

4 544 302

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt

5. Frage

SCHUTZ DER NIEDERUNGEN

GEGEN DAS

EINDRINGEN DES WASSERS

BERICHT

VON

A. OCKERSON

Vice-President American Society of Civil Engineers

Member Mississippi River Commission Chairman Committee on Levees



NAVIGARE

NECESSE

BRÜSSEL

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

169, rue de Flandre, 169



T-354429

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000317133

SCHUTZ DER NIEDERUNGEN

GEGEN UEBERSCHWEMMUNG

Das Deichsystem des Mississippi Stromes und der Schutz des Salton-Beckens

Von den Alluvialflächen des Mississippi-Stromes ist ein Gebiet den Ueberschwemmungen ausgesetzt, das in seiner Grösse kaum seines Gleichen findet.

Betrachtet man die ungeheure Ausdehnung des Zuflussgebietes vom Mississippistrom, das eine Fläche von 1 250 000 Quadratmeilen (3 237 400 Quadratkilometer) umfasst und eine grösste Breitenausdehnung von 1 800 Meilen (2 900 km) hat, so ist es nicht schwer einzusehen, dass der enorme Wasserzufluss in Hochwasserzeiten leicht einen grossen Teil der niedriger belegenen Flussstrecken vollständig unter Wasser setzen kann.

Nach den Berichten des Wetter-Bureaus der Vereinigten Staaten sind in den verschiedenen in Betracht kommenden Abschnitten des Stromgebietes die normalen jährlichen Niederschlagshöhen folgende :

	Zoll	Cm.
Missouri Gebiet	19,4	49,3
Oberer Mississippi	31,9	81,0
Ohio-Strom	44,2	112,3
Arkansas-Strom	29,6	75,2
Red River	39,1	99,3
Central Gebiet	51,4	130,6
Im Durchschnitt für das ganze Nieder- schlagsgebiet.	29,8	75,7

Das giebt einen normalen jährlichen Abfluss von 785 190 Millionen Cubic-Yards (600 305 000 000 cbm) als Gesamtabfluss

des Niederschlaggebietes, wenn man annimmt, dass 25 Procent der gesamten Regenmenge durch den Flusslauch zum Meer geleitet werden.

Es muss noch bemerkt werden, dass nahezu die Hälfte des Wasserabflusses aus dem Ohio und dem Central-Gebiet stammt und dass der Abfluss aus dem Alluvialgebiet, einem Teile des letzteren, nahezu 75 Procent der Regenhöhe erreicht. Dies ist von grossen Einfluss auf das Zustandekommen von Hochfluten.

Die Natur selber hat Sicherungsmassnahmen getroffen, die in hohen Masse die Hochfluten abschwächen. Das Hochwasser aus dem Osten, von dem Alleghenny-Gebirge, kommt im Winter und in den ersten Frühjahrsmonaten, während das Hochwasser vom oberen Mississippi und aus dem Missouri nicht vor Ablauf des Frühjahrs oder im Anfang des Sommers eintrifft; infolgedessen fallen beide Hochwässer niemals zusammen, was natürlich ausserordentlich günstig ist.

Tatsächlich kommen die Ueberschwemmungen der Alluvialflächen des Mississippi fast gänzlich auf Rechnung der Hochwässer im Ohio und dessen Nebenflüssen und werden noch erhöht durch reichliche Regenfälle im Alluvialgebiet selber.

Ausdehnung des Alluvialgebietes.

Was man allgemein unter Alluvial-Tal des Mississippi versteht, ist der Teil, der sich von einem Punkt in der Nähe von Cape Girardeau etwa 50 Meilen (80 Kilometer) oberhalb der Ohio-Mündung, bis zum Golf von Mexiko erstreckt, das ist, von 37° 18" nördlicher Breite bis zum 29. Breitengrade.

In der Luftlinie gemessen beträgt die Entfernung von einem Ende zum anderen 550 Meilen (885 Kilometer) im Stromstrich gemessen 1 061 Meilen (1 707 Kilometer).

Die Breite des Alluvial-Tals erreicht an den breitesten Stellen das Mass von rund 60 Meilen (97 Kilometern) und die gesamte Fläche, die unter natürlichen Verhältnissen der Ueberflutung ausgesetzt wäre, beträgt in runder Summe 3 000 Quadratmeilen (7 700 Quadratkilometer).

Oberhalb Cape Girardeau ist das eigentliche Flusstal viel schmaler; es sind zwar auch hier noch beträchtliche Flächen der Ueberschwemmungsgefahr ausgesetzt, aber die gefahrbringenden Hochfluten treten seltener auf und Schutzmassregeln sind

nur da ergriffen worden, wo die niedrig gelegenen Uferstrecken eine so grosse Ausdehnung annehmen, dass sich die Ausgaben rechtfertigen.

Um das Hochwasser des Alluvialtales völlig in die Gewalt zu bekommen, müsste das Wasser aus diesem ungeheueren Niederschlagsgebiet vollkommen gesichert zwischen befestigten Erdämmen, eine Meile oder zwei seitlich, auf rund 1 000 Meilen bis zum Meer geleitet werden.

Stärke der Hochfluten.

Die grösste Hochwassermenge des unteren Mississippi erreicht nahezu 2 000 000 Kubik-Fuss (56 630 Kubikmeter) in der Sekunde, wovon 35 % die Leistungsfähigkeit des Stromes übersteigen, weshalb die Ufer durch künstliche Bauten von genügender Höhe und Festigkeit erhöht werden müssen, um das Hochwasser mehr oder weniger eng in dem eigentlichen Stromschlauch zusammenzuhalten.

Wie aus der folgenden Tabelle zu entnehmen ist, zeigen die Wasserstandsbeobachtungen keine ausgeprägten Perioden in der Wiederkehr derjenigen Hochwasserstände, welche Ueberschwemmungen hervorrufen. Die Tabelle gibt von der Ohio-Mündung diejenigen bekannten Hochwasserstände an, welche den bordvollen Wasserstand überschreiten; letzterer entspricht an der vorbezeichneten Stelle einem Wasserstand von 42 Fuss am Pegel.

Jahr	Pegel-Ablesung	Ueber den bordvollen Wasserstand	
		Fuss	Meter
1858	49,6	7,6	2,32
1859	46,5	4,5	1,37
1861	43,2	1,2	0,37
1862	50,8	8,8	2,68
1865	43,3	1,3	0,40
1867	51,0	9,0	2,75
1868	45,6	3,6	1,10
1874	47,4	5,4	1,65
1875	45,1	3,1	0,95
1876	46,4	4,4	1,34

Jahr	Pegel-Ablesung	Ueber den bordvollen Wasserstand	
		Fuss	Meter
1880	44,6	2,6	0,79
1881	45,8	3,8	1,16
1882	51,9	9,9	3,02
1883	52,2	10,2	3,11
1884	51,8	9,8	2,99
1886	51,0	9,0	2,75
1887	48,5	6,5	1,98
1888	45,4	3,4	1,04
1890	48,8	6,8	2,07
1891	46,2	4,2	1,28
1892	48,3	6,3	1,92
1893	49,3	7,3	2,23
1897	51,6	9,6	2,93
1898	49,8	7,8	2,38
1899	46,2	4,2	1,28
1901	43,2	1,2	0,37
1902	42,1	0,1	0,03
1903	50,6	8,6	2,62
1904	49,9	7,1	2,17
1906	46,9	4,9	1,49
1907	50,3	8,3	2,53

Es geht aus der obigen Tabelle hervor, dass während dieses Zeitraumes von 50 Jahren ein ausufernder Wasserstand nur in 31 Jahren erreicht wurde. Die Deiche haben in diesen Jahren Schutz gegen Ueberschwemmungen gewährt auf die Dauer von 20 bis 80 Tagen.

Die Zahlenangaben beziehen sich auf den oberen Teil des Alluvialtales. Die Dauer der Ueberschwemmungsperioden nimmt im unteren Teil des Stromes wesentlich zu.

Mehrere der in der obigen Tabelle mit aufgezählten Hochfluten waren nach Dauer und Höhe so gering, dass sie auch ohne das Vorhandensein von Deichen eine allgemeine Ueberschwemmung nicht würden hervorgerufen haben, sodass der Ausspruch wohl gerechtfertigt ist, dass Gefahr bringende Hochfluten nur in der Hälfte der letzten 50 Jahren aufgetreten sind. Im Durchschnitt ist die Dauer solcher Hochfluten ungefähr 20 Tage; sie schwankt zwischen 6 und 49 Tagen.

Grösste Wasserstandsunterschiede.

Die grössten Differenzen zwischen dem höchsten Hochwasser und dem tiefsten Niedrigwasser an den regelmässigen Pegelstationen des Mississippi vom Ohio abwärts sind in folgender Tabelle enthalten.

Die höchsten bekannten Wasserstandsunterschiede.

Name der Pegelstation	Entfernung von der Ohio Mündung		Jahr des höchsten bekannten Hochwassers	Grösster Wasserstandsunterschied	
	Meilen	Km		Fuss	Metev
Cairo	0	0	1883	53,2	16,23
Columbus	22	35	1883	45,6	13,91
Neu Madrid	70	112	1884	41,0	12,51
Cottonwood Point	122	196	1903	43,3	13,21
Fulton	175	281	1903	40,0	12,20
Memphis	230	370	1907	42,9	13,08
Mhoon	276	444	1907	50,0	15,25
Helena	306	492	1897	54,8	16,71
Sunflower	353	568	1903	49,5	15,10
White River	393	632	1903	53,7	16,38
Arkansas City	438	705	1903	56,5	17,23
Greenville	478	769	1903	51,6	15,74
Lake Providence.	542	872	1903	51,8	15,80
Vicksburg	599	964	1897	59,0	18,00
St. Joseph	648	1 043	1903	57,4	17,51
Natchez	700	1 126	1903	51,2	15,62
Red River	765	1 231	1897	50,8	15,49
Bayou Sara	800	1 287	1897	46,5	14,18
Baton Rouge	833	1 341	1897	40,2	12,26
Plaquemine	854	1 374	1897	37,2	11,35
Donaldsonville	885	1 424	1897	31,7	9,67
College Point.	904	1 455	1897	28,9	8,81
Carollton	957	1 540	1903	21,0	6,41
Port Jackson	1 039	1 672	1907	8,0	2,44

Es sollte da bei nicht übersehen werden, dass die höchsten Wasserstände abhängig sind von dem Masse, in dem das Hoch-

wasser von den Deichen eingeschränkt wird und dass sich infolgedessen die Höchstwasserstände verändern mit der Entwicklung der Deiche und ihrer Wirksamkeit. Ein örtlich beschränktes Hochwasser kann an einer Stelle gemildert werden durch Deichbrüche an anderen Stellen. Die den Aufzeichnungen der obigen Tabelle zu Grunde liegenden Verhältnisse ändern sich daher dauernd bis auf den heutigen Tag.

Es ist selbstverständlich dass die Tiefe der Ueberstauung denselben Veränderungen unterworfen ist. Unter natürlichen Verhältnissen, ohne Dämmen, wechselt die Tiefe der Ueberstauung zwischen wenigen Zoll über einem eng begrenzten Gebiet der höchst belegenen Teile und mehreren Fuss über dem allgemeinen Niveau der Niederung.

Mittel zum Schutz gegen Ueberschwemmungen.

Das Problem des Schutzes der Niederungen gegen Ueberschwemmung wird gelöst durch den Bau von Erddämmen von dem Material das in unmittelbarer Nähe der Baustelle zugänglich ist; solche Deiche sind zu Zeiten bis beinahe dicht an die Krone, dem Angriff des Hochwassers ausgesetzt, das in besonderen Fällen bis zu 90 Tagen oder mehr anhalten kann; andererseits liegen sie zuweilen wieder längere Zeit nahezu trocken, nur den Einflüssen des Regenwassers ausgesetzt. Solche Perioden währen bis zu drei Jahren.

Dann finden auch grosse Sammelbecken an den Quellen der Nebenflüsse ihre lebhaften Fürsprecher und sollen den gleichen Erfolg haben. Kein ausreichendes Projekt dieser Art erscheint ausführbar, da es, um wirksam zu werden, auch auf das Niederschlagsgebiet des Ohio ausgedehnt werden müsste, das wegen seines ausserordentlich starken Gefälles der Aufnahmefähigkeit der Sammelbecken enge Grenzen zieht. Es ist wirtschaftlich nicht zu rechtfertigen, die hoch kultivierten Täler dieses Gebietes einem solchen Zweck zu opfern. Sammelbecken an den Quellen des Missouri und am oberen Mississippi würden zum Schutze des Alluvialtales gegen Ueberschwemmungen nicht wesentlich beitragen, weil in diesen Gebieten die gefährlichen Hochfluten des unteren Stromgebietes nicht ihren Ursprung haben.

Eine dritte Methode, bekannt unter der Bezeichnung « Auslass-Plan » (outled plan) wird ebenfalls mit Nachdruck verfochten. Dieser Plan schlägt vor, dass neben dem natürlichen Flussbett noch andere Kanäle von solcher Leistungsfähigkeit gebaut werden, dass sie aussergewöhnliche Hochwassermengen mit der nötigen Sicherheit abführen können. Es ist oft genug nachgewiesen, dass durch dieses Mittel eine angemessene Entlastung nicht erzielt werden kann. Zunächst mal ist oberhalb der Mündung des Red River, welcher 750 Meilen (121 Kilometer) vom oberen Ende des Alluvialtals entfernt liegt, keine Ablenkung des Wassers möglich, ohne es an irgend einer niedriger gelegenen Stelle wieder in den Hauptstrom führen zu müssen. Oberhalb dieses Punktes würde das Hochwasser das ganze Tal überschwemmen und weiter stromab seinen Verlauf nehmen, ehe durch dieses Mittel eine Verminderung erzielt werden könnte. Ein viel wichtigeres Grundgesetz wird bei dem Auslassplan noch berührt, nämlich das, dass man einem Strom keine Wassermassen entziehen kann, ohne die Leistungsfähigkeit des Stromschlauchs unterhalb der Entnahmestelle wesentlich zu verringern. Die tragende Kraft des mit Sinkstoffen beladenen Wassers wird verringert und das bedingt vermehrte Sinkstoffablagerungen, welche den beabsichtigten Erfolg tatsächlich vereiteln. Diese Tatsache ist schon oft durch ausgedehnte Beobachtungen erwiesen, die in vielen solchen Fälle angestellt worden sind.

Der Plan, das St. Francis Becken als Riesen-Sammelbecken bei grossen Hochfluten zu benutzen ist ebenfalls angeregt worden. Aber der Vorschlag, eine fruchtbare Tal von etwa 6 000 Quadratmeilen (15 540 Quadratkilometer) in eine Wüste zu verwandeln, ein Tal, von dem ein beträchtlicher Teil sich im Zustand hoher Kultur befindet, das von Eisenbahnen durchzogen und mit glücklichen Dörfern besetzt ist und dessen Bodenpreise dementsprechend entwickelt sind, dieser Vorschlag ist nicht mit grosser Begeisterung gemacht worden.

Das Becken hat ein Gefälle von rund 130 Fuss (39,7 m) und würde es daher erforderlich werden, dasselbe durch Dämme in vielleicht 10 Unterabschnitte zu zerlegen, die Dämme müssten sich quer durch das Becken erstrecken, das eine äusserste Breite von ungefähr 40 Meilen (64 Kilometern) besitzt.

Ein entsprechendes Wehr am oberen Ende des Beckens, welches den Zweck hat, das verfügbare Wasser dem Sammelbecken

zuzuführen ist ein ausserordentlich wichtiger aber auch etwas gefährlicher Bestandteil des Projekts.

Nachdem das Hochwasser im Hauptstrom abgelaufen ist, müsste das Sammelbecken geöffnet werden und das Wasser in solchen Mengen abgelassen werden, dass für die Dauer der Niedrigwasserperiode ein guter schiffbarer Wasserstand aufrecht erhalten werden kann.

Dieses Projekt ist abgesehen von der Frage der praktischen Ausführbarkeit und der Kostenfrage nicht günstig aufgenommen worden, einmal wegen der umfangreichen damit verbundenen Zerstörung von Eigentum, dann aber auch wegen des Umstandes, dass ein grosses erwerbsreiches Tal praktisch so gut wie vollkommen vernichtet würde, während man doch sonst überall in der ganzen Welt nach Verbesserungen strebt, um immer grössere Landflächen der Kultivierung zu erschliessen.

Physikalische Eigenschaften des Alluvial Tals.

Das Alluvial-Gebiet ist in der Hauptsache eben und hat von seiner oberen Grenze bis zum Golf ein Gefälle von ungefähr 0,57 Fuss auf 1 Meile (0,11 m auf 1 Kilometer). Die unmittelbaren Flussufer liegen höher und das Land fällt von hier nach rückwärts ab, mit rund 2 bis 15 Fuss auf die Meile (0,30 bis 2,85 m auf 1 Kilometer). Dies ermöglicht eine Entwässerung, welche nach rückwärts in Richtung auf den Höhenrand zu den Nebenflüssen geleitet wird, die an einem tieferen Punkt des Gebiets in den Hauptstrom einmünden.

Im natürlichen Zustand war das ganze Tal dicht bedeckt mit Wäldern solcher Holzarten, die auch bei häufigen Ueberschwemmungen noch fortkommen.

Der Strom fliesst zunächst vom Ohio abwärts am Ostrande des Tales bis zu einem Punkt kurz unterhalb Memphis. Dann geht er allmählich hinüber zu den Höhen des Westrandes bei Helena und folgt diesen in südwestlicher Richtung bis in die Nähe der Stadt Arcansas. Von diesem Punkt ab durchquert er wieder das Tal und trifft bei Vicksburg den östlichen Höhenrand, den er bis zu dessen Ausläufern bei Baton Rouge begleitet. Das Tal ist so in vier natürliche Abschnitte eingeteilt. (Siehe Karte 1.)

Das für den Bau von Deichen verfügbare Material ist an den

verschiedenen Orten ausserordentlich verschieden. Ein Schnitt durch das Ufer wird im allgemeinen abwechselnd Schichten von Lehm, Ton und Sand zeigen und nicht selten überwiegen die leichten sandigen Bodenarten. In bestimmt abgegrenzten Gebieten findet sich ein wasserundurchlässiger Ton, der unter dem Namen « buckshot » (Rehposten) bekannt ist. Ein sehr grosser Teil des gesamten Materials besteht jedoch aus durchlässigen Bodenarten, besitzt noch nicht einmal die gute Eigenschaft, homogen zu sein und ist daher nach übereinstimmenden Erfahrungen seine Verwendung nicht tunlich.

Um aus der höheren Lage des Flussufers Vorteil zu ziehen und ebenfalls in der Absicht, soviel Land, als nur irgend möglich, zu schützen, folgen die Deiche in ihrem Zuge der Flusskrümmungen so nahe, als es die Rücksicht auf ihre Standsicherheit irgend gestattet. Wenn die Frage auftritt, ob ein Deich eine kürzere Linie quer durch das Land nehmen soll, oder der Krümmung des Stromes folgen soll, so sind die entscheidenden Faktoren der relative Wert des Landes das eventuell ungeschützt bleibt und die Kosten des Deichbaus; aber auch über den Charakter des Stromes werden für diesen Zweck Erwägungen angestellt.

Ursprung und Entwicklung des Deichsystems.

Der erste Deich ist zum Schutz der Stadt New-Orleans erbaut, kurz nach deren Gründung durch Bienville im Jahre 1718. Er war ungefähr eine Meile (1,6 km) lang, 4 Fuss (1,2 m) hoch und in der Krone 18 Fuss (5,5 m) breit. Dies war das Werk des Ingenieurs Leblond de Latour. Während der nächsten 20 Jahre wurde der Deich auf etwa 42 Meilen (68 km) verlängert. Ein Edikt der Regierung legt bei Strafe der Konfiskation den Grundbesitzern die Verpflichtung auf, die Deiche gewissenhaft zu unterhalten.

Vom Tage des ersten Deichbaus bis zum Ende des Jahrhunderts hatten sich die Deiche auf eine Länge von 340 Meilen (550 km) ausgedehnt, meist stromaufwärts von New-Orleans. Die Arbeit kam nur langsam vorwärts, bis im Jahre 1850 der Kongress das überflutete Land in einer Ausdehnung von mehr als 18 Millionen « acres » (7,3 Millionen Hektar) den Staaten schenkte, um den Bau von Deichen zu fördern. Dies hatte ein

ausserordentliches Anwachsen der Bautätigkeit zur Folge, das bis 1858 anhielt und einen mehr oder weniger wirksamen Deichschutz aufwärts bis zur Mündung des Arkansas-Stromes entstehen liess.

Das grosse Hochwasser des letztgenannten Jahres richtete grosse Verheerungen an den Deichen an und die mehrere Jahre andauernden Vernachlässigungen an den Deichen, infolge der Bürgerkriege, äusserten sich in einer ernstlichen Verschlechterung der Deiche. Die Ausbesserung der Schäden ging nur langsam vorwärts, als das grosse Hochwasser des Jahres 1882 einen beträchtlichen Teil der eben vollendeten Werke wieder zerstörte und es wurde klar, dass ganz allein ein allgemeiner umfassender Plan für die Hochwasserbeschränkung, der den Schutz des ganzen Tales ins Auge fasste, den Anforderungen einigermaßen gerecht werden könnte.

Die Hülfe der General-Regierung wurde erbeten und zugesichert und die Mississippi-Strom-Kommission wurde beauftragt mit der Verwendung der für die Erbauung von Deichen und die damit zusammenhängenden Stromverbesserungen bereit gestellten Mittel.

Ein Plan wurde aufgestellt über die Abmessungen und Abstufungen und durch das einheitliche Zusammenwirken der Regierungen der einzelnen Staaten und der Deichbehörden, welche freudig die Führung durch die Kommission anerkannten, ist dass Werk gefördert im Hinblick auf das vorgesteckte Endziel, nämlich die völlige Bezwingung, des grössten aller Ströme.

In 25 Jahren ist emsig vorwärts gearbeitet und die Deiche am Mississippi unterhalb des Eintritts in das Alluvialtal betragen in ihrer Länge über 1 500 Meilen (2 400 km). Es steht noch viel Arbeit bevor, um die Deiche auf die normalen Höhen- und Querschnittsabmessungen zu bringen, die zur völligen Einschränkung des Hochwassers erforderlich erscheinen. Der körperliche Inhalt des gesamten Deichsystems wird über rund 280 Millionen Kubik Yards betragen (214 Kubikmeter) von denen über 210 Millionen Kubik Yards (160,5 Millionen Kubikmeter) bereits eingebaut sind. Diese letzte Zahl stellt jedich nicht die gesamte Bodenmenge dar, die in die Deiche hat eingebracht werden müssen, nicht berücksichtigt sind dabei die Verluste durch Uferabbrüche und Hochwasser. Dieser Gegenstand soll später besprochen werden.

Der normale Querschnitt der Deiche und ihre Bauweise.

Bei den Regulierungen die seit dem Jahre 1882 in der Ausführung gewesen sind, hat man die Deiche bezüglich ihrer Nähe zum Strom so gelegt, dass sie nach menschlichen Ermessen für die Dauer von mindestens zwanzig Jahren gegen Zerstörungen infolge von Uferabbrüchen gesichert sind.

Nach Festlegung der Linie muss zunächst die von Damm einzunehmende Fläche von Bäumen, alten umgefallenen Baumstämmen, Sträuchern und Schutt befreit werden. Die weitere Vorbereitung des Untergrundes erfordert dann die Beseitigung der Baumstümpfe, Wurzeln und eingesandeten Baumstämme bis zu einer Tiefe von 8 Fuss (2,45 m) unter der natürlichen Erdoberfläche und zwar in einer Breite, die die Grundfläche des Dammes auf beiden Seiten um 5 Fuss (1,50 m) überschreitet. Bäume werden bis zu einer Entfernung von 100 Fuss (30,5 m) zu beiden Seiten des Deichfusses gefällt.

Demnächst folgt ein Aufreißen des Grundes auf eine Tiefe von 6 Zoll (0,15 m) und was oben noch von unbrauchbarem Boden gefunden wird, wird beseitigt. Stromseitig der Mittellinie des Deiches wird ein Dichtungsgraben (*muck ditsch*) gezogen und rund 6 Fuss (1,83 m) daneben noch ein zweiter. Die Form und die Tiefe dieser Gräben richtet sich nach der Beschaffenheit des angetroffenen Materials. Im allgemeinen gibt man dem Graben eine obere Breite von 12 Fuss (3,65 m), Sohlenbreite von 8 Fuss (2,45 m) und eine Tiefe von 8 Fuss (2,45 m). Wegen der Wirtschaftlichkeit und Annehmlichkeit bei der Ausführung macht man im allgemeinen die Gräben genügend weit, um beim Bau Rad-Schraper (*wheel scraper*) verwenden zu können. Nach seiner Besichtigung und Aufmessung durch den Ingenieur wird der Graben mit sorgfältig ausgesuchten Material angefüllt und mit Fortschreiten der Füllung fest gestampft. Der Hauptnutzen dieses Dichtungsgrabens ist der, dass man den Charakter des Baugrundes unter der Grundfläche des Dammes genau bestimmen kann. Jeder Mangel, den man dabei entdeckt, wird, soweit es ausführbar ist, sofort beseitigt. Ausser durch diese Dichtungsgräben wird der Boden noch häufig durch Bohrungen und Schürfungen, die in angemessenen Abständen ausgeführt werden, untersucht.

Die Vorbereitung des Baugrundes, wie sie soeben beschrieben wurde, muss auf eine Strecke von mindestens 300 Fuss (92 m) dem Bau des eigentlichen Deichkörpers in der Fertigstellung voraneilen.

Der Bau des eigentlichen Deichkörpers geht in der Weise vor sich, dass die ganze Grundbreite des Deiches in voller Fläche mit Boden von reinster Beschaffenheit, frei von jeder fremden Beimischung, bedeckt wird und so gleichmässig, bis zur vollen Höhe fortschreitend, stets Lagen von nicht über 2 Fuss (0,61 m) Stärke aufgebracht werden. Die Verwendung gefrorenen Bodens ist nicht zulässig. Das Material wird aus Pütt-Gruben entnommen die aussendeichs an geeigneten Stellen angelegt werden, deren Abstand vom Fuss des Deiches nicht weniger als 40 Fuss (12,20 m) beträgt und deren Seitenwände nicht steiler als 1 zu 2 geneigt sein dürfen. Die Tiefe der Pütt-Gruben darf an der dem Deich zugekehrten Seite 3 Fuss (0,92 m) nicht übersteigen und kann dann allmählich mit angemessenen Gefälle sich auf 6 Fuss (1,83 m) an der abgekehrten Seite vergrössern. Querdurch die Pütten lässt man Traversen stehen, mit nicht über 100 Fuss (30,5 m) Abstand, die den Zweck haben, das Entstehen schädlicher Längsströmungen am Deich zu verhindern. Die Traversen durchschneidet man an der dem Deich abgekehrten Seite durch Entwässerungsgräben, da stehendes Wasser einen Unterschlupf für Krebse, Bismarratten und andere zerstörungssüchtige Kräfte bildet, die den Bestand des Deiches gefährden.

Man verwendet grosse Sorgfalt darauf, um die Flächen zwischen den Püttgruben und dem Deichfuss während der Bauarbeiten unversehrt zu erhalten. Jede Vertiefung in der Aussenberme von irgend welcher Bedeutung wird bis zur allgemeinen Höhe der Boden-Oberfläche aufgefüllt. Falls unter besonderen Umständen der Boden binnendeichs entnommen werden muss, darf die Entfernung bis zur Entnahmestelle nicht weniger als 100 Fuss (30,5 m) betragen.

Mit Rücksicht auf Sackung beträgt die Schüttungshöhe der Deiche etwa 15 bis 25 Procent mehr als die theoretische Dammhöhe. Man nimmt den kleineren Zuschlag, wenn der Boden durch Wagen herangebracht wird, wobei der Boden während der Arbeit nach und nach allmählich zusammengepresst wird. Das höhere Sackmass wird eingesetzt bei Arbeiten, die mittels Schubkarren ausgeführt werden, was in Ausnahmefällen nur

dann vorkommt, wenn andere Arbeitsmethoden nicht angewendet werden können. Wenn Deiche vertraglich vergeben werden, erfolgt die Bezahlung lediglich nach dem Netto-Querschnitt des Dammes, nachdem das zulässige Sackmass zugegeben ist.

Wenn der Deich die erforderlichen Abmessungen und richtige Höhe erreicht hat, werden die Krone und die Böschungen in der Oberfläche planmässig abgeglichen und in Abständen von zwei Fuss mit Büscheln von lebendem Bermuda-Gras bepflanzt, die eine Grösse von 4 Zoll im Quadrat (0,10 m) haben. Diese Büschel werden leicht mit Mutterboden bedeckt, verbreiten sich bald über die ganze Oberfläche des Deiches und schützen sie gegen Auswaschungen durch Regen auch leisten sie in ziemlich bedeuteter Masse dem Wellenschlag Widerstand.

Wo Wege den Deich kreuzen, da werden sie mit einer Steigung, nicht steiler, als 1 zu 7 angelegt mit Seitenböschungen 1 zu 1 und in der Breite für eine Wagenbreite ausreichend.

Wenn ein vorhandener Deich verbreitert wird, so wird die Oberfläche des alten Deiches und der Untergrund in derselben Weise vorbereitet, wie dies oben beschrieben wurde.

Arbeitsgeräte beim Deichbau.

Im Anfang waren Spaten und Schubkarre die Hauptarbeitsgeräte beim Deichbau. Ihnen folgten Schlepp-Schraper dann später Rad-Schraper (*wheel scraper*) die jetzt noch allgemein im Gebrauch sind.

Unter günstigen Umständen sind mit Erfolg Apparate (*graders*) verwendet, welche mittels Transportbändern den Boden direkt von der Löseschaufel (*plow*) in die Kippkarren bringen, indem die Gurtbänder sich an beiden vorbei bewegen. Wenn ein Wagen gefüllt ist, fährt er zur Dammschüttung und entladet, während ein anderer seinen Platz an der Ladestelle einnimmt.

Dampfschaufeln, Schwimmbagger und Trockenbagger sind ebenfalls zur Anwendung gekommen, aber die Schwierigkeiten, die sich bei einer grossen Anzahl von Systemen aus der tiefen Lage des waldreichen Bodens ergaben, der voller Wurzeln und Stubben steckt und oft durch starke Regengüsse zu Schlamm

erweicht wird, haben die Wirtschaftlichkeit ihrer Verwendung begrenzt.

So leistet der Rad Schrapper (*wheel scraper*) bei weiten den grössten Teil der Arbeit.

Abmessungen und Höhe der Deiche.

Die Abmessungen des normalen Deiches sind folgende : Seitenböschungen 1 zu 3, Kronenbreite 8 Fuss (2,45 m). Die Höhe der Deiche ist auf drei Fuss (0,92 m) über dem höchsten Wasserstand festgesetzt. Wenn ein Bankett erforderlich wird, sei es wegen der ungewöhnlichen Höhe des Dammes, sei es wegen schlechter Gründung, wo feuchter Grund durchbaut werden musste, dann bringt man diese Verstärkung auf der Binnenseite des Deiches an. Die Oberkante des Banketts legt man 8 Fuss (2,45 m) unter Deichkrone und gibt ihm eine obere Breite ungefähr gleich der doppelten Dammhöhe, aber nicht weniger als 20 Fuss (6,10 m). Die Oberfläche der Berme ist mit 1 zu 20 geneigt, die Böschung mit 1 zu 4. Ueber den Nutzen der Bankette sind die Ansichten sehr geteilt und es scheint einigermaßen klar zu sein, dass bei flacheren Böschungen der Boden zweckmässiger ausgenutzt würde. Der Hauptzweck bei Anwendung der Bankette ist der, ein Abrutschen des mit Wasser durchtränkten Dammes zu verhindern und es scheint, als ob das Bankettprofil diejenige Verteilung des Materials ist, welche die Grenzen der Durchfeuchtung mit Sicherheit innerhalb der Grundfläche des Dammes hält. Das Bankett kann auch angelegt werden, um als gute Vorbereitung für eine Landstrasse zu dienen und die Wichtigkeit dieser Sache sollte sorgfältigste Beachtung verdienen.

Ein normaler Deich von 20 Fuss (6,10 m) Höhe wird 5 037 Kubik-Yards auf je 100 Fuss Länge enthalten (12 632 cbm auf 100 m) oder 265 853 Kubik Yards auf 1 Meile.

Die Preise schwanken meistent zwischen 11 und 35 Cents für den Kubik-Yard (etwa zwischen 0,43 und 1,37 M für 1 cbm) je nach der Förderhöhe und der Beschaffenheit des Materials ; ein grosser Teil der Arbeiten ist für einen Preis von etwas weniger als 20 Cents für den Kubik-Yard ausgeführt (etwa 78 Pf pro cbm).

Der Querschnitt eines normalen 20 Fuss (6,1 m) hohen Dammes, verstärkt durch ein Bankett beträgt 6 281 Kubik Yards auf 100 Fuss Länge (15 754 cbm auf 100 m Länge) oder 331 637 Kubik Yards auf eine Meile. (Siehe Karte 2.)

Bei dem Material das im allgemeinen für den Deichbau zur Verfügung steht, ist die Grenze der Durchfeuchtung etwa 1 zu 4 1/2 geneigt, wenn das Hochwasser mehrere Wochen lang am Deich stand. Bei einem normalen Deich, dessen Krone drei Fuss über dem höchsten Wasserstand liegt, fällt die Grenze der Durchfeuchtung in die Nähe des Deichfusses und der Bau würde auch ohne Bankett im allgemeinen sicher genug sein.

Die durchschnittliche Höhe der Deiche wird nach endgültigem Ausbau auf einem beträchtlichen Teil der Länge nicht weit von 20 Fuss (6,10 m) entfernt sein.

Vom Red River abwärts bis zur unteren Grenze des Deichsystems nimmt die durchschnittliche Höhe der Deiche allmählich auf weniger als die Hälfte der Höhe der Deiche im oberen und mittleren Teil des Alluviales ab.

Hauptursachen der Deichbrüche.

Unter den Gefahren, welche den Bestand der Deiche bedrohen, nehmen die Uferabbrüche die erste Stelle ein. Die Schäden, welche hierauf zurückzuführen sind, erreichen die Höhe von 4 % der Gesamtlänge in einem einzigen Jahr. Brüche dieser Art fallen nicht in die Zeit des Hochwassers und daher sind sie nicht mit Verheerungen durch Ueberschwemmung verknüpft, weil man vor Eintritt der Brüche Einlagen anordnet, welche die Gefahrstrecken umschliessen.

Wenn die Deiche nahezu volle Höhe und vollen Querschnitt haben, wachsen die Kosten des Ersatzes für einen gebrochenen Deich sehr und ist nun ein Zustand erreicht, bei dem es unter Umständen wirtschaftlich richtiger sein kann, die durch Uferabbruch drohende Zerstörung durch Uferbefestigung aufzuhalten, die ungefähr 30 Dollar für einen laufenden Fuss Flussufer kostet (etwa 413 Mark für 1 lfd. m) als eine neue Deich-Einlage zu bauen.

Die verschiedenen Punkte, welche bei Lösung dieser Frage erwogen werden, sind die Kosten der neuen Deichlinie und der

Wert des Landes, einschliesslich der auf demselben vorgenommenen Verbesserungen, das aufgegeben werden müsste und im Vergleich hierzu die Kosten des Uferschutzes durch die Uferbefestigung.

So lange sich das Deichwesen im Stadium der Entwicklung befand, war das Ueberströmen über die Deiche bei hohem Hochwasser sehr häufig die Ursache von Katastrophen, die verheerende Ueberschwemmungen zur Folge hatten, welche ausgedehnte Landstriche von mehreren Hundert Quadratmeilen bedeckten.

In einzelnen Fällen hat man Hochfluten, die 3 Fuss (0,92 m) höher waren als der Deich, durch Sandsäcke zurückhalten können, die man auf der Deichkrone entlang legte. Arbeiten dieser Art kommen immer seltener vor, je mehr die Deiche sich ihrer normalen Höhe nähern und die Aufwendungen für den vermehrten Hochwasserschutz werden sich entsprechend ermässigen.

Bei lang andauerndem Hochwasser ist die Durchfeuchtung sandiger Dämme, aus der sich Durchsickerungen und schliesslich Abrutschungen eines Teiles des Bodens als eine Folge der allgemeinen Durchweichung ergeben, eine sehr verbreitete Ursache von Deichbrüchen und wo solche Verhältnisse auf grössere Deichlängen vorliegen, kann man ihrer nur sehr schwer Herr werden. Ein Entwässerungsgraben, so angelegt, dass er das Wasser ableitet, sobald es in die Erscheinung tritt, tut im allgemeinen gute Dienste. Zuweilen ist es von Erfolg begleitet, wenn man aufgelöste Erde an der Aussenseite aufbringt, damit sie sich in die Poren setzt, welche das Sickerwasser durchlassen.

Das sicherste Mittel bei solchen Fehler ist die Anbringung eines Banketts von entsprechenden Abmessungen auf der Binnenseite des Deiches oder eine Abflachung der Deichböschungen.

Wo Wasser in Kolken oder Pütt-Gruben nahe am Deich stillstehen kann, unterminieren Krebse und Bisamratten die Dämme oft in solchen Masse, dass sehr gefährliche Quellen sich bilden. Höhlungen, die aus dieser oder aus anderen Ursachen entstanden waren und dem Hochwasser einen Durchfluss gestatteten, hat man oft durch einen Kuverdeich unschädlich gemacht, den man rund um das Ende des Auslaufes baute und mit dem Hauptdeiche verband. Der Druck des in dem Bassin einge-

schlossenen Wassers wird dem Druck von der Aussenseite des Deiches das Gleichgewicht halten und das Durchfliessen wird aufhören. Eine Verminderung des Drucks und dementsprechend auch der Geschwindigkeit des durchfliessenden Wassers mag auch durch Belastung des Ausflusses mit Sandsäcken erzielt worden sein, wenn sie bis zur erforderlichen Höhe aufgebracht wurden.

Wellenschlag wirkt ebenfalls zerstörend auf die Deiche, wo sie auf eine lange Strecke der Windrichtung ausgesetzt sind, aber Wellenschlag ist sehr selten — wenn überhaupt jemals — die Ursache eines Deichbruches gewesen.

Die vom Wellenschlag abgespülte Erde wird kurz unterhalb der Wasserfläche abgelagert, aber der hierdurch bewirkte Schaden ist doch gross genug, um die Anwendung besonderer Schutzvorkehrungen zu rechtfertigen, von denen ein engmaschiges Lattenwerk erwähnt sein mag, das man stromseitig am Deich entlang legt und dort verankert.

Solche Schutzmassregeln werden in Louisiana viel verwendet, wo das Fehlen von Wald bei der Tiefe des Wassers die Wellen über das gewöhnliche Mass hinaus gefährlich werden lässt. Unterhalb New-Orleans liegen die Deiche sehr dicht am Flussufer und machen ihnen die Dampferwellen viel Schaden; man hat hier in mässigen Umfange Granitschlag auf den Deichböschungen verwendet, aber bis jetzt befindet sich die Sache noch im Stadium der Versuche.

Bei lang andauernden Hochwasser werden die Deiche sorgfältig bewacht, um jeden sich zeigenden Schaden sofort im Entstehen auszubessern, aber auch zu dem Zweck, um zu verhindern, dass bösartige Menschen die Deiche ihrer Nachbarn überm Strom durchstechen, um an ihrer eigenen Deichfront den Wasserdruck zu verringern und die Höhe des Hochwassers herabzumindern. Wenn in einem hohen Deich ein Bruch auftritt, so schlagen die Versuche zur Schliessung im allgemeinen fehl, weil die Beschaffung von Arbeitskräften und Material, wie sie für eine solches Unternehmen erforderlich sind, nur langsam vor sich geht, für ein Unternehmen, das selbst im günstigsten Falle ausserordentlich schwierig ist. Entsteht ein Deichbruch in einem Deich, der 12 Fuss (3,65 m) Wasser oder mehr hinter sich hat so erweitert sich die Bruchlücke mit solcher Schnelligkeit, dass man an Schliessungs-Versuche während der Dauer des Hochwassers nicht gern herangeht. Die Strömung ist in

wenigen Augenblicken so reissend, dass die gewöhnlichen Bauweisen ihr nicht stand halten können und die Kosten, die ein solcher Schliessungsversuch verschlingt, sind enorm.

Unterhalb Baton Rouge, wo die Deiche niedriger sind hat man hin und wieder erfolgreiche Schliessungen durchgeführt. Der einzige Deichbruch, welcher während des Hochwassers 1907 eintrat, fand kurz unterhalb New-Orleans statt und seine Schliessung wurde mit einem Kostenaufwand von 35 000 Dollar (147 000 Mark) erfolgreich durchgeführt. Der Bruch war 248 Fuss (85,5 m) weit und hierin sind 700 laufende Fuss (215 lfd. m) Steinkisten und viele Tausende von Sandsäcken verbaut.

In solchen Fällen baut man, von beiden Seiten der Bruchstelle gleichzeitig anfangend eine Einlage. Mit dem Fortschreiten des Baues werden die beiden Enden allmählich zusammengebracht, bis die Schliessung erreicht ist. Gleichzeitig werden die beiden Bruchenden des Deiches so stark gesichert, wie nur irgend möglich und der Untergrund wird durch stark gefüllte Sandsäcke oder auf andere Weise so weit, als erforderlich gegen Ausspülungen gesichert. Im allgemeinen verwendet man mehrere Reihen von Steinkisten oder Holzwänden, die gegenseitig fest mit einander verbunden werden und zwischen denen man dann die Zwischenräume mit Erde ausfüllt.

Alle Deichbrüche, die während eines Hochwassers entstehen, werden in der darauf folgenden Niedrigwasser-Periode geschlossen. In den früheren Jahren sind Deichbrüche entstanden, welche viele Tausende von Quadratmeilen überschwemmt und dabei ungeheuren Schaden angerichtet haben aber mit der allmählichen Verstärkung des Deichsystems werden auch die Schäden, die durch Deichbrüche verursacht werden, von Jahr zu Jahr wesentlich geringer.

Entwässerung durch die Deiche.

In vielen Fällen sind dringende Anträge auf Genehmigung der Durchführung von Gräben unter den Deichen gestellt worden, teils zur Entwässerung des Binnenlandes, teils zur Bewässerung von Reis-Plantagen. Solche Gräben haben sich als gefährlich erwiesen und sind häufig der unmittelbare Anlass zum Deichbruch gewesen, und daher ist die Anlage solcher Gräben verboten.

Zum Zweck der Bewässerung von Reisplantagen verwendet man jetzt Heber, die über den Deich hinweggehen und die Entwässerung des Binnenlandes erfolgt durch Gräben, die das Wasser nach rückwärts in die tiefer belegenen Teile am seitlichen Höhenrande ableiten.

In einem einzigen Falle durchkreuzt ein röhrenförmiger Durchlass den Deich. Er ist in Eisenbeton erbaut mit zwei cylindrischen Oeffnungen von 36 Zoll Durchmesser (0,91 m), welche an der Binnenseite offen sind, sodass bei Niedrigwasser eine Entwässerung nach dem Strome zu stattfinden kann, während sie in der Aussenseite durch Flügelklappen geschlossen werden, welche den Eintritt des Hochwassers verhindern.

Ausgaben für Deichbauten.

Die General Regierung der vereinigten Staaten hat für den Ausbau der Deiche in dem vorbeschriebenen Gebiet 20 Millionen Dollar aufgewendet (84 Millionen Mark).

Die verschiedenen Uferstaaten haben eine noch viel grössere Summe aufgewendet, die hauptsächlich durch steigende Abgaben von Grund Boden aber auch durch Abgaben von Erzeugnissen des Landes aufgebracht wird.

Die staatlichen Deichbauten werden durch die oberste Baubehörde geleitet, welche durch die Gesetze der verschiedenen Staaten anerkannt ist und die Ausführung erfolgt im allgemeinen in wesentlicher Uebereinstimmung mit den besonderen Angaben der einzelnen Regierung. Das Recht, die Deiche über Privatbesitz zu führen, ist von der staatlichen Baubehörde für alle Deiche erworben.

Die staatlichen Fonds werden vom Kongress bewilligt und werden unter Aufsicht der « Mississippi-Strom-Kommission » verwendet, welche mit der allgemeinen Verbesserung des Stromes beauftragt ist.

Einfluss der Deiche auf das Strombett.

Es ist eine allgemein verbreitete Ansicht, dass die Einschränkung des Hochwassers durch Deiche eine Hebung des Flussbettes hervorrufen und dass als natürliche Folge hiervon

die Höhe der Deiche andauernd vergrössert werden müsste. Der Verfasser hat es unternommen, dieser Frage an der Hand von Spezial-Aufnahmen nachzugehen, die sich auf 400 Meilen (644 km) Strom erstreckten und hat die Ergebnisse mit einer ähnlichen Aufnahme verglichen, die sich auf dieselben Tatsachen bezog, aber 20 Jahre früher erfolgt war.

Bei einem Strom, in dem sich das Bett infolge der wechselnden Wasserstände oder aus anderen Gründen andauernd verändert, wird man keine genauen Resultate erwarten können.

Aber bei einer so ausgedehnten Flussstrecke hätte sich die Tendenz zur Aenderung, wenn anders sie überhaupt vorhanden ist, klar erkennen lassen müssen doch kann ich konstatieren, dass sich eine allgemeine Erhöhung der Flusssohle nicht hat nachweisen lassen. Im Gegenteil die Niedrigwasserstände sind an einzelnen Stellen um mehre Fuss niedriger als früher, während die Wassertiefe ungeändert geblieben ist; dies beweist eine entschiedene Vertiefung des Flussbetts.

Ein Vergleich einiger weniger Querschnitte, angestellt an einem in Alluvium fliessenden Strom, um Aenderungen in der Höhenlage der Sohle nachzuweisen, kann nur zu Missdeutungen Anlass geben, zumal die Aenderungen unaufhörlich weiter wandern. Die Ausbuchtungen, an denen entlang die grössten Wassertiefen liegen, haben allgemein die Tendenz, stromab zu wandern und ihnen folgen die Flussübergänge und Untiefen ständig nach. Es ist klar, dass da, wo heute eine grosse Wassertiefe vorhanden ist, nach einer Reihe von Jahren eine Untiefe sein kann.

Während die Tiefen mit den Uebergängen abwechseln, bleiben sie in ihren Beziehungen zu einander konstant, weil eben die fortschreitende Bewegung andauert und die durchschnittlichen Resultate, welche man aus der Vergleichung von Querschnitten bekommt, die sich über ein Gebiet von mehreren hundert Meilen erstrecken, sind von grundlegender Bedeutung für die definitiven Schlussfolgerungen. Die bezüglichlichen Wasserständen, die auf den Vergleich Bezug haben, bedürfen ebenfalls des Berücksichtigung. Eine Aufnahme, die bei fallenden Wasser gleich nach Ablauf des Hochwassers genommen ist, wenn das Bett aussergewöhnlich hoch ist, wird zu völligen Trugschlüssen führen, wenn man sie mit einer Aufnahme vom Schluss einer Niedrigwasserperiode vergleicht.

Für die besten Resultate ist es notwendig, dass die Aufnah-

men, welche mit einander verglichen werden sollen, bei gleichartigen Niedrigwasserverhältnissen von gleicher Dauer aufgenommen werden, die gleichen Hochfluten in gleicher Weise gefolgt sind, sowohl bezüglich der Menge, wie auch bezüglich der Zeit, die nach Ablauf des Hochwassers verstichen ist.

In den Ergebnissen, die unter solchen Umständen gewonnen werden, müsste eine Aenderung in der Höhenlage der Sohle auch von nur geringer Bedeutung bestimmt in die Erscheinung treten.

In einer neueren Veröffentlichung des Verfassers über den Atchafalaya River (Transactions Am. Soc. C. E. Vol. LVIII, 1907) ist der sichere Nachweis geführt, dass Deiche die unmittelbare Ursache für die Verbreiterung und Vertiefung der Flussbetten sind. In diesem Falle zeigen die Resultate als Folgeerscheinung der Deiche einen Strom, dessen Querschnitte gleichmässiger und dessen Charakter beständiger geworden ist.

Ebenso sicher ist nachgewiesen, dass die Erbauung der Deiche am Red River ein ähnliches Resultat gehabt hat.

Rückstau an der Einmündung der Nebenflüsse.

Bis auf den heutigen Tag sind die Deiche noch nicht auf die Hauptnebenflüsse ausgedehnt, die zur Erleichterung des Abflusses am unteren Ende offen gelassen sind. Die Nebenfluss-Täler haben ein solches Gefälle, und sind in ihrem unteren Teil so schmal, dass der Teil, der vom Rückstauwasser bedeckt wird, nicht sehr gross ist. Kleinere Nebenflüsse giebt es nur wenige und die grösseren führen noch das Wasser mit ab, das ihnen von den unmittelbaren Uferrändern des Mississippi zugeleitet wird.

Die Teilung des Alluvialtales in die verschiedenen Becken erleichtert wesentlich dessen Schutz durch Deiche und die allmähliche Verbesserung.

Deiche an anderen Stellen.

Neben den in dieser Abhandlung beschriebenen Deichen besitzt allein der Staat Louisiana rund 421 Meilen (678 km) solcher Schutzbauten am Red River und den anderen Strömen

seines Staatsgebietes. Auch noch oberhalb des Ohio gibt es am Mississippi beträchtliche Deichlängen, die alle von den Grundeigentümern erbaut sind und unterhalten werden. Auch in Kalifornien sind zum Schutze gegen die Verwüstungen durch Hochwasser Deiche erbaut, zum Teil in sehr erheblichen Abmessungen. Hier ist einigen Fällen die Arbeit sehr erschwert durch ungeheure Mengen von Gesteinstrümmern, die durch Sprengarbeiten unter Wasser in die Ströme gebracht worden sind.

Die Salton Senke.

Eine in ihrer Art einzig darstehende Situation, die den Schutz einer Niederung gegen hereinbrechende Hochwassermassen erforderte, war die der Salton-Senke, welche westlich vom Colorado Strom an der Grenze zwischen Kalifornien und Mexiko belegen ist. (Siehe Plan 2.)

Vor vielen Jahrhunderten erstreckte sich der Golf von Mexiko etwa 150 Meilen (240 km) weiter landeinwärts als jetzt. Ungefähr 120 Meilen (193 km) von seinem nördlichen Ufer mündete in denselben der Colorado Strom, dessen reich mit Sinkstoffen beladenen Wassermengen sein Delta allmählich bis quer über den Golf ausbreiteten, sodass ein abgesonderter Binnenlandsee liegen blieb. In demselben verdunstete im Lauf der Zeit das Wasser und hinterliess eine Fläche von rund 4 000 Quadratmeilen (10 400 Quadratkilometer), von denen der grössere Teil tiefer liegt, als der Meeresspiegel und zwar bis zu 287 Fuss (87,5 m) tiefer.

Ohne Wasser war diese ungeheure Fläche eine trostlose Wüste, da der Landstrich nahezu völlig regenlos ist.

Die Ablagerungen des Colorado Stromes sind von grosser Mächtigkeit und zweifellos ergiebig genug, um fruchtbares Getreide hervorzubringen, wenn nur genügend Wasser zugeführt werden könnte.

Es wurden daher mit grosser Feierlichkeit Bauten in Angriff genommen, die einen Teil des Wassers für Bewässerungszwecke der Niederung aus dem Colorado Strom ableiten sollten. Der Boden, durch welchen der Kanal gegraben werden musste, war sehr leicht und wurde durch das durchströmende Wasser schon bei mässigen Geschwindigkeiten in Bewegung

gesetzt. Andererseits ist das Wasser des Stromes sehr reich an Sinkstoffen und jede Geschwindigkeitsverminderung ruft sofort Ablagerungen hervor, sodass sich die Kanäle und Gräben sehr rasch auffüllen. Trotzdem kamen die schliesslich auftretenden Schwierigkeiten, welche den ganzen Plan mit Zerstörung bedrohten und Leben und Eigentum von rund 12 000 Menschen in die äusserste Gefahr brachten, doch gänzlich unerwartet. Die Besiedelung des Gebiets nahm so ausserordentlich rasch zu, dass sich bald die Wasserzuführung als unzureichend herausstellte und im Frühjahr 1904 wurde für den Hauptzufuhrkanal eine neue Einmündung hergestellt. Aus dem Colorado Strom wurde ein Ableitungsgraben von 50 Fuss (15,3 m) Breite und 6 Fuss (1,83 m) Tiefe abgezweigt; Verschlüsse und Sicherheitstore sah man nicht vor.

Der Strom hat ein Niederschlagsgebiet von 225 000 Quadratmeilen (583 000 Quadratkilometer) und die Quellen, welche ihm ihr Wasser zuführen, liegen hoch im Gebirge. Die Wassermenge schwankt zwischen 3 500 Kubik-Fuss (99 cbm) sekundlich bei Niedrigwasser und 200 000 Kubik-Fuss (5 700 cbm) sekundlich bei höchstem Hochwasser; der Gehalt an Sinkstoffen ist ausserordentlich hoch.

An der Stelle, wo das Wasser nach der Niederung abgeleitet wird, liegt der Strom 130 Fuss (39,5 m) über dem Meerespiegel, d. i. ungefähr 400 Fuss (122 m) über dem tiefsten Punkt des Tals, oder der Salton-Senke, wie es genannt wird, während diese beiden Punkte weniger als 100 Meilen (161 km) von einander entfernt sind.

Das niedergehende Hochwasser des Jahres 1904, angezogen durch das übermässige Gefälle, riss die Ufer des Einlassgrabens mit beängstigender Schnelligkeit ein und vergrösserte in kürzester Frist seine Breite von 50 Fuss (15,3 m) auf 100 Fuss und seine Tiefe von 6 Fuss (1,83 m) auf 20 Fuss (6,10 m). In den nächsten 1 1/2 Jahren wurden fünf erfolglose Versuche gemacht, die Einstromung einzuschränken, während der Einlass unterdessen von Tag zu Tag grösser wurde, bis er eine Breite von 2 600 Fuss (793 m) erreichte und die ganze Wassermenge des Stromes in die Salton-Senke strömte und im Sommer 1906 das Wasser eine Fläche von über 400 Quadratmeilen (1 040 Quadratkilometern) in einer Tiefe von 40 Fuss (12,2 m) und mehr bedeckte. Der angerichtete Schaden war ungeheuer nicht allein infolge der Unterwassersetzung des Geländes sondern auch weil

das niederstürzende Wasser vielfach die Erdoberfläche beschädigte, ehe es die eigentlichen Kanäle erreichte und so grosse Auskolkungen hervorrief. (Siehe Plan 2.)

Die grösste Auskolkung oder Einriss war bei einer Breite von 1 300 Fuss (397 m) bis zu einer Tiefe von 80 Fuss (24,4 m) ausgerissen mit einem senkrechten Steilabfall, der sich während seines Entstehens täglich bis zu 4 600 Fuss (1 400 m) stromaufwärts verlegte. Dies war der gefährlichste Umstand der ganzen Situation, denn es steht fest, dass wenn der Steilabfall den eigentlichen Strom erreicht hätte, eine Wiederumleitung des Stromes in sein altes Bett unausführbar geworden wäre und das ganze Tal dann dem Untergange hätte geweiht werden müssen.

So lagen die Dinge, im August 1906, als die Verwaltung der Southern Pacific Railway wirksame Massregeln zu ergreifen begann, um das Wasser wieder durch das jetzt auf 75 Meilen (120 km) trocken liegende Bett des Colorado Stromes in den Golf von Kalifornien zu leiten. Ungefähr 40 Meilen (64 km) des Eisenbahngleises waren überschwemmt, die doppelte Länge war bedroht und der Verkehr im Tal völlig darnieder. Hieraus erklärt sich das Interesse der Eisenbahn an der Angelegenheit.

Ungefähr um die Zeit, als mit dem Bau der Abschlusswerke begonnen werden sollte, nahm der Verfasser in dienstlichem Auftrage eine Besichtigung der Oertlichkeit vor und suchte die Gegend auch 4 Monate später nochmal wieder auf.

Der zur Ausführung bestimmte Entwurf, sah einen kräftigen Steindamm vor, quer durch den neuen Kanal, indem man sich auf einen Nebendurchlass mit Sicherheitstoren verliess, der imstande war, das Niedrigwasser abzuführen, bis der eigentliche Damm fertig gestellt war. Dann sollten die Tore geschlossen werden und das Wasser wieder in sein eigentliches Bett geleitet werden.

Ungefähr 2 000 Fuss (610 m), der trockene Teil des Bettes, erforderten nur einen einfachen Erddamm. Der stromführende Kanal, 600 Fuss (183 m) breit, wurde durch einen Steindamm abgeschnitten, der auf eine Matratze von 100 Fuss (30,5 m) Breite und 18 Zoll (0,46 m) Stärke gesetzt wurde. Auf einer Rüstung wurde ein Schienenstrang in solcher Höhe übergeführt, dass bis zur höchsten erforderlichen Höhe das Baumaterial aus den Eisenbahnwagen abgestürzt werden konnte.

Der Wagenpark der Southern Pacific Eisenbahn wurde in riesigen Umfange herangezogen und das Baumaterial, grober Kies und Steine, wurde mit ungeheurer Schnelligkeit in riesigen Menge eingebracht. Alle erreichbaren Steinbrüche in 400 Meilen Umkreis lieferten Steine, die durch eine Armee von Menschen herausbefördert wurden. Hunderte von Gespannen und mehr als Tausend Menschen wurden in unmittelbarer Nähe des Dammes angeworben und das Werk wurde tatsächlich in bewunderungswürdiger Weise in kürzester Frist fertig gestellt.

Kies und Steine wurden so lange verstürzt, bis der Wasserspiegel sich oberhalb des Dammes um 6 Fuss (1,83 m) gehoben hatte und das ganze Wasser floss durch den Nebendurchlass und durch das Rock-wood-Loch ab. Der Erfolg schien sicher, aber ein schwaches Ansteigen des Stromes zusammen mit einer durch schwimmendes Treibwerk verursachten Verstopfung des Rock-wood-Loches und mit Ausspülungen am Neben-durchlass, wogegen man keine Sicherheitsmassregeln vorgesehen hatte, machte sich in beängstigender Weise bemerkbar. Man machte einen Versuch, ihm entgegenzutreten, indem man oberhalb des Loches Steine verstürzte. Während dies vor sich ging, hob sich plötzlich am Rock-wood-Loch ein Stück von 120 Fuss (36,6 m) und wurde weg gespült und in kurzer Zeit war der Strom aller Fesseln ledig und nahm ungehindert seinen Weg zur Salton-Senke. Dies alles kann völlig unerwartet und alle diejenigen, die an verantwortungsvoller Stelle standen und die so fest auf einen guten Erfolg gehofft hatten, waren nun völlig entmutigt.

Der Kanal, durch welchen der Damm nahezu fertig gestellt war, lag trocken und die Aufgabe der Schliessung war in den Neben-Durchlass verlegt.

Mit aller Kraft wandte man sich seiner Schliessung zu unter Verwendung dreier paralleler Steindämme, von denen jeder einen Teil des Wasserdrucks aufnahm. Sie nahmen allmählich an Höhe zu, während das Wasser durch einen neuen Neben-Durchlass abgeführt und über den eigentlichen Damm geleitet wurde. Dann wurde mit einem ausserordentlichen Aufwand an Energie die ganze Linie in Eins hochgebracht und am vierten Tage des Monats November 1906 begann das Wasser wieder in seinen alten Flussbett dem Golf von Kalifornien zuzufliessen und zwanzig Tage später war die Schliessung vollendet.

Bei Ausführung dieser Arbeit wurden gewaltige Mengen von Material bewegt. Zweihundert und fünfzig Eisenbahnwagen-

ladungen Steine per Tag waren keine ungewöhnliche Tagesleistung. Die Steine kamen an auf flachen Waggons und einzelnen Blöcke waren so gross, dass sie nicht von Hand bewegt werden konnten; sie wurden dann, wie sie auf den Waggons lagen, mit Dynamit gesprengt.

Die in Beton zu erbauenden Wasserentnahmestellen waren in Auftrag gegeben und das Kaiser-Tal wurde wieder in richtiger Menge mit Wasser versehen. Vom Oberhaupt bis zum Damm und noch ein beträchtliches Stück weiter abwärts wurden die Deiche verstärkt, damit das Hochwasser nicht die natürlichen Ufer überströmen sollte.

Der sechste Versuch der Schliessung war augenscheinlich mit Erfolg gekrönt und grosse Freude herrschte unter der Bevölkerung des Kaiser-Tals, deren Schicksal länger als zwei Jahre wie das Zünglein der Wage geschwankt hatte.

Aber ihnen sollten wiederum Enttäuschungen zuteil werden. In weniger als einem Monat hat der Strom noch einmal sein altes Bett verlassen und den bequemeren Weg zur Salton-Senke eingeschlagen.

Ein neuer Durchbruch bildete sich ungefähr 1200 Fuss (366 m) südlich vom Ende des Dammes. Dieser Bruch muss offenbar der mangelhaften Ausführung des Deiches zugeschrieben werden. Bei einem Wasserstand von kaum mehr als einem Fuss über der natürlichen Bodenoberfläche bildeten sich mehrere Durchsickerungen unter dem Deich durch den gewachsenen Boden und bevor man noch Massregeln ergreifen konnte, das Durchfliessen zu verhindern, gaben der Boden und der Deich nach und wiederum war der Strom seinem Bändiger entsprungen und nahm seine Arbeit — die allmähliche Erhöhung der Salton-Senke — wieder auf.

Als Baugrund für einen Deich ist der Boden äusserst unzuverlässig, da er porös ist und voller Spalten, Risse und angetriebener Stoffe.

Bis jetzt hatte man den Deich nicht als wesentliches Erfordernis für den Erfolg der Schliessung angesehen und hatte genügende Sorgfalt bei der Vorbereitung des Baugrundes und dem Bau des Deiches selbst nicht verwendet. Der Dichtungsgraben war zu klein und nicht tief genug, um den gefährlichen Boden zu durchschneiden und die Pütt-Gruben binnenseits des Deiches waren entschieden verfehlt.

Inzwischen stand zur Schliessung der Bruchstelle nur ein kleiner Teil der Niedrigwasser-Periode zur Verfügung; die Verwaltung, der Wagenpark und der Kredit der Southern Pacific Railway kamen wieder zur Hülfe und man begann sofort mit dem siebenten Versuch, den Colorado Strom durch sein altes Bett zum Golf von Kalifornien zu leiten.

Der Bau wurde unter vielfachen Schwierigkeiten ausgeführt. Unerwartete Hochfluten in einer Menge bis 30 000 oder 50 000 Kubik-Fuss sekundlich (850 bis 1 445 cbm) zerstörten das Gerüst zu vier verschiedenen Malen, aber schliesslich wurde das untere Gerüst fertig gestellt und 50 Fuss (15,3 m) höher wurde ein zweites Gerüst hergestellt, quer über die Bruchstelle. Eifrig wurde mit dem Abstürzen des Materials von dem unteren Gerüst begonnen und in 14 Tagen und 6 Stunden war der ganze Steindamm vollendet und wiederum strömte am 14. Februar 1907 der Colorado River seewärts durch sein altes Bett und der Einbruchslauf zur Salton-Senke lag so gut, wie trocken.

Während der ersten 12 Stunden dieser Arbeit wurden 7 000 Kubik-Yards (5 352 cbm) schwere Felsblöcke in den Damm eingebracht und im ganzen waren 2 200 Waggonladungen an Material erforderlich, um ihn zu vollenden. Der Damm ist nicht auf eine Matratze gesetzt worden; man vertraute auf die Möglichkeit, des Material so fest zu schütten, dass Sackungen die Vollendung des Baues nicht wesentlich verzögern würden. Der Damm hielt einen Wasserdruck von 13 Fuss (4 m) aus, bevor der Strom in sein altes Bett geleitet wurde, dessen Sohle vielfach höher lag, als die Sohle des Einbruchs wegen der tieferen Lage des letzteren Kanals entsprechend dem viel grösseren Gefälle zur Salton-Senke. Während der Bauausführung schwankte die Wassermenge zwischen 15 000 und 20 000 Kubik-Fuss sekundlich (425 bis 556 cbm).

Die Wiederherstellung des Deiches, wie auch die Beseitigung der Fehler, die sich bei dem früheren Durchbruch gezeigt hatten, ist zu Ende geführt und während ich dies niederschreibe (Juni 1907) steht der ganz Bau unversehrt da und der Colorado Strom folgt seinem natürlichem Bett bis zum Golf von Mexiko.

Man sagt, dass über zwei Millionen Dollar (8 400 000 M) ausgegeben worden sind, um dieses Ziel zu erreichen und dass der Schaden an Pflanzungen und Häusern ein ungeheueres Summe erreicht.

Dieser sehr kurze Bericht über eine so aussergewöhnliche Bauausführung erscheint berechtigt in Verbindung mit der grösseren Aufgabe der Eindeichung des Mississippi infolge der bemerkenswerten dabei in die Erscheinung tretenden physikalischen Eigenschaften.

Die Beschränkungen, welche der Länge dieses Berichtes auferlegt sind, haben den Verfasser gehindert, sich in sorgfältige Erörterung des Baues einzulassen.

Es ist jedoch der Versuch gemacht, über die wesentlichen Aufgaben einen zuverlässigen Bericht zu geben, die mit den Bauten zum Schutz der Niederungen gegen Ueberschwemmung zusammenhängen, in der Hoffnung dass er einigen Wert für diejenigen haben mögen, die sich mit ähnlichen Aufgaben befassen müssen.



(Gez.) I.-A. OCKERSON.





To accompany paper on "Protection of Low Regions against the Invasions of Waters" prepared for the Eleventh International Congress of Navigation by J. A. Ockerson, Member Mississippi River Commission.

NOTE.

Areas subject to overflow are shown thus:  Levees are shown by full black lines. Railroads are shown thus:  R.R.

THE ALLUVIAL VALLEY OF THE LOWER MISSISSIPPI RIVER
SHOWING AREAS SUBJECT TO OVERFLOW AND LEVEES WHICH PREVENT INUNDATION

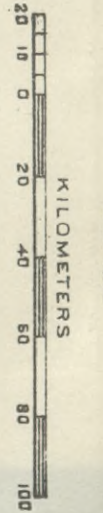
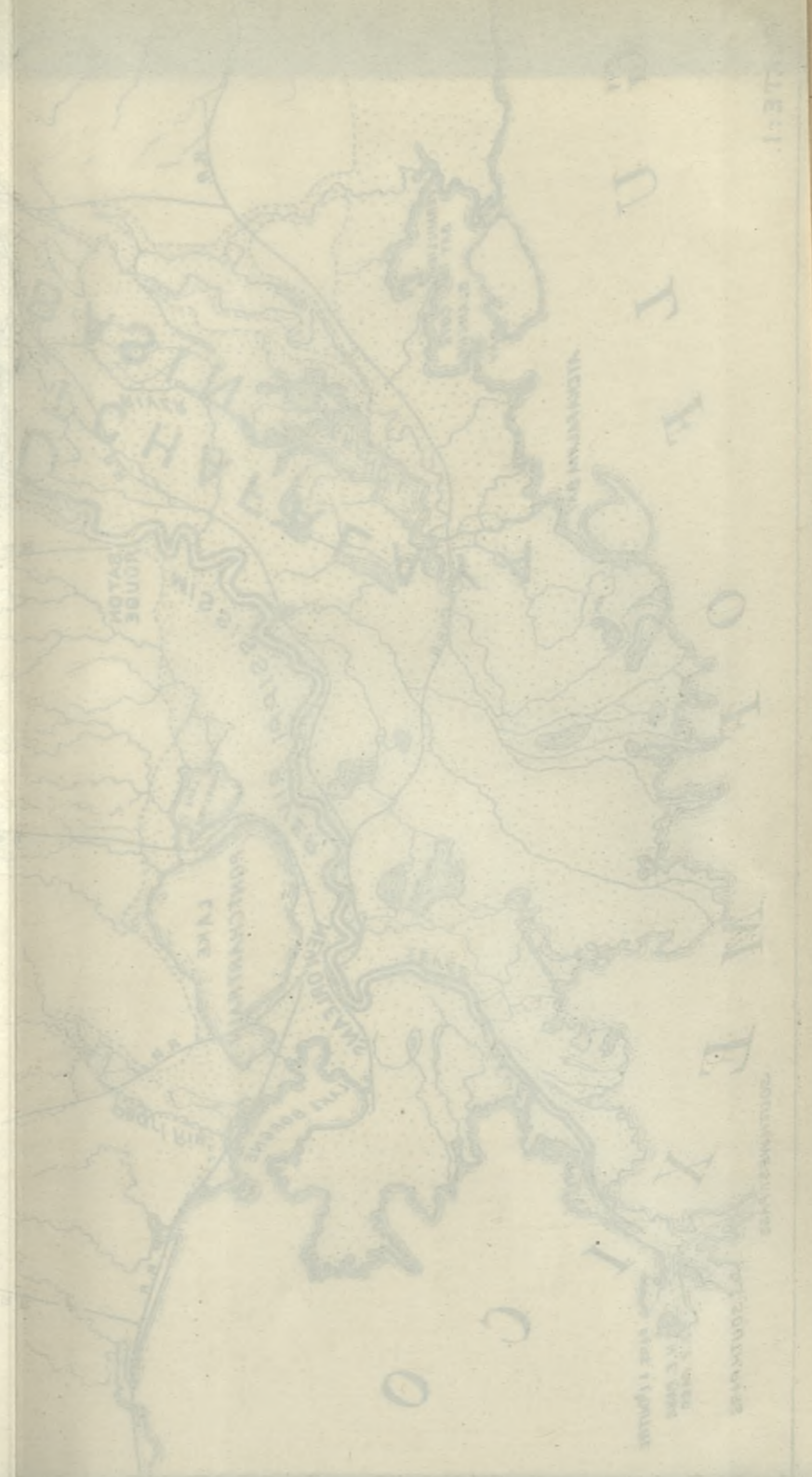


PLATE: I.

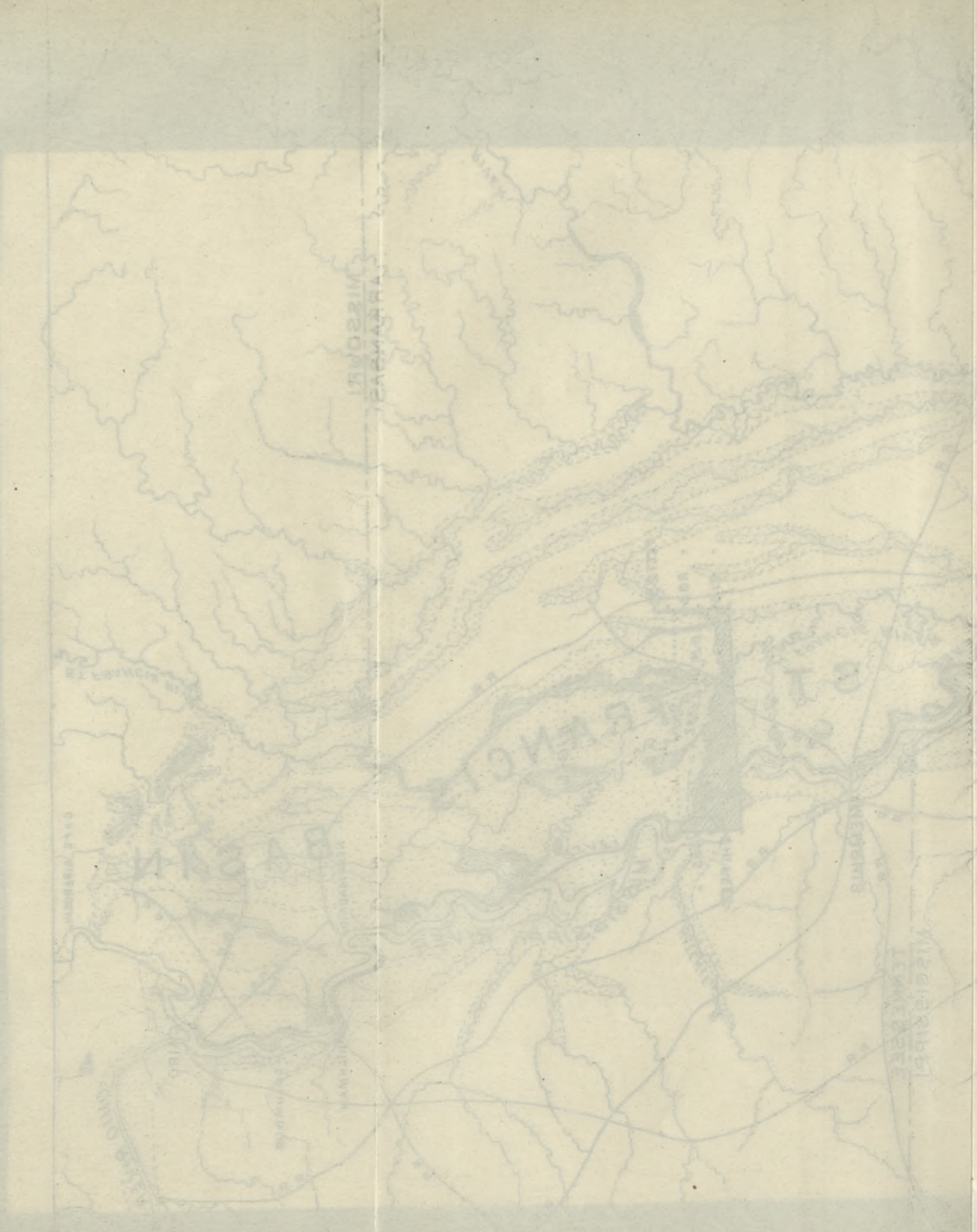
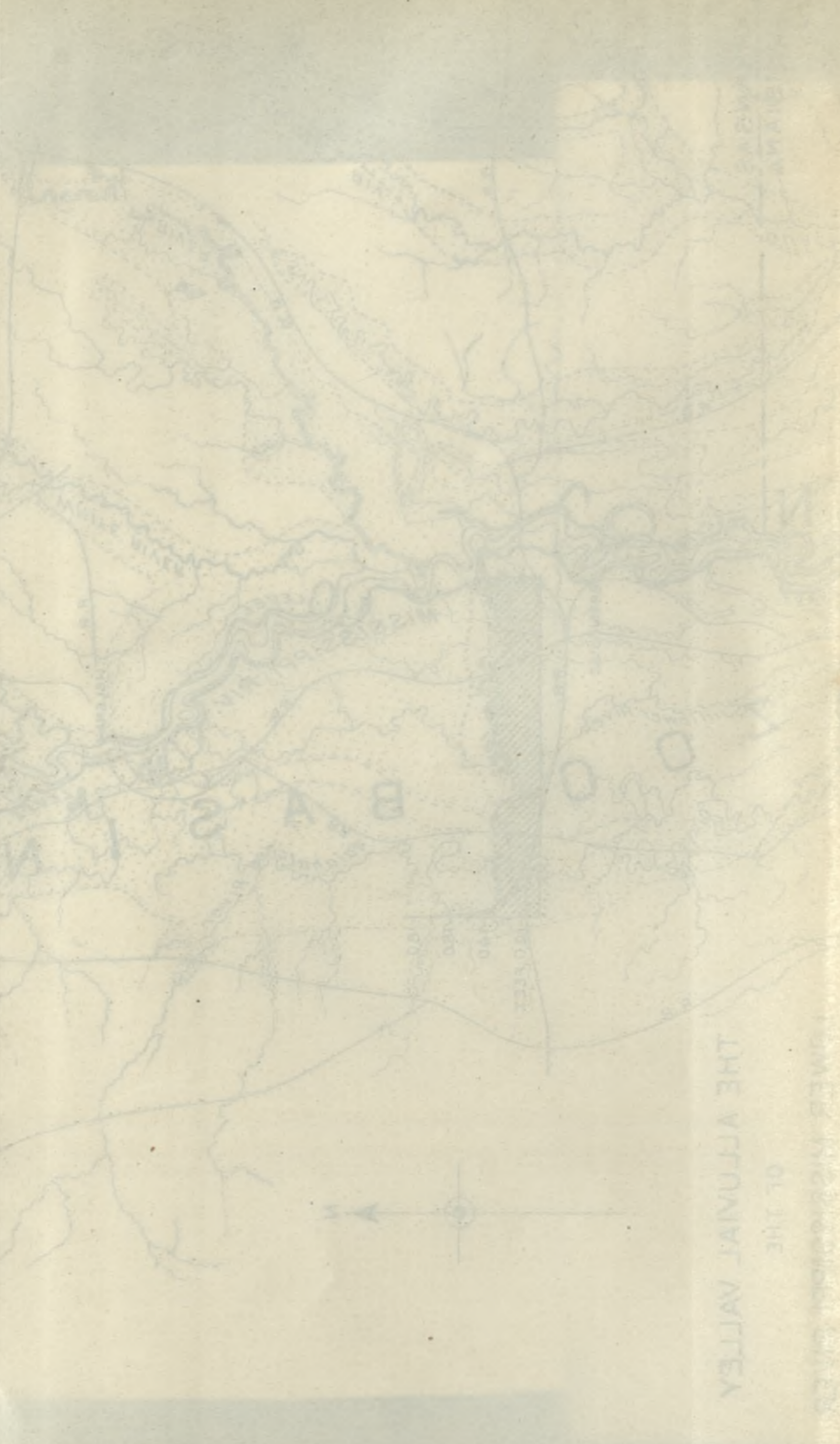
1000.00



U.S. GEOLOGICAL SURVEY
 J. A. GARDNER, Member Mississippi River Commission,
 Director International Congress of Navigation by
 Steam, the Working of Waters prepared for the
 International Board on Protection of Low Rivers.
 Boundaries are shown by full black lines.
 Rivers are shown by blue lines.
 Areas subject to overflow are shown
 with dotted lines.
 NOTE.

SCALE
 1:50,000
 METERS
 1:100,000
 KILOMETERS

THE ALLUVIAL VALLEY
 OF THE
 MISSISSIPPI RIVER



XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt

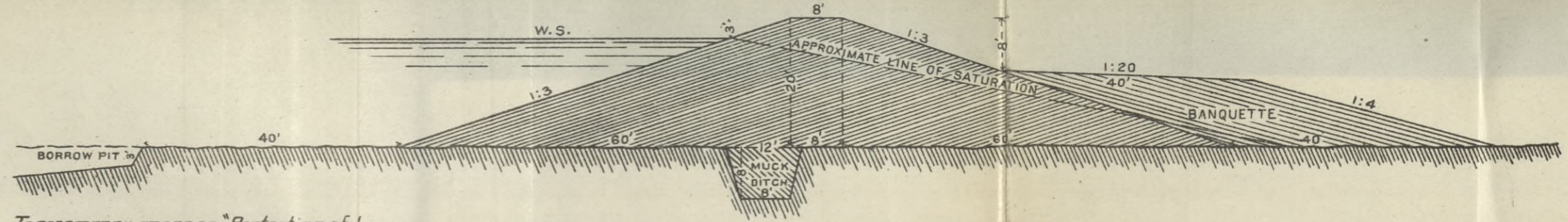
5. Frage

BERICHT

VON

J. A. OCKERSON

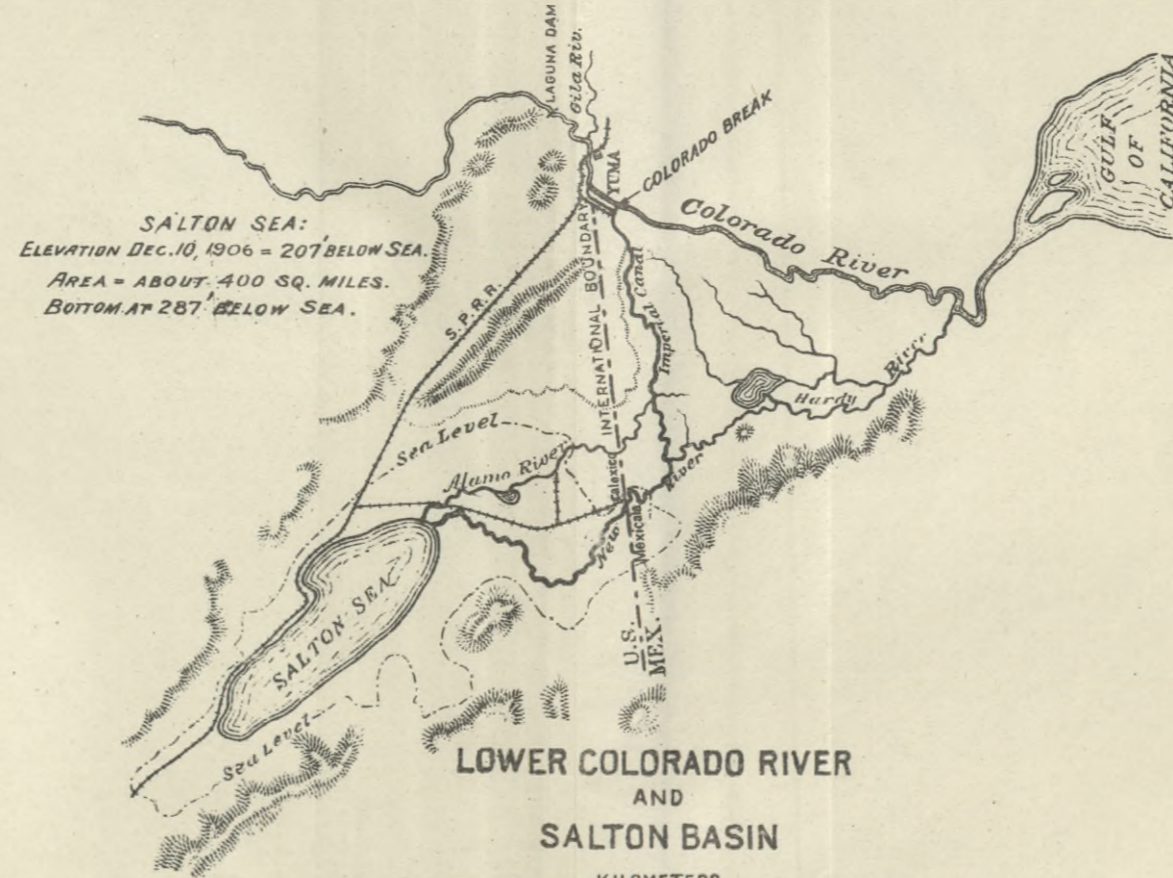
BLATT II



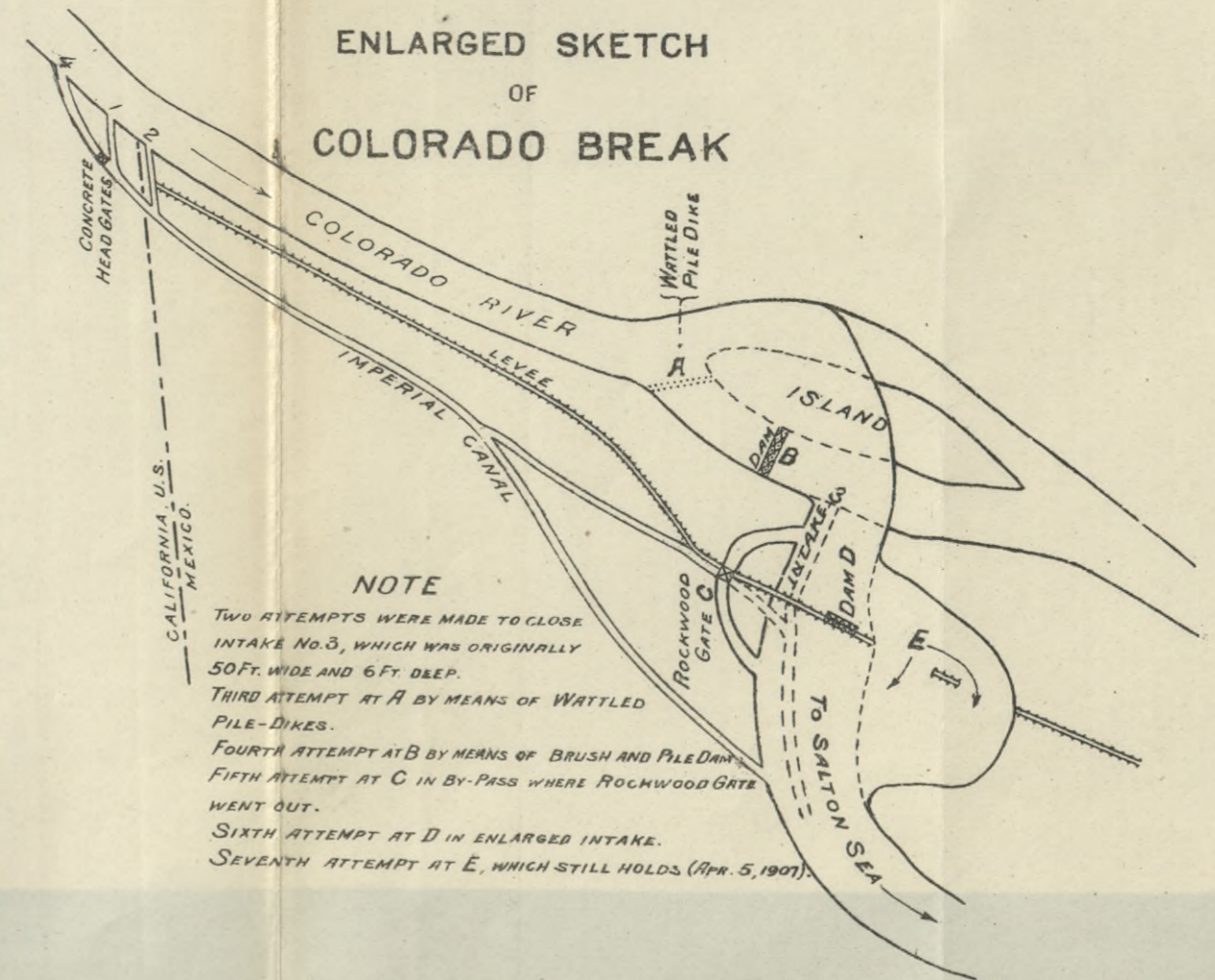
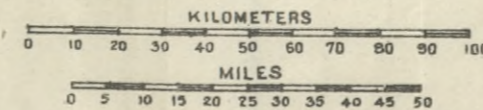
CROSS SECTION OF STANDARD LEVEE.

To accompany paper on "Protection of Low Regions against the Invading of Waters" prepared for the Eleventh International Congress of Navigation by J. A. Ockerson.

PLATE: 2



LOWER COLORADO RIVER AND SALTON BASIN



ENLARGED SKETCH OF COLORADO BREAK

NOTE
TWO ATTEMPTS WERE MADE TO CLOSE INTAKE No. 3, WHICH WAS ORIGINALLY 50 FT. WIDE AND 6 FT. DEEP.
THIRD ATTEMPT AT A BY MEANS OF WATTLED PILE-DIKES.
FOURTH ATTEMPT AT B BY MEANS OF BRUSH AND PILE DAM.
FIFTH ATTEMPT AT C IN BY-PASS WHERE ROCKWOOD GATE WENT OUT.
SIXTH ATTEMPT AT D IN ENLARGED INTAKE.
SEVENTH ATTEMPT AT E, WHICH STILL HOLDS (Apr. 5, 1907).

