über 1400 m Entfernung findet man Tiefen von 8 und 9,50 m bei Breiten von mehr als 100 m, ausgenommen an der Spitze der kleinen Insel und des alten Mündungsarmes, der noch besteht, wo die Breite der Fahrrinne bei —8 m auf beinahe 50 m verringert ist.

Die beiden Durchlässe bestehen fort; sie sind 1500 m von einander entfernt. Der Sand (They), welcher sie trennt, hat eine etwas langgestreckte Form und steht fast senkrecht zur Hauptrichtung des Roustanbettes; auf der Ostseite hat er sich etwas nach oben gebogen.

Die Barre im Süd-Osten ist die engste.

Die Entfernung der 5 m Grundlinie im Meere vom Damme beträgt noch 3.050 m.

Das neue Bett stromabwärts des Dammes hat beinahe dieselbe Breite wie ehemals der alte Mündungsarm und befindet sich an demselben Ort. Stromaufwärts ist es nicht ein Drittel so breit wie der Roustan im Jahre 1852.

Wenn die Verbreiterung der Fahrrinne sich auf der Ostküste fortsetzt, könnte es zweckmässig sein, um die Strömung gerade zu richten, mit Hilfe von Ausbaggerungen die Fahrinne auf der Westseite, das heisst auf dem rechten Ufer, zu verbreitern.

Es waren also beinahe 10 Jahre dazu nötig, dass das Wasser den alten Roustanarm wieder Benutzte.

Das Vorgebirge im Meere begann sich nach Verlauf von vier Jahren zu bilden, als die Fahrrinne 100 m breit und ungefähr 10 m tief war, bevor ein tiefes Bett in dem alten Mündungsarm entstanden war.

Es befindet sich genau in der verlängerten Richtung der Fahrinne bis zu den Tiefen von —5 m; zu dieser Richtung ist seine Form symmetrisch.

Bis hierher scheint alles darauf hinzuweisen, dass an dem Punkte, wo sich das Wasser des Roustan in das Meer ergiesst, keine Kraft vorhanden ist, welche die Bestandteile, die das Wasser bei seiner Ankunft im Meere absetzt, in Bewegung setzen und weit fortführen könnte.

Verringerung der Wasserführung des Ostarmes.

Seitdem ein Teil des Rhönwassers durch die Roustanmündung in das Meer abfließt, haben sich Veränderungen in der Gestalt des Ostarms gezeigt, welche auf eine Verringerung seiner Wassermenge hindeuten.

Im Jahre 1903 (Tafel I, Fig. 3), teilt sich die Strömung der

Rhône 800 oder 900 m stromabwärts des Eintritts des Saint-Louis Kanals beim Austritt aus der Mitton-Eindeichung in zwei Teile : der eine folgt einem regelmässig gekrümmten Wege zum Roustan ; der andere wirft sich auf das linke Ufer des Ostarms, an dem er in geringer Entfernung bis 200 m stromabwärts des Pavillons der Mündungen entlang fliesst, dann biegt er plötzlich auf das rechte Ufer über ; er folgt dem Eugène Damm in seiner ganzen Länge und setzt seinen Weg in gerader Linie auf die Barre zu fort, welche er 2.900 m weiter fort überschreitet. Wenn man der auf den Roustan gerichteten Strombahn folgt, so wächst die Tiefe, welche zuerst 4,90 m in der Mitte des Flusses beträgt, sehr schnell in der Masse, als man sich dem neuen Arm nähert, in welchem sie bei 100 m Breite 8 m erreicht und zwar 1400 m stromabwärts des Dammes. Sie beträgt noch 4 m in einer Entfernung von 800 bis 900 m stromaufwärts der Barre.

Im Ostarm beträgt sie im Allgemeinen 4 bis 5 m in der Strombahn bei einer Breite, die 100 m kaum überschreitet. Sie erreicht an einigen Punkten 6,30 m. In einer Entfernung von nicht weniger als 2.800 m stromaufwärts der Barre beim Austritt aus der Eindeichungszone ist sie in der Strombahn bis auf 1,50 m oder 1,70 m verringert. Beinahe dasselbe findet man an dem Punkt, an dem der Durchlass die Barre überschreitet. Stromabwärts des Roustan hat sich das ganze rechte Ufer entlang bis zu dem Punkt, wo die Strombahn den Fluss kreuzt, eine ungeheure Bank gebildet, deren Breite zwischen 600 und 800 m schwankt und auf der die Sonde sehr geringe Wassertiefen angiebt, an gewissen Punkten bis +0 m 80. Diese Bank ist fest mit dem rechten Ufer verwachsen ; auf der stromaufwärts gelegenen Seite steigt sie zwischen den beiden Strombahnen bis 900 m den Roustan hinauf und endet auf der stromabwärts gelegenen Seite erst 400 oder 500 m hinter dem Pavillon.

Eine andere, ebenfalls sehr ausgedehnte Bank hat sich auf dem linken Ufer stromabwärts des Punktes gebildet, an dem die Strombahn von diesem Ufer auf das andere übergeht. Sie nimmt mehr als die halbe Breite des Flusses bis über die Dämme hinaus ein.

Der Zustand der Mündungen ist zur Zeit sehr unsicher. Weder der Ostarm, nach der Roustan würden heute bequem schiffbar sein für Schlepsschiffe mit nicht mehr als 1,25 m Tiefgang, wie diejenigen, welche die Mündung vor 25 Jahren pasirten.

Dieser Zustand wird sich in dem Masse ändern, als sich die Einfahrt in den Roustan verbreitert.

Wasserführung der Mündungen.

Vor Wiedereröffnung des Roustan. — Man wusste nichts über die Wasserführung der Mündungen bis zu dem Augenblick, an dem die Vorarbeiten für den Eindeichungsentwurf von 1852 unternommen wurden.

Die Rhône führt stromaufwärts des « Epi de Fourques », wo sich die Teilung in zwei Arme vollzieht, eine Wassermenge von 10.000 cbm bei Hochflut ab. Hiervon entfallen auf die grosse Rhône 8400 und auf die kleine Rhône 1600 cbm.

Man schätzt die Abflussmenge der Rhône auf 500 cbm beim niedrigsten Wasserstand. Während der grossen Hochflut im Jahre 1856 hat man eine Abflussmenge von 7800 cbm gemessen. Der niedrigste Wasserstand zu Arles ist +1,788, die Entfernung von Arles bis zum Meere beträgt 53 km.

Die Rhône führt in dem oberen Teile ihres Laufes bis 5 oder 6 km stromaufwärts von Arles Kieselsteine, Sand und Schlamm mit sich; weiterhin schleppt das Wasser nur Schlamm und Sand fort. Der Boden der Camargue, dem die Puddingsteine und Kiesel der Crau, die von der Durance gekommen sind, auf einem grossen Teil seiner Ausdehnung als Grundlage dienen, ist ausschliesslich aus Schlamm und Sand zusammengesetzt, die in verschiedenen Verhältnissen mit einander gemischt sind und in ziemlich horizontalen Lagern von einigen Dezimetern Stärke angeordnet sind.

Die Menge der mitgeführten Stoffe beträgt durchschnittlich im Laufe eines Jahres 18 Millionen cbm für die grosse Rhône und 3 Millionen für die kleine. Das Verhältnis des Volumens der mitgeführten Stoffe zum Volumen des Wassers würde sich für erstere auf $\frac{1}{2166}$ stellen.

In der Nähe der Wasseroberfläche zu Saint-Louis geht dieses Verhältnis auf $\frac{1}{7500}$ und sogar auf $\frac{1}{9800}$ herab.

Die Menge der im Wasser schwebenden Stoffe nimmt von der Oberfläche zum Grund in merklicher Masse zu, wovon das Verhältnis $\frac{135}{100}$, der Durchschnittswert aus einer Reihe von Beobachtungen, eine Vorstellung giebt; dieses Verhältnis steigt auf $\frac{163}{100}$ wenn man sich der Mündung nähert.

Die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche auf der Höhe von Saint-Louis überschreitet im allgemeinen bei niedrigem Wasserstand nicht 0,60 m pro Sekunde; sie erreicht 3 m bis 3,50 m zu gewissen Augenblicken der grossen Hochfluten.

Wenn das Wasser im Meere ankommt, so vermischt sich das Süsswasser nicht unmittelbar mit dem Salzwasser, welches dichter ist und einen gewissen Grad von Zähigkeit besitzt; es verteilt sich in einer dünnen Schicht auf der Oberfläche des Meeres, lässt die mitgeschleppten Stoffe auf den Boden fallen, wo sie weiter rollen bis sie zu dem im Meere am weitesten vorge-rückten Punkte des Rhônebettes gelangen; dort rollen sie auf die dem Meer zugekehrte Böschung. Der Grund des Flusses steigt in einer gewissen Entfernung stromaufwärts der Barre in sanfter Neigung; die Böschung auf der Seeseite hat eine merklich stärkere Neigung.

Bei der Mündung der Rhône, im Genfersee dringt des Flusswasser, das dichter als das Wasser des Sees ist, im Gegenteil unter letzteres und gräbt sich auf dem Grunde des Sees ein Bett, dessen Vorhandensein die Sonde auf mehrere Kilometer feststellen kann.

Die Barre ist, bei sonst gleichen Verhältnissen, um so höher, je mehr das Flusswasser mit Stoffen beladen ist und je salzreicher das Meerwasser ist. Die Barren sind im Schwarzen Meer niedriger als im Mittelländischen.

5/6 von den Bestandteilen, die die Rhône mit sich führt, lagern sich an der Mündung.

Das Meer wirkt auf diese Stoffe mit seinen Wellen und Strömungen; es besorgt in gewisser Masse das Sortieren und verstreut sie weit umher.

Das Meer selbst führt nur eine unbedeutende Menge von Anschwemmungen an die Küsten des Deltas.

Der Golf von Fos empfängt sicher einen Teil des Schlammes, der vom Kanal von Arles nach Bouc und vom Kanal von Bouc nach Martigues kommt, und der von Zeit zu Zeit die Ausbaggerung der Teile der Häfen von Bouc und von Martigues nötig macht, welche ausserhalb des Seekanals liegen, dessen erster Abschnitt durch das Spiel der Strömungen sauber erhalten wird.

Der Golf von Fos nimmt auch einige Stoffe auf, die von dem Verfall der kleinen Klippen aus Puddingsteinen und verhärtetem Mergel herrühren, die sich am Meeresufer nördlich des Hafens von Bouc befinden.

Die Kiesel, welche ihren Weg längs des Dammes der Marronède nehmen, gehen nicht mehr über den Felsen Saint-Gervais südlich vom Dorfe Fos hinaus.

Von allen Ursachen, welche dazu beitragen, den Anschwemmungen ihre Form zu geben, ist die Tätigkeit des Meeres die wichtigste.

An den Küsten des Deltas entlang besteht eine ständige Uferströmung von Osten nach Westen, welche die ganze Menge des Wassers mit sich fortführt, das das Ufer bis zu den Tiefen von 90 bis 100 m bespült. Sie hat eine so geringe Geschwindigkeit, dass ihre Aeusserungen durch die örtlichen Strömungen, wie die Strömungen an der Oberfläche des Rhönewassers, die Strömungen des Kanals von Arles nach Bouc, des Teiches (Etang) von Berre und der Küstenlagunen, verdeckt werden. Sie dringt nicht in die Golfe.

Sie ist nicht kräftig genug, die geringsten Bestandteile von der Küste abzuspülen.

Das Meer wirkt hauptsächlich durch seine Wellen zur Zeit schwerer Wetter.

Die Gestalt der Küste entspricht nicht den täglichen Einwirkungen, sondern ergibt sich aus den Vorgängen bei Unwettern.

Die an den Rhönemündungen am häufigsten vorkommenden Hochfluten sind die von Südosten; dann kommen die von Südwesten.

Die Hochfluten auf Südosten wirken mächtig auf das Vorgebirge der Mündung.

An der Ostmündung, die ihnen gerade gegenüber liegt, sind sie bestrebt, die Bestandteile der Barre aufzuwühlen, sie zum Teil nach Norden, zum Teil nach Osten zu führen und, besonders die leichten Stoffe in die weiten Gründe des Nord-Ostens und des Süd-Westens mit sich zu reissen.

Doch dringen sie auch zu gleicher Zeit in den Golf und bewegen sich dort, als ob sie eine Schwenkung vollzögen, indem sie sich um das Vorgebirge der Mündung drehen.

Ihre Wirkung erstreckt sich auf die Nordküste von Ost nach West und fast von Norden nach Süden in der durch die Südermole des Saint-Louis-Kanals geschützten Gegend.

Das Ufer ist längs der Ost- und Nordküste des Golfes seit dem Jahre 1841 unverändert geblieben.

Die 10 m Grundlinie ist in der Verlängerung der Mole des Saint-Louis-Kanals in den Jahren 1841 bis 1872 kaum ein wenig

vorgerückt und die Bewegung scheint sich seitdem verlangsamt zu haben. (Tafel II, Fig. 4).

Das Meeresbett hat zwischen der 10 m Grundlinie und dem Gestade nördlich der Linie, die Saint-Louis mit «Port de Bouc» verbindet, nicht die geringste Veränderung in einem Zeitraum von 63 Jahren erlitten.

Die Anschwemmungen in der in Verlängerung des Saint-Louis-Kanals bis zu den 6 m Tiefen gegrabenen Fahrrinne erreichen im Jahre durchschnittlich nicht 14,000 cbm; diese Fahrrinne ist bei einer Länge von 1300 m 60 m und an ihrem äussersten Ende bei einer beinahe doppelten Länge 200 m breit.

Der Kopf der südlichen Mole wurde im Jahre 1870 bei einer Tiefe von 6,50 m gebaut; noch heute besteht dieselbe Tiefe neben dem Werk.

Seit 1841 ist der Hauptkörper der Erdanschwemmungen an der Mündung in der Richtung der Dämme vorgeschritten und erlitt je weiter er vorrückte, durch den Wellenschlag von der Oberfläche des Meeres bis zu den Tiefen von 10 m eine Drehung von Ost-Süd-Ost nach Ost-Nord-Ost und in den grösseren Tiefen eine Drehung von Ost-Süd-Ost nach Süd-Süd-Ost durch die Wirkung der Küstenströmungen und andere.

Infolge dieser Veränderungen strebt natürlich die Fahrrinne auf der Barre dahin, sich von der Richtung Ost-Süd-Ost, welche ihr die Dämme geben, abzuwenden, um sich nach Süd-Ost zu biegen. Die Beobachtung zeigt, dass dies die Lage ist, die sie zur Zeit des Durchschnittswasserstandes einnimmt.

Wenn Hochwasser eintritt, so dass mehr als 4 m an dem Rhône-Wasserstandmesser zu Arles angezeigt werden, so öffnet sich eine einzige Durchfahrt in der Richtung der Eindeichungsline, und die Fahrrinne verläuft geradlinig.

Gleich nach dem Hochwasser ist die Durchfahrt auf der Barre tiefer als zu jedem anderen Zeitpunkte. Man trifft dann zuweilen daselbst mehr als 3,50 m Wasser. Nach Verlauf von sehr wenig Zeit wird die Tiefe geringer, und die Durchfahrt verschiebt sich gleichzeitig unmerklich nach Süden. Ein Stillstand tritt erst in dem Augenblicke ein, wo der Punkt erreicht wird, in dem die Tangente an die 2 m Grundlinie die Richtung Ost-West hat.

Die Durchfahrt verharret in dieser Lage, solange das Rhônewasser nicht über 2 m an dem Wasserstandsmesser zu Arles steigt.

Ein Steigen des Wassers von 2 m bis auf 4 m verursacht Stö-

rungen in der Durchfahrt. Es öffnet sich gewöhnlich eine zweite Durchfahrt in der Richtung nach Osten, und die beiden Durchfahrten bleiben, eine so wenig tief als die andere. Sie sind weniger beständig als die einzige Durchfahrt, sie schwanken nach rechts und links von ihrer ersten Lage. Dieser Zustand dauert bis zu einer grossen Hochflut.

Die Fahrrinne bewahrt vom Ausgang der Eindeichungszone ihre gerade Richtung bis zu 700 m stromabwärts des äussersten Endes der Dämme. Von da ab ändert sich ihr Verlauf, um sich zwischen Ost-Nord-Ost und Süd-Süd-Ost zu halten. Dieser Punkt, der der Drehungsachse des Vorgebirges entspricht, zeigt die Grenze an, von der ab die Wirkung der Eindeichung aufhört.

Die Wassertiefe in dem Durchlass auf der Barre ist nicht grösser als vor Ausführung der Eindeichungsarbeiten.

Der Ostarm führte vor der Eindeichung nur $\frac{3}{7}$ des ganzen Rhönwassers ab. Dadurch, dass man die Menge des auf die Barre geleiteten Wassers im Verhältnis von 3 zu 7 vermehrte, hat man keine Vertiefung erzielt. Die grössten Hochfluten, während welcher der Fluss eine zehnmal grössere Menge als gewöhnlich auf die Barre wirft, vertiefen nicht den Durchlass.

Demnach steht die Tiefe der Durchfahrt auf der Barre nicht in einem bestimmten Verhältnis zur Wassermenge des Flusses.

Man kann für die Vertiefung des Durchlasses auf der Barre nur auf die Wirkung des Meeres rechnen. Als man in den Jahren 1852-1856 die Eindeichung plante, rechnete man im Gegenteil auf die Wirkung des Flusses. « Man darf hoffen, schrieb Surell in seiner Schrift zur Unterstützung des Projektes, dass, wenn man mit dem Zustand der Mündungen eine Aenderung vornimmt, welche die Wirkung des Flusses mehr zur Geltung kommen lässt, es gelingen wird, die Form der Durchfahrten so zu ändern, dass ihnen mehr Wasser zufliesst, ohne dass sie darum aufhören, flachgründig zu sein. »

Eindeichung der Sulina. — Erzielte Erfolge.

Bei der Donau ist man gemäss einem anderen Gedankengang vorgegangen.

Der Zweigarm Kilia, der im Norden des Deltas mündete, führte $\frac{17}{27}$ der ganzen Menge des Flusswassers ab; er ergoss sich durch 8 Mündungen in das Meer. Die bedeutendste war die von Otchakof.

Der Arm von Tultscha, der die Restlichen $10/27$ abführte, teilte sich seinerseits in zwei Arme: St. Georg, der seinen Weg nach Süd-Ost fortsetzte und $8/27$ der Wassermenge führte, und die Sulina von Westen nach Osten fließend, deren Wassermenge nur $2/27$ der Gesamtmenge ausmachte. Der St. Georgs-Arm hatte zwei Mündungen, von denen die von Kedrillés die bedeutendste war. (Tafel II, Fig. 6 und 7.)

Die Sulina, obgleich der unbedeutendste der drei Arme, mit einer zwischen 100 zu 240 m schwankenden Breite und einer Tiefe, die an einigen Stellen bis 2,44 m herabging, war seit ungefähr fünfzig Jahren, wo die Europäische Dänau-Kommission ihre Arbeiten (im Jahre 1856) begann, allein schiffbar, da man hier auf der Barre an der Mündung eine Wassertiefe von 3 m bis zu 3,60 m fand, die nicht unter 2,13 m sank, während die Strömung auf den Barren von Otchakof und von Kédriillés nicht 1,83 m überschritt.

Sie floss nur durch eine Mündung ab und ihr Vorgebirge sprang nicht merklich über die Uferlinie zwischen den beiden Vorgebirgen von Kilia und St. Georg vor.

Auf Ansuchen der Kaufleute von Galatz und Bräila liess die Europäische Kommission im Jahre 1857 Ausbaggerungen auf der Barre vornehmen und liess hier den schweren eisernen Rechen durchgehen, der ehemals von den Türken sehr nützlich zur Verbesserung der Barre angewendet sein soll. Diese Versuche haben keine wahrnehmbare Wirkung hervorgebracht.

Man hat dann, ein Jahr nach Vollendung der Dämme an der Rhönemündung, eine provisorische Eindeichung ausgeführt, bis die Kommission die notwendigen und genügenden Geldmittel aufgebracht hatte, um die Verbesserung des St. Georgs-Armes mittels eines Schleusenkanals zu versuchen. Die Kommission schien geneigt zu sein, diesem System den Vorzug zu geben.

Begonnen im Jahre 1858, wurden die beiden Dämme aus einem Balkengerüst mit Pfählen und Steinschüttung erbaut; der eine war noch nicht 510 m, der andere 150 m lang, als die Tiefe in dem Durchlass auf der Barre, die ursprünglich 2,75 m betrug, schon auf 3,95 m stieg; das war im April 1860. Dieser Erfolg wirkte ermutigend. Man führte die Dämme weiter fort. Sie wurden in Juli 1861 vollendet; die Tiefe erreichte 5,20 m bis 5,50 m.

Die provisorischen Dämme wurden befestigt, verstärkt und verlängert, und man erreichte eine Tiefe von 6,25 m, heute die geringste Tiefe.

Die Mündung der Sulina öffnet sich quer durch eine gerade von Norden nach Süden gerichtete Küste, an der beständige Strömungen entlang laufen, deren Richtung sich nicht ändert. Ihre Geschwindigkeit beträgt nach Angaben der Lotsen ungefähr 1 Knoten oder 0,50 m in der Sekunde und kann in gewissen Fällen auf der Reede der Sulina bis zu 3,50 Knoten, gleich 1,82 m in der Sekunde erreichen.

Die Küste empfängt die Wellen aus der Nord-Ost-Gegend mit voller Wucht. Von dort kommen bei weitem am häufigsten die Stürme. Die Richtung, aus welcher diese Wellen an das Ufer kommen, ist die günstigste zur Fortführung der Stoffe, die der Fluss hier absetzt.

Das Fehlen, vor der Eindeichung, jeden über die Hauptrichtung der Küste, vorspringenden Gebirges, die Gestalt, die die Küste im Norden und im Süden der Eindeichung annimmt, die Auswaschungen, welche sich im Norden trotz der Nähe des ungeheuren Vorgebirges von Kilia zeigen, welches im Ganzen nur 6 1/2 Meilen entfernt ist, alles das zeigt, dass das Meer an diesem Punkt mit sehr grosser Kraft wirkt, und dabei so andauernd, dass bei mittlerem Wasserstand die Gesamt-Menge der angeschwemmten Bestandteile südlich der Eindeichungszone geschafft wird.

Wenn sich während der Hochfluten ausserhalb der Dämme Bänke bilden, so lassen die Wellen bei Stürmen sie verschwinden. Die Fahrrinne verläuft immer nördlich von diesen Bänken und die Bestandteile, die sie bilden, treiben niemals nach Norden.

Die Sulina führt durchschnittlich 435 cbm Wasser in der Sekunde ab, und das Volumen der Anschwemmungsstoffe, die sie jährlich in das Meer wirft, beträgt durchschnittlich 3.130.000 cbm.

Diese Umstände, welche die Verbesserung der Sulina durch Eindeichung möglich gemacht haben, zeigen sich nirgends an den Rhönemündungen, welchen Arm man auch betrachten möge. Es ist also alle Aussicht dafür vorhanden, dass das Eindeichungssystem, welches bei der Sulina gelungen ist, keinen Erfolg bei den Rhönemündungen haben dürfte und ebenso erfolglos bei den Mündungen von Otchakof und Kédriillés sein würde, bei denen die Menge der in das Meer geführten Anschwemmungsstoffe, im Verhältnis zur Stärke der Einwirkung des Meeres, bei weitem bedeutender ist als bei der Sulina.

Augenblickliches Interesse an der Frage der Rhônemündung.

Man kann die Frage bezüglich der Rhônemündungen heut nicht mehr so stellen wie im 18ten Jahrhundert und in der ersten Hälfte des 19ten Jahrhunderts, wo die Landtransporte durch Wagen mit einer Geschwindigkeit von 4 km in der Stunde ohne jede Regelmässigkeit und Genauigkeit zum Preise von 0.30 Fr. pro Tonne und Kilometer ausgeführt wurden, wo die Seetransporte ausschliesslich durch Segelschiffe zu mindestens acht oder zehnmal höheren Preisen als heut vollzogen wurden; auch nicht so wie im Jahre 1852, als die Eisenbahn von Marseille noch nicht eröffnet war, und wo die Rhôneschiffahrts-Gesellschaft, die das Monopol der Beförderung mit Dampfern im Rhônetal besass, eine ganze Flotte von Leichter- und Schleppschiffen bauen liess, um ihren Dampfschiffahrtsbetrieb von Arles bis Marseille und den benachbarten Häfen durch die Rhônemündungen auszudehnen.

Das Interesse an der Frage der Mündungen richtet sich heute ganz und gar auf die Wirkung, welche die Wiedereröffnung des Roustanarmes auf die Landanschwemmungen des Flusses im Meere haben kann. Dabei wird die Erhaltung des Golfes von Fos in's Auge gefasst, welcher der gemeinsame Zugang zum Hafen von Saint-Louis, zum Hafen von Bouc, zum Teich von Berre (Etang de Berre), und zu dem im Bau begriffenen Kanal von Marseille zur Rhône ist; ebenso wird die Erhaltung der Bucht « Le Repos », in welcher der Kanal Saint-Louis endet, in Betracht gezogen.

Wirkung der Wiedereröffnung des Roustanarmes.

Die Wirkung der Wiedereröffnung der alten Roustanmündung (Grau de Roustan) ist schon fühlbar auf den Ostarm, der von jetzt ab durch hohe Bänke von ungeheurer Ausdehnung gesperrt ist, obgleich das Bett, welches sich das Wasser in den Roustan eröffnet hat, noch nicht, selbst nach zehn Jahren, die Ausdehnung hat, wie zur Zeit der Ausführung der Sperrung. Und aller Wahrscheinlichkeit nach wird die Ausdehnung noch grösser werden.

Die Wassertiefen, welche in dem Durchlass auf der Barre der

Ostmündung festgestellt wurden, sind nicht viel anders als die, welche man früher dort fand.

| JAHRE | Wassertiefe im Durchlass auf der Barre | |
|-------|--|---------|
| | Maximum | Minimum |
| | m | m |
| 1895 | 1.90 | 1.25 |
| 1896 | 2.10 | 1.30 |
| 1897 | 2.08 | 1.05 |
| 1898 | 2.20 | 1.00 |
| 1899 | 2.20 | 1.25 |
| 1900 | 2.05 | 1.50 |
| 1901 | 2.10 | 1.10 |
| 1902 | 1.35 | 0.90 |
| 1903 | 1.30 | 0.90 |

Früher haben, abgesehen von ausserordentlich grossen Wassertiefen nach aussergewöhnlichen Hochfluten, die festgestellten Tiefen zwischen 0,70 m und 2,80 m geschwankt.

Die Beobachtungen sind nicht mehr so zahlreich als früher. Im Jahre 1884 befand sich eine Lotsenstation an der Mündung zur Führung der Schiffe vom Meere in die Rhône und umgekehrt. Diese Lotsen prüften die Durchfahrt sehr häufig; man besass so zahlreiche Beobachtungen. Seitdem kein Schiff mehr die Mündung passirt, seit ungefähr zwanzig Jahren, ist die Lotsenstation an den Eingang des Saint-Louis-Kanals verlegt worden. Die Schleusenmeister von Saint-Louis untersuchen, von Zeit zu Zeit, den Durchlass auf der Barre.

Die Veränderungen, die sich an dem Vorgebirge des Ostarmes zeigen, sind mit Hilfe der Verschiebungen des Meeresbodens von 2 m und von 10 m in einer Reihe von Vertikalschnitten, durch die Drehungs-Achse des Vorgebirges studiert worden (Tafel II, Fig. 5.)

Indem man als Abscissen die Zeiten und als Ordinaten die Längen nahm, welche proportional der Entfernung der Drehungsachse von den Punkten sind, wo die Niveaukurven von

2 m und 10 m durch jeden der Vertikalschnitte getroffen werden, hat man Zeichnungen erhalten, welche die mit der Zeit erfolgten Lageänderungen dieser Punkte darstellen.

Die nachfolgende Tafel lässt das jährliche durchschnittliche Vorrücken des Meeresbodens von 2 m und von 10 m in jedem der neun Pläne Num. 17 bis 25 für die sechs folgenden interessanten Zeitabschnitte erkennen :

| | | |
|-------------------------|---|--|
| I. Periode : 1841-1855 | } | Die Rhönemündungen sind sich selbst überlassen. Im Jahre 1852 beginnt man die Eindeichungsarbeiten, welche im Jahre 1857 beendet sind. |
| II. Periode : 1855-1865 | | |
| III. " : 1865-1876 | } | Die Rhône ist eingedeicht. |
| IV. " : 1876-1887 | | |
| V. " : 1887-1893 | | |
| VI. Periode : 1893-1903 | } | Die Rhône ist eingedeicht. Der Roustan-Arm ist im October 1903 wieder eröffnet. |

In dem Zeitabschnitt von 1841 bis 1855, der unmittelbar der Eindeichung voranging, ist das Vorgebirge besonders im Nord-Osten, Plan Nr. 18 und 19, vorgerückt; die jährliche Verschiebung betrug 74,69 m und 73,93 m.

In der Richtung der Eindeichungszone, Plan Nr. 22, erreicht sie nicht 25 m. Im Südosten beträgt sie 65 m. Das Minimum liegt im Süden mit 46,96 m auf dem Plan Nr. 25.

Von 1852 bis 1855, während der Ausführung der Arbeiten, zeigt die Kurve von 2 m Verschiebungen von ausserordentlicher Weite auf der ganzen Front des Vorgebirges.

Nach 1855 vollzieht sich das Vorrücken hauptsächlich in der Richtung der Dämme. In dem Masse, wie das Vorgebirge vorrückt, verkleinert es sich in der nördlichen Gegend, weil die Durchfahrten sich in der Zone zwischen Ost-Nord-Ost und Süd befinden, und weil der Fluss sich auf dem linken Ufer eine Böschung bildet.

Die Diagramme zeigen eine ganz bedeutende Verlangsamung in den vier ersten Plänen und auch noch im Plan Nr 22, das heisst in der Richtung der Eindeichungszone.

Tafel des jährlichen mittleren Vorrückens der Niveaukurven von 2 m und von 10 m in jedem der Vertikalpläne

Nummer 17 bis 25

| NUMMERN DER PLÄNE | N° 17 | | N° 18 | | N° 19 | | N° 20 | | N° 21 | | N° 22 | | N° 23 | | N° 24 | | N° 25 | |
|----------------------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m |
| NIVEAU-KURVEN | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m | 2 m | 10 m |
| I. Periode: | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m | m |
| 1841-1852 | 68.14 | 74.64 | 73.93 | 73.93 | 73.93 | 73.93 | 68.52 | 68.52 | 54.64 | 54.64 | 51.76 | 51.76 | 65.18 | 65.18 | 52.14 | 52.14 | 46.96 | 46.96 |
| 1852-1855 | » | » | » | » | » | » | 141.64 | 141.64 | 147.24 | 147.24 | 137.24 | 137.24 | 75.55 | 75.55 | 340.00 | 340.00 | 60.00 | 60.00 |
| II. » | 22.50 | 18.25 | 18.25 | 52.00 | 24.70 | 49.00 | 60.35 | 51.50 | 73.65 | 89.40 | 73.20 | 78.65 | 69.85 | 48.05 | 23.50 | 33.70 | 39.35 | 34.20 |
| III. » | 19.46 | 37.80 | 37.80 | 46.03 | 63.26 | 60.95 | 53.60 | 68.84 | 56.77 | 34.17 | 55.62 | 58.60 | 62.52 | 41.15 | 36.36 | 24.58 | 16.86 | 22.93 |
| IV. » | 36.16 | 23.55 | 20.99 | 30.12 | -39.38 | 14.75 | 14.59 | 21.23 | 57.89 | 73.25 | 27.81 | 61.85 | 22.89 | 45.20 | 14.66 | 25.04 | 16.24 | 26.57 |
| V. » | 17.76 | 22.19 | 22.19 | -11.70 | 37.26 | 16.56 | 29.46 | 32.39 | 16.59 | 39.42 | 46.69 | 18.63 | 61.40 | 27.40 | 56.10 | 19.30 | -10.92 | -10.25 |
| VI. » | 32.00 | 11.00 | 38.00 | 22.00 | 33.00 | 32.00 | 3.00 | 28.00 | -10.00 | 10.00 | 9.00 | 16.00 | -13.00 | 24.00 | -48.00 | 7.00 | 6.00 | 23.00 |

In dem Zeitabschnitt von 1893 bis 1903, welcher der Wiedereröffnung des Roustan folgt, sind die Zahlen, welche das jährliche, durchschnittliche Vorrücken des Meeres-Grundes von 10 m ausdrücken, beträchtlich geringer als die früheren Zahlen, ausgenommen in den Plänen Nr 19 und 20. Die Diagramme zeigen seit 1900 überall ein Zurückgehen, ausgenommen in den Plänen Nr. 17, 18, 19 im Nordosten und im Plan Nr. 25 im Süden.

Es ist möglich, dass dem so ist, doch darf man sich nicht beeilen, Schlüsse zu ziehen, da das Rhônewater sehr viel Zeit gebraucht hat, sich ein Bett in der alten Roustanausmündung (Grau de Roustan) zu graben und da erst nach Verlauf von fünf bis sechs Jahren ein vorspringendes Vorgebirge auf der Küste erkennbar wurde; im Jahre 1903 hatte das neue Bett noch nicht seine ganze Breite. Die Wiedereröffnung des Roustan konnte eine fühlbare Wirkung auf das östliche Vorgebirge erst vom Jahre 1899 oder 1900 ab hervorbringen. Nun genügen aber die Beobachtungsergebnisse von drei oder vier Jahren nicht, um eine Lage zu charakterisieren.

Auf die Küste im Westen der Mündung hat die Wiedereröffnung bis heute noch keinen Einfluss gehabt.

Vor dem Leuchtturm zu Faraman setzen sich die Abbröckelungen fort.

Seit dem Jahre 1841 (1) weicht die Küste unaufhörlich, doch unregelmässig zurück. Nachdem sie schnell zurückgewichen ist, hält sich die Uferlinie plötzlich mehrere Jahre lang unverändert, sie rührt sich nicht oder schwankt vielmehr um eine gewisse Lage, dann weicht sie plötzlich von neuem zurück, um nochmals anzuhalten und ihre Bewegung erst nach Verlauf von einigen Jahren wiederaufzunehmen.

In den Jahren 1841 bis 1852 waren diese Bewegungen, ebenso gross, ebenso schnell als in dem vorflossenen Zeitabschnitt, seitdem die Arme von Piémanson und Roustan gesperrt und der Ostarm eingedeicht war.

Der Stillstand, der sich in der Rückwärtsbewegung der Küste zeigt, wird durch Gegenwart von Tonbänken in der untersten Erdschicht verursacht, die schwerer als die Sandbänke von den Wellen zerstört werden. Wenn eine dieser Bänke, welche man auf der ganzen Ausdehnung der alten Rhönküste trifft, zusammenbricht, so weicht die Küste in sehr grossem Masse mit einem Schlage zurück, da diese Bank wie ein Vorbau wirkte.

(1) *Ports maritimes de la France*, a. a. O. (Fig. 22).

Seit 1880 geht das Meer bei schweren Wettern bis zum Verteidigungsgürtel, der aus Mörtelblöcken vor und um den alten Leuchtturm erbaut ist, um ihn während des Baues des neuen Leuchtturms zu schützen. Letzterer wurde in den Jahren 1889-1892 1200 m nördlich vom alten hergestellt. Dieser Damm spielte die Rolle eines Vorbaues; er widersteht dauernd den Wirkungen der See, und die Entfernung des bei Niedrigwasser frei werdenden Streifens bis zur südlichen Front der Grundmauer in der Ebene der Ostfront ist unveränderlich.

Die Küste wich in den Jahren 1841-1878 durchschnittlich 11,56 m jährlich zurück und von 1878 bis zum 20. Januar 1887 nur 7,78 m.

Im Westen des Leuchtturms, 400 m von der Grundmauer, betrug der bei Niedrigwasser freiwerdende Streifen im September 1904 nur 15 m im Süden der Ebene der verlängerten Südfront, nachdem er 25 Jahre vorher 150 m betragen hatte. Bei 100 m betrug dieselbe Entfernung nur 5 m, während sie 20 Jahre vorher sich auf 90 m gestellt hatte.

Auf der Ostseite, 100 m von der Grundmauer, befand sich der bei Niedrigwasser freiwerdende Streifen, welcher bis gegen 1890 um die Richtung der Ebene der verlängerten südlichen Front geschwankt hatte, im August 1904 54 m weiter nach Norden. 100 m weiter befand er sich 29 m nördlicher, nachdem er sich bis 1888 beinahe in der Ebene der Südfront gehalten, wobei er nach beiden Seiten geschwankt hatte.

Im Golf von Fos versperrt der Süddamm des Saint-Louis-Kanals den Bestandteilen den Durchgang, welche der hohe See-gang vom Vorgebirge abbröckelt und in der Richtung von Norden nach Osten wirft. Grössere Ablagerungen haben sich längs dieses Werkes gebildet. Jener Damm erstreckt sich indess nicht weit genug, um ihr Vorrücken vollständig zu hemmen. Die Anlandungen gehen über den Molenkopf hinweg und man kann Ablagerungen in der Verlängerung der Fahrstrasse des Saint-Louis-Kanals und nördlich von dieser Richtung feststellen. Es würden sich derartige Ablagerungen auf der Nordküste bilden, wenn die dort anbrandenden Wellen nicht die Wirkung hätten, die Anschwemmungsbestandteile zurückzustossen und sie, wenigstens zum grossen Teil, längs des Ufers in der Richtung von Osten nach Westen zu treiben.

Bis in die letzten Jahre erreichten die Ablagerungen in der Verlängerung der Fahrrinne des Saint-Louis Kanals seit mehr als 30 Jahren an keinem Punkte 0.022 m jährlich.

Im Jahre 1894 haben wir berechnet, dass sich der Inhalt der

Bucht « Le Repos » verstanden zwischen dem Ufer, zwei Parallelen zur Achse des Saint-Louis Kanals, die eine 1500 m nach Norden, die andere 2300 m nach Süden gelegen, und einer zum Ufer in 3500 m Abstand ziemlich parallel laufenden Kurve, in 28 Jahren um 3.355.687 cbm vermindert hatte, was jährlich 113.846 cbm ausmacht. Seit 1894, dem Jahre, welches der Wiedereröffnung des Roustan folgte, bis 1903 ist der Inhalt der Bucht « Le Repos » um 1.923.253 cbm geringer geworden, das heisst jährlich um 213.140 cbm.

Die Diagramme der Tiefenveränderungen auf allen Punkten der Sondierungslinien in der Bucht « Le Repos » zeigen seit 1866, dass von dem Vorgebirge an der Mündung gerechnet die Erhöhung des Grundes in der Tiefe von mehr als 3 m beständig ist, dass, jedoch, die Menge, um welche sich der Grund an allen Punkten im Laufe eines Jahres erhöht, beträchtlich in dem Masse abnimmt, als man sich der Richtung des Dammes des Saint-Louis-Kanals nähert. Die Gestalt der Tiefendiagramme bietet, seit dem Jahre 1894, keine Unregelmässigkeiten in den Sondierungslinien, welche sich mehr als 700 m von diesem Damm auf der Südseite befinden. Auf den Linien, welche näher liegen, und denjenigen, welche sich im Norden desselben Werkes befinden, scheint jedoch auf einer grossen Anzahl von Sondierungspunkten seit einem zwischen 1896 und 1900 liegenden Zeitraum die Erhöhung des Grundes aufgehört und sich dagegen eine Vertiefung vollzogen zu haben. Diese Aenderung dürfte die Wirkung der Wiedereröffnung des Roustan sein. Das ist möglich; doch sieht man noch nicht recht, dass die Wiedereröffnung des Roustan auf die Anschwemmungen in der Bucht « Le Repos » Einfluss gehabt hat.

Man darf nicht damit rechnen, dass sich hier keine Ablagerungen mehr bilden, weil die Rhône immer fortfährt, Wasser durch die Ostmündung abfliessen zu lassen, weil das Meer nicht aufgehört hat, mit Wucht auf die Front des Vorgebirges zu wirken, und weil es sogar möglich ist, dass es mit grösserer Energie wirkt, seitdem der Ausfluss aus der Ostmündung geringer geworden ist.

Es ist nicht unmöglich, dass man eines Tages, vielleicht in nächster Zeit, gezwungen ist, um diese Wirkung zu schwächen und zu gleicher Zeit das Vorgebirge, das den Schutz von « Le Repos » bildet, zu erhalten, an der Ostmündung auf dem linken Ufer ein Werk zu erbauen, das dem mehr oder weniger ähnlich ist, welches in dem Programm der Arbeiten von 1879 mit der Wiedereröffnung des Roustan verbunden war und welches in

der Verlängerung des Dammes auf dem linken Ufer, dem sogenannten Hannibal-Damm, mit Biegung nach Süden bestand.

Man muss also mit derselben Aufmerksamkeit wie in der Vergangenheit fortfahren, die Mündungen der Rhône, den Golf von Fos und die Westküste zu beobachten und jedes Jahr in der schönen Jahreszeit einen Plan von den Rhönemündungen vom Saint-Louis-Kanal ab, von der Bucht « Le Repos » und der Küste bis mindestens zu der 10 m Grundlinie, um die Mündungen herum und im Westen bis über den Leuchtturm von Faraman hinaus aufzunehmen.

Unabhängig von dem grossen Interesse, welches sich an die Erhaltung des Golfes von Fos und der Bucht « Le Repos » knüpft, bleibt die gleichzeitige Beobachtung der Ostmündung und die des Roustan ein nicht weniger interessantes Studium, von langer Dauer und wertvoll, um wichtige Angaben zur Frage über die Verbesserung der Mündungen von Flüssen zu liefern, die sich in Meere ohne Ebbe und Flut ergiessen.

Paris, den 31. Dezember, 1904.

A. GUÉRARD.

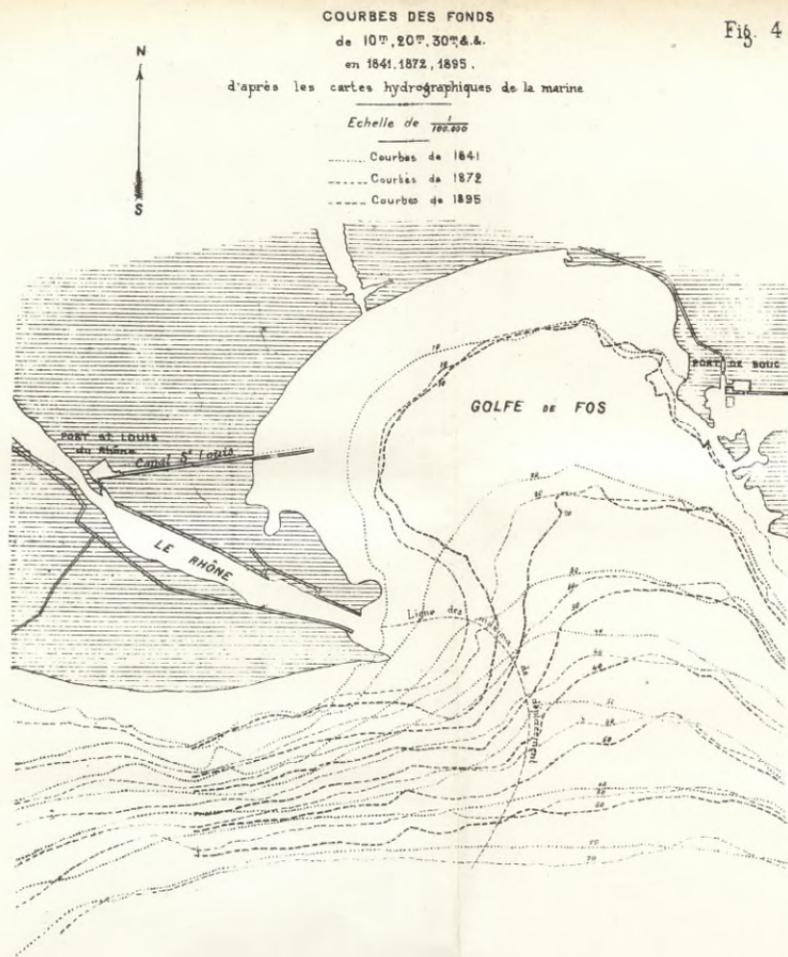


Fig. 4

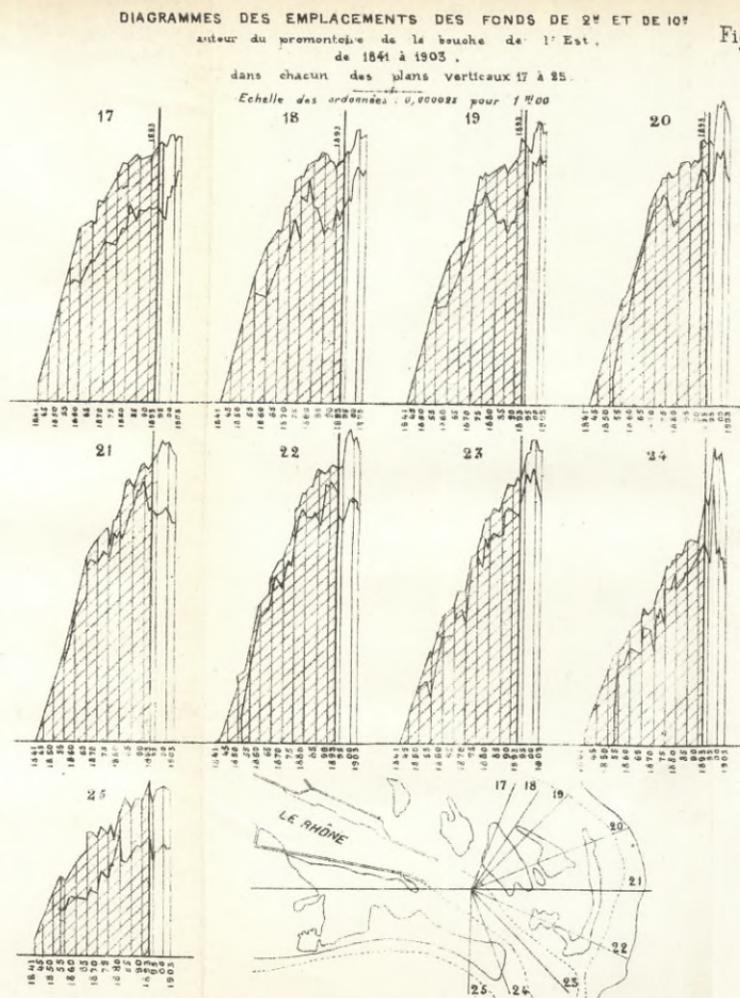


Fig. 5

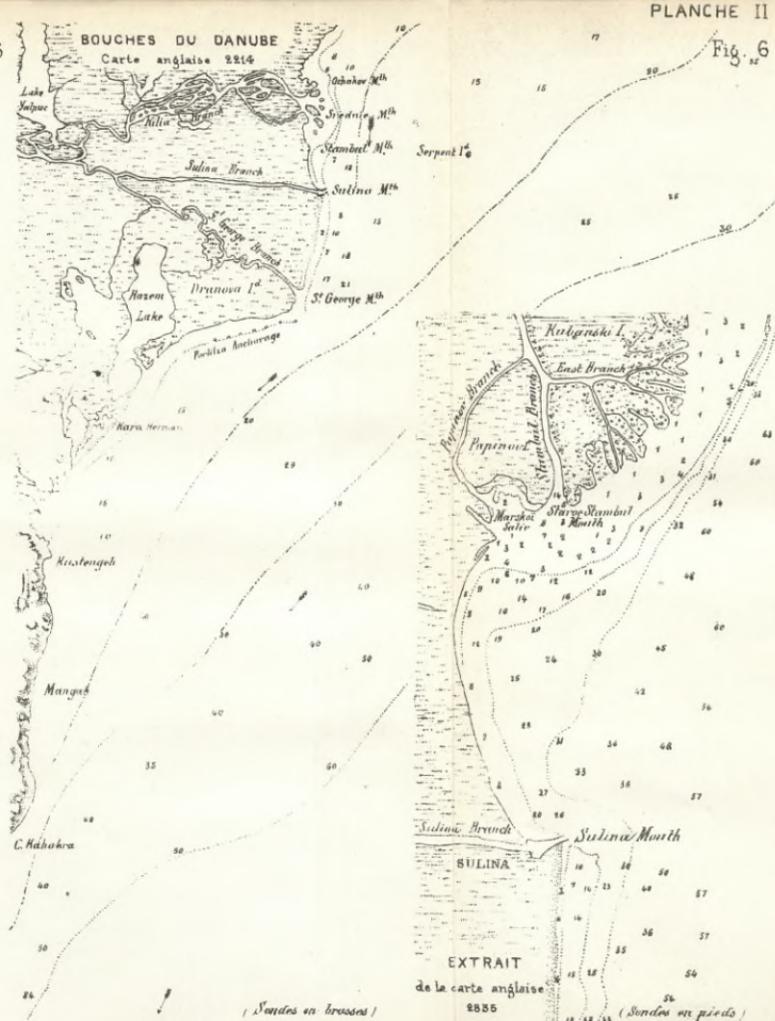


Fig. 6

