

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

II. Abteilung : Seeschifffahrt
3. Frage

Bau der Häfen an sandigen Küsten

BERICHT

VON

L. F. VERNON-HARCOURT

Civil Engineer

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

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

169, rue de Flandre, 169

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299876



11-348755

~~18841~~

Über Bau und Erhaltung von Seehäfen

AN SANDIGEN KÜSTEN

An sandigen Küsten fällt der Strand gegen die See hin nur ganz allmählich ab, das eigentliche « tiefe Wasser » beginnt folglich erst in weit grösserer Entfernung vom Ufer, als an felsigen und Steilküsten; zudem verlegen zuweilen Sandbänke, wenn sie auch dem Ufer einen gewissen Schutz gewähren, doch mehr oder weniger die Zufahrt zum tiefen Wasser, das gewöhnlich erst hinter ihnen beginnt.

Häfen und Hafenanlagen an sandigen Küsten lassen sich in drei Klassen einteilen, nämlich : 1. Lagunen-Häfen, wie Venedig, Poole und einige südafrikanische Häfen; 2. Molen-Häfen, Beispiele für solche finden sich an den Kanal- und Nordsee-Küsten von Frankreich und Belgien; 3. Küsten-Häfen mit dem Zweck, entweder geschützte Liegestellen für Schiffe zu gewähren, wie Boulogne und Madras, oder geschützte Einfahrt in Seekanäle zu bieten, wofür Port Said und Ymuiden als Beispiele gelten können, während Seebrücken beiden Zwecken zugleich dient.

I. — Lagunen-Häfen.

Eine Lagune besteht im Wesentlichen in einer unter dem Flutniveau liegenden ausgedehnten Fläche, die von der See nur durch einen schmalen Streifen Landes getrennt ist. Eine oder mehrere Durchbrechungsöffnungen in diesem Landstreifen gewähren der Flut Eintritt und Austritt. Ist die von der Lagune bedeckte Fläche besonders gross, oder liegt gar ein grosser Teil davon nahezu auf Niedrigwasser-Niveau oder darunter, so erzeugt schon eine geringe Fluthöhe eine starke Durchströmung der Füllungs- und Entleerungsöffnungen, sodass als Folge der

Alc. Nr. 1608/52

BPA-B-340/2017

kräftigen Spülwirkung der Gezeitenströmung sich an jenen Stellen tiefe Rinnen bilden. Der Ausflusstrom nimmt jedoch bald an Geschwindigkeit ab, wenn er auf die trägen Wassermassen der See ausserhalb der Lagune auftrifft; ausserdem bildet sich stets unter der Einwirkung der Wellen auf ein sandiges Ufer in der vorherrschenden Windrichtung längs der Küste eine Treibsandströmung, die eine ununterbrochene Sandablagerung quer vor der Auslassöffnung der Lagune zu erzeugen sucht, sodass sich schliesslich eine Sandbarre vor dieser lagert, welche die nutzbare Tiefe des die Zufahrt vom Meere zur Lagune vermittelnden Kanals verringert. Auch die innerhalb der Lagune vorhandenen Fahrrinnen besitzen zwar nahe deren Auslassöffnungen genügende Tiefe, werden jedoch nach dem Innern der Lagune zu immer flacher, je mehr sich die durch die Auslassöffnung fliessende konzentrierte Strömung nach dem Innern zu ausbreitet. Diese inneren Kanäle jedoch, deren Bildung und Erhaltung in ihrem oberen Teil auf die in die Lagune mündenden Flüsse und Abflüsse zurückzuführen ist, kann man innerhalb der geschützten Lagunenfläche mühelos ausbaggern, um den Schiffen die Zufahrt zu den an den Binnenküsten der Lagune gelegenen Häfen zu erleichtern.

Die Entstehung der Lagunen wird im allgemeinen auf die anschwellende Tätigkeit des Meeres und das ihm innewohnende Bestreben, seichte abgeschlossene Buchten durch in der Einfahrt gebildete Querbarren gänzlich zu verschliessen, zurückgeführt. Dieser Tätigkeit wird nur an einigen vergleichsweise schmalen Oeffnungen durch die nach aussen gerichtete Strömung der in die Lagune abfliessenden Süsswasser unter Beihilfe der Gezeitenströmung ein Ziel gesetzt. Der Wert der Lagune für die Schifffahrt hängt aber von der Gezeitenströmung ab, und diese wieder ist abhängig von ihrer auf ihrer Grösse beruhenden Flut-Aufnahmefähigkeit (Kapazität), von ihrer durchschnittlichen Tiefe und der Fluthöhe des Aussenmeeres; vorausgesetzt, dass die Kapazität nicht durch Treibsandan-schwemmungen beeinträchtigt wird und die Auslässe nur in beschränkter Zahl und Grösse vorhanden sind, damit die Kraft der die Ausfahrinne offenhaltenden Strömung sich nicht zu sehr verzettelt. Solche Lagunen bilden, dank dem sie an der Seeseite schützenden Dünen- und Uferstreifen, ausgezeichnete Schutzhäfen und die zu ihrer Erhaltung und Verbesserung erforderlichen Massnahmen sind : Verhinderung aller Schäd-

gungen durch Versandung, tunlichste Ausschliessung der zur Treibsandbildung führenden Ursachen, Schutz des schmalen äusseren Küstenstreifens gegen Durchbrechung durch stürmische See und daraus folgende Entstehung zusätzlicher Auslassöffnungen, und Austiefung des vor der Auslassöffnung die Barre durchsetzenden schiffbaren Kanals; daneben Erhaltung und Vertiefung aller zu Häfen führenden inneren Kanäle.

Offenbar sind Landanschwemmungen in einer als Hafen dienenden Lagune den Interessen der Schifffahrt äusserst nachteilig, indem sie die Flutkapazität der gesamten Lagune verringern. Auf der andern Seite wirken jedoch alle in die Lagune fliessenden Flüsse, soweit sie völlig triebandsfrei sind, der allgemein bei den Lagunen vorhandenen Neigung, zu versanden, entgegen, indem sie die Auslassströmung durch die von ihnen geführten Süswassermengen verstärken. Diese allmähliche Versandung rührt davon her, dass die Flut mehr Sand einschwemmt, als sie nachher beim Zurücktreten zu entfernen im Stande ist. Führen die in die Lagune mündenden Flüsse jedoch viel Sand mit sich, so kann eine Ablenkung dieser Flüsse zwecks Erhaltung der Flutkapazität der Lagune immerhin von Vorteil sein. Die äussere Landzunge, deren Entstehung der von dem Wellenschlag herrührenden Sandablagerung am Gestade sowie den von den vorherrschenden Winden dem Ufer entlang getriebenen Sandmassen zuzuschreiben ist, kann bei starken Stürmen von der See durchbrochen werden, der vor allem sie ihre Entstehung verdankt; oder es kann eine Veränderung in der Sachlage zur allmählichen Zerstörung der Landzunge führen. Der schmale Küstenstreifen muss daher in gewissen Fällen durch Buhnen, Steinschüttung oder Abdeckung der Böschung geschützt werden, ähnlich, wie es gewöhnlich bei Meeresküsten, die der Erosion ausgesetzt sind, zu geschehen pflegt. Das Ausbaggern der inneren Kanäle der Lagune im Verein mit der Verbesserung der Zufahrt zu ihren Häfen hat den Vorteil, die Flutkapazität der Lagune zu erhalten und zu vermehren. In welcher Art und Weise der Kanal vertieft werden muss, der die vor der Auslassöffnung liegende Barre durchschneidet, das hängt von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen ab; im allgemeinen geschieht es jedoch in der Weise, dass man die über diese Sandbarre hinweggehenden Flutströme durch Parallel-Leitdämme konzentriert, die sich zu beiden Seiten des Auslasses bis zur Erreichung ausreichender Tiefe

in die offene See hinein strecken. Durch diese Leitdämme erzielt man eine verstärkte und vermehrte Spülwirkung, die, unterstützt durch Baggerung, die Barre abträgt. Führen jedoch diese Leitdämme dadurch, dass sie die Uferströmung unterbrechen und stören, eine Abbröckelung des Gestades an ihrer Seeseite herbei, so muss dem durch Anlegung von Schutzwerken entgegengewirkt werden.

Dieses sind die allgemeinen Grundsätze, nach denen bei der Verbesserung der Lagunenhäfen vorgegangen werden muss; die nun folgende Einzeldarstellung der bei drei typischen Lagunen verschiedener Gegenden ausgeführten Arbeiten soll die Art dieser Arbeiten und die durch sie erzielten Erfolge beleuchten.

Lagunenhafen von Venedig.

Der Hafen von Venedig liegt in einer Lagune, die sich über eine Ausdehnung von etwa 33 englischen Meilen (53 km) längs der Küste des Adriatischen Meeres erstreckt und eine Breite von $9 \frac{1}{3}$ Meilen (15 km) hat. Von dieser Fläche liegen 107 Quadratmeilen (27 680 Hectar) so tief unter Hochwasser-Niveau, dass sie für die Flutkapazität der Lagune ausschlaggebend sind; die Aequinoctial-Springflut erreicht an diesem Küstenstrich $2 \frac{1}{4}$ Fuss (0,7 m) Höhe (1). Die Lagune steht mit dem offenen Meere durch die drei Oeffnungen von Lido, Malamocco und Chioggia in Verbindung, die den langen die Begrenzung gegen die See hin bildenden Sanddünen-Gürtel unterbrechen. Infolge der bedeutenden Sinkstoff-Mengen, welche die Flüsse Piave, Sile, Brenta und Bacchiglione von den Alpen mit sich herab führten, wurden diese Ströme, die früher in die Lagune mündeten und deren Flutkapazität schmälerten, zu verschiedenen Zeiten nördlich und südlich der Lagune abgelenkt und direct ins Meer geleitet. Die Schifffahrts-Aufsichtsbehörden haben schon von jeher die Landanschwemmungen innerhalb der Lagune bekämpft, neuerdings sind jedoch eingreifendere Massregeln zur Verhinderung einer weiteren Beeinträchtigung der überfluteten Fläche getroffen worden. Den Küstenstreifen der

(1) *Ports maritimes de l'Italie*. MAILAND, S. 269-275, sowie *Proc. Inst. Civ. Eng.* Band CLXVI, S. 351-358 und Tafel 6.

Lagune suchte man schon in alten Zeiten gegen die zerstörende Wirkung der Meereswellen bei Stürmen an den am meisten gefährdeten Stellen längs beträchtlicher Strecken zu schützen, und zwar in früheren Perioden durch Holzconstruktionen, in neuerer Zeit durch Dämme, abgedeckte Böschungen und Ufermauern, gelegentlich auch durch Anlage von Strandbuhnen. Diese Schutzbauten haben die Durchbrechung der schmalen Verschlussbarre durch neue Oeffnungen verhindert, deren unausbleibliche Folge ein Versanden der vorhandenen Auslasskanäle infolge teilweiser Zerstreung der Flutströmung auf neue Oeffnungen hätte sein müssen.

Der Lido-Auslass liegt Venedig am nächsten; ein besserer Fahrkanal führte jedoch vom Hafen zu der mittleren Auslassöffnung von Malamocco, welche früher auch tiefer war, als die von Lido, da bei letzterer die Flutströmung durch drei einander etwas im Wege stehende Kanäle ging. So wurde also zuvörderst mit der Austiefung des Kanals von Malamocco begonnen, indem man in den Jahren 1839 bis 1872 nach und nach zwei massive einander parallel laufende Leitdämme — von der Küste aus bis zu einer Tiefe von 29 Fuss (8,8 m) bei Niedrigwasser ins Meer hinein reichend — auführte. Der nördliche dieser beiden Leitdämme wurde weiter herausgeführt, als der andere, in der Absicht, den Auslass von der durch die vorherrschend nordöstliche Windrichtung mehr nach Süden gerichteten Uferströmung frei zu halten. Durch diese Ausführungen wurde die nutzbare Tiefe des Auslasses über der Verschlussbarre von $10 \frac{1}{2}$ Fuss (3,2 m) auf 29 Fuss (8,8 m) bei Niedrigwasser gebracht.

1882 begann man mit der Aufführung zweier massiver Leitdämme zur Vertiefung des Auslass-Kanals von Lido. Die beiden Dämme waren an ihrer Ausgangsstelle in so weitem Abstand von einander, dass sie die drei zusammentreffenden Kanäle einschlossen, rückten aber weiter nach der See hin näher aneinander und drängten die drei Kanäle zu einem einzigen zusammen, der durch parallele Weiterführung der Dämme über die Barre hin bis zum tiefen Wasser verlängert wurde. Dadurch hatte man 1905 die nutzbare Tiefe von 8 Fuss (2,4 m) auf $21 \frac{1}{4}$ Fuss (6,5 m) bei Niedrigwasser vergrößert. Da der Kanal zwischen den Leitdämmen an einzelnen Stellen bereits auf eine Tiefe von 31 Fuss (9,4 m) unter Ebbeniveau ausgewaschen worden ist, so ist anzunehmen, dass der durch die

Vervollständigung des Dammbaues immer mehr verstärkte Spülstrom durch Baggerung unterstützt eine nutzbare Tiefe von etwa 30 Fuss (9 m) erreichen lassen wird. Durch diese Werke und durch die gleichzeitige Ausbaggerung des Kanals zwischen Venedig und Lido wird der Hafen eine ganz directe ausreichend tiefe Kanalverbindung mit dem Meere erhalten.

Die Vertiefung der Einfahrten und der Haupt-Zugangskanäle für Venedig durch konzentrierte Flutströmung und Baggerung, sowie auch die Offenhaltung und Ausbaggerung der zu den minder bedeutenden Häfen der Lagune führenden Fahrinnen tragen zur Erhaltung und auch Vergrösserung der Flutkapazität der Lagune bei, indem dadurch die Einströmung der Flutgewässer erleichtert wird, und die sonst zur Verkleinerung des Flutbeckens führenden Ablagerungen entfernt werden. Bei Verfolgung der vorbeschriebenen Methode der Vertiefung des über die Barre führenden Kanals durch konzentrierten und verstärkten Spülstrom ist es stets von Vorteil, wenn die so erzielte Tiefe noch durch Baggerungen vergrössert wird, da die einmal vorhandene Tiefe, welche der Spülstrom zu *erhalten* vermag, etwas grösser ist, wie die, welche er ohne äussere Beihilfe zu *erzeugen* im Stande ist.

Hafen von Poole.

Der alte Hafen von Poole, in Dorsetshire, an der Südküste von England, einige Meilen westlich der Insel Wight, ist ein ausgedehntes sehr ungleich wasserbedecktes Becken von etwa 6 Meilen (9,6 km) grösster Länge und 5 Meilen (8 km) grösster Breite. In dieses Becken münden die Flüsse Frome und Trent; es wird im südlichen Teil seiner Südost-Begrenzung durch eine die Studland-Bai begrenzende Landzunge vom Meere getrennt, im nördlichen Teil derselben durch einen schmalen Sanddünen-Streifen, der als «die Sandbänke» bezeichnet wird. Am südlichen Ende der Sandbänke befindet sich der nach Südost gerichtete an der Westküste der Bai liegende Eingangskanal. Ein grosser Teil des Hafens läuft bei Niedrigwasser trocken und Wasser behalten nur einige in die Sandbarren eingeschnittene nach Poole und verschiedenen anderen Plätzen am Rand der Lagune führende Kanäle. Steigt jedoch bei Springfluten das Flutniveau auf 6 1/2 Fuss (2 m), so geht

bei jedesmaliger Füllung und Entleerung des geräumigen Flutbeckens eine kräftige Flutströmung durch die Eingangsöffnung. Der Auslass, der bei Hochwasser etwa 1 270 Fuss (387 m) und bei Niedrigwasser 700 Fuss (213 m) breit ist, ist auf eine Maximaltiefe von 48 Fuss (14,6 m) unter Ebbeniveau ausgespült, die durch die Studland-Bai führende Fahrrinne wird jedoch in etwa 2 Meilen (3,2 km) Entfernung von der Auslassöffnung von einer Sandbarre durchquert, auf der die Niedrigwasser-Tiefe bei Springflut von 13 Fuss (4 m) im Jahre 1785 auf 6 1/2 Fuss (2 m) im Jahre 1849 herabgegangen ist. Dieser mit der Barre verlegte Auslasskanal schwenkt von seinem anfänglich genau graden südöstlichen Verlauf zur See in südlicher Richtung ab, da er östlichen und südöstlichen Winden ausgesetzt ist und dabei von Westen her durch die vorspringende westliche Küste der Studland-Bai geschützt wird. In den Jahren 1860 bis 1876 wurde längs des Strandes der Bai an der Westseite des Kanals nach und nach ein Damm gezogen, der es verhinderte, dass sich jedesmal bei Flut ein Teil der Gewässer über eine niedrig liegende Untiefe südwestlich von der Eingangsöffnung ergoss. Nunmehr blieben die Flutströmungen einigermassen zusammen und so kam es dahin, dass sich der Auslasskanal in seinem Verlauf zum tiefen Wasser hin mehr südöstlich wandte, wodurch die Wassertiefe über der Sandbarre auf etwa 9 Fuss (2,7 m) bei Niedrigwasser der Springflut zunahm (Fig. 2 und 3).

Der die sogenannten « Sandbänke » bildende Dünen-Saum, der sich als nördlicher Teil der südöstlichen Grenzlinie der Lagune darstellt, unterlag ebenso wie die nach Osten zu anschliessende Küste während langer Zeiträume der Abbröckelung durch die See und war in seinem mittleren Teil schliesslich sehr schmal geworden, wie ein Vergleich des 1785 aufgenommenen Plans mit dem von 1891 (Fig. 4 und 5) zeigt. Es lag somit die Gefahr nahe, dass ihn das Meer während eines heftigen Sturmes durchbrach, wodurch es zur Bildung eines zweiten Auslasses für die im Hafen von Poole ein- und ausströmenden Flutgewässer und zu einer bedenklichen Versandung des vorhandenen befahrbaren Auslasskanals hätte kommen können. Ein Schutzdamm, den der Besitzer des Landstreifens zum Schutz gegen die Angriffe des Meeres am Fuss der Sanddünen errichtet hatte, wurde vor längeren Jahren während eines starken Sturmes zum grössten Teil zerstört, da er in unzureichender Tiefe gegründet war und schützender Buhnen zur Erhaltung des sandigen

Strand-Vorlandes entbehrte. Um nun aber den schmalen Hals dieser Landzunge vor der drohenden Zerstörung zu bewahren, errichtete die Hafen-Inspection von Poole in den Jahren 1896 bis 1898 dreizehn Buhnen (1) die vom Fuss der Sanddünen und dem übrig gebliebenen Nordost-Teil der Schutzmauer ausgehend das Ufer hinab sich in die See hinein streckten. Diese Buhnen haben durch Zurückhaltung des von den vorwiegend westlichen Winden von West nach Ost an der Küste entlang geschwemmten Sandes nicht allein der Erosion Einhalt getan, sondern sogar ein Vorrücken der Niedrigwasser-Linie nach der See zu und eine bedeutende Sandanschwemmung an den oberen Enden der Buhnen veranlasst (Fig. 6), eine Wirkung, die späterhin durch weitere Verlängerung der Buhnen und an einer besonders schutzbedürftigen Stelle durch Ausfüllung eines zwischen zwei benachbarten Buhnen verbliebenen zu weiten Zwischenraums durch Hinzufügung noch einer Buhne noch verstärkt wurde. In solchen Fällen muss mit allen Mitteln versucht werden, die Erweiterung des Strandes zu fördern, selbst wenn bereits ein Vorrücken der Küstenlinie seewärts vorhanden zu sein scheint, da ein einziger ausnahmsweise heftiger Sturm grössere Gefahr bringen kann, als die unter gewöhnlichen Verhältnissen vorhandene Erosionstätigkeit der Meereswellen.

Der jetzige Hafen von Poole besteht aus einer Reihe von am Nordrand der Lagune gelegenen Kais, die bei Flut durch den Hauptkanal im Hafen zugänglich sind, es findet ein recht lebhafter Verkehr von Schiffen mässigen Tiefganges statt. Wollte man die Flutströmung über der Barre konzentrieren, so würden umfangreiche Schutzwerke in der Studland-Bai sowie Ausbaggerungen des inneren Kanals bis nach Poole hin notwendig sein. Wahrscheinlich wird jedoch die Erfahrung lehren, dass die über die Barre führende Fahrrinne schon mit verhältnissmässig geringem Kostenaufwand mittelst Saugbagger entsprechend vertieft und so erhalten werden kann, besonders wenn in Betracht gezogen wird, welchen vorzüglichen Schutz gegen westliche Winde die Halbinsel der Studland-Bai gewährt. Die Vertiefung des Innenkanals würde die Einströmung und Spülwirkung der Flut fördern, und der bei diesen Lagunen vorhandenen Neigung, ihre Flutkapazität durch Versandung allmählich zu verringern, energisch entgegenzutreten.

(1) *Report on the Protection of Poole Harbour*, L. F. VERNON-HARCOURT, 1903.

Lagunen-Hafen von Durban.

Der Hafen von Durban, in Natal, an der Südost-Küste von Africa, liegt am nordöstlichen Ufer einer ausgedehnten Lagune von $7 \frac{1}{2}$ Quadratmeilen (1 950 Hectar) Grösse, die den Namen « Bai von Durban » trägt. Die Lagune hat an ihrem Südost-Ende einen Ausgang nach dem Indischen Ocean und wird im Norden durch eine flache sandige Landspitze, im Süden durch ein felsiges Vorgebirge begrenzt (1). Da die Steigungshöhe der Springflut an diesem Küstenstrich 6 Fuss (1,83 m) beträgt, so ergibt sich für das Flutvolumen der Lagune ein Höchstbetrag von schätzungsweise 28 328 000 Kubik-Yards (21 657 000 Kubikmeter) (Fig. 7). Der Umgeni-Strom, der früher in die Lagune floss, hat sich mehr nördlich gewandt und mündet jetzt unmittelbar ins Meer; zum Glück, da die bedeutenden Mengen Treibsand, die er führt, sonst die Flutkapazität der Lagune verringert hätten. Der Auslassöffnung lag eine Sandbarre vor, auf der vor Inangriffnahme von Hafenverbesserungsarbeiten die durchschnittliche Wassertiefe bei Niedrigwasser 6 Fuss (1,83 m) zeitweise noch viel weniger betrug (Fig. 8). Die Landspitzen vor den südafrikanischen Lagunen zeigen jedoch, dank der grosse Sandmengen führenden Uferströmung von Süden her das Bestreben an Breite zu gewinnen und bedürfen daher keines Schutzes.

Den durch die Auslassöffnung der Durban-Bai gehenden Spülstrom hat man auf seinem Verlauf über die Barre hinweg durch Anlegung zweier massiver Parallel-Leitdämme konzentriert, auch wurde die Tiefe des Auslasskanals weiterhin noch durch Baggerungen mittelst mächtiger Sandpumpbagger vergrössert. Durch diese Arbeiten wurde die durchschnittliche Niedrigwassertiefe auf der Barre auf $17 \frac{1}{4}$ Fuss (5,25 m) im Jahre 1897 gebracht; ausserdem erhielt der Kanal durch Ausbau des nördlichen Leitdamms auf die gleiche Länge wie der andere sowie durch gleichzeitige Baggerungen im Jahre 1900 eine Tiefe von $19 \frac{2}{3}$ Fuss (6 m.). Durch bedeutende Vermehrung der Baggerarbeiten hatte man sodann 1904 schon eine Tiefe von $25 \frac{3}{4}$ Fuss (7,85 m) erzielt, 1906 war die in der

(1) *The Harbours of South Africa*, C. W. METHVEN, *Proc Inst. Civ. Eng.*, Band CLXVI S. 31-42 und 74.

Richtung des Leitdamm-Kanals weiter seewärts erreichte Minimaltiefe bei Springflut-Niedrigwasser auf 34 Fuss (10,36 m) gestiegen (Fig. 9). Sind auch die letzterwähnten Erfolge hauptsächlich der Tätigkeit einer Flotte von zwölf Baggern zuzuschreiben, so zeigen sie doch, dass die Fortführung eines zwischen Leitdämmen gebildeten Kanals weit in bedeutende Meerestiefen hinaus erstens den effectiven Vorteil bringt, dass dadurch die Spülwirkung des Flutstroms zur Erniedrigung der Sandbarre herangezogen wird, zweitens aber auch den eventuellen Vorteil, die Baggerkosten erheblich herabzumindern, welche die zur Erhaltung der erzielten Tiefe notwendige Baggerung sonst beanspruchen würde.

II. — Molen-Häfen.

In früheren Zeiten, in denen die für den Seehandel damals allein in Betracht kommenden Segelschiffe noch geringen Tiefgang und sehr mässige Grösse hatten, und Hafenbauten praktisch unbekannt waren, nutzte man jede Bai, Ausbuchtung oder enge Flussmündung, soweit sie natürlichen Schutz bot, für Hafenzwecke aus.

Molen-Häfen mit Ebbe und Flut.

In alten Zeiten waren bereits an den französischen und belgischen Küsten des Aermelkanals und der Nordsee, an denen Gezeitenwechsel vorhanden, zahlreiche Häfen in Benutzung, und zwar überall dort, wo eine enge Fluss- oder Strommündung zu einer flutbedeckten Fläche oder Backgewässer führte, das von der offenen See durch Sanddünen getrennt war, und daher als eine Lagune im kleinen bezeichnet werden kann. Dadurch dass dies Becken bei jedem Gezeitenwechsel voll bzw. leer lief, wurde ein die Flussmündung durchziehender Auslasskanal stets genügend tief und schiffbar erhalten; die Mündung selbst bot den notwendigen Schutz und war für die mässigen Ansprüche des damaligen Verkehrs als Hafen völlig ausreichend. Mit der zunehmenden Bevölkerung des Hafens kam es jedoch infolge der günstigen Lage der tiefergelegenen Ländereien und durch die Anschwemmungen infolge Flut und

Wind zu einer allmählichen Aufhöhung dieser Bodenteile, wodurch die Menge der durch den Auslasskanal strömenden Flutgewässer und infolgedessen auch die für die Schifffahrt ausnutzbare Tiefe des Hafens verringert wurde. Um diese Verminderung der Flut-Spülwirkung auszugleichen, wurden bei diesen Häfen in tiefer Lage nahe dem Auslasskanal Schleusenbecken angelegt; da solche Schleusenbecken jedoch wegen ihres im Vergleich zu der ganzen früher flutbedeckten Fläche sehr unbedeutenden Inhalts nur eine geringe Gewässermenge aufnehmen konnten, so wurde zum Ausgleich dafür das bei Flut das Becken füllende Wasser durch Tore zurückgehalten, die nach Eintritt der Ebbe geöffnet den gesamten Beckeninhalt mit reissender Gewalt durch den Auslasskanal ausströmen liessen, wodurch die dem Wasser innewohnende Spülkraft aufs äusserste ausgenutzt wurde. Dazu wurde der Auslasskanal durch Anlage paralleler Leitdämme über die sandigen Uferstrecken hinausgeführt. Diese Leitdämme, welche den Spülstrom zusammenhielten und über das Ufer-Vorland hinweg der hohen See zuleiteten, waren nur in ihrem unteren Teil bis einige Fuss über Ebbe-Niveau massiv gebaut, um ein störendes Zusammentreffen dieser Strömung mit der den Sand mitführenden Uferströmung tunlichst zu vermeiden, in ihrem oberen Teil bestanden sie jedoch aus offenem Holzwerk zur Markierung des Kanals und Erleichterung der Einfahrt für die einlaufenden Schiffe. Der Auslassstrom büsste jedoch, sobald er ausserhalb des Leitdamm-Kanals ins Meer trat, seine Spülwirkung ein, vor dem Auslass bildete sich infolge der anschwellenden Wirkung der See längs des sandigen Strandes eine Sandbarre und verringerte die für die Schifffahrt ausnutzbare Wassertiefe. Verlängerung der Leitdämme in der Absicht, den Spülstrom über diese Barre zu leiten und tiefes Wasser zu erreichen, hatte zur Folge, dass sich der sandige Strand weiter vor zog, und die Barre weiter seewärts vorrückte. Ein bemerkenswertes Beispiel für die Wirkungen des so beschriebenen Systems bietet der Hafen von Dünkirchen (Fig. 10); man hat daher diese Methode der Verbesserung der Hafenverhältnisse als nutzlos aufgegeben (1).

Als der Tiefgang der Seeschiffe zunahm, gerieten diese mit

(1) *Harbours and Estuaries on Sandy Coasts*, L. F. VERNON-HARCOURT, *Proc. Inst. Civ. Ing.*, Band LXX, S. 5-8 und Tafel I, Fig. 5.

Sandbarren verlegten Molen-Häfen in Gefahr, ihren Verkehr einzubüssen, und nur die Anwendung der damals neu eingeführten Methode der Saugbaggerung in Holland, zu der man zum ersten Mal in Jahre 1876 für Dünkirchen zwecks Vertiefung des Kanals auf der Barre seine Zuflucht nahm, vermochte den Molen-Häfen die nötige Einfahrtstiefe zu verschaffen. Die hinsichtlich der Wirksamkeit und Leistungsfähigkeit der Sandpump-Bagger erzielten Fortschritte und die damit einhergehende bedeutende Verringerung der Kosten des Sandbaggerns führte bald zu einer derartigen Ausbildung dieser Methode zur Vertiefung der Zufahrt für Molen-Häfen, dass 1880 das Schleusenbecken zu Dünkirchen aufgegeben und die dadurch freigewordene Fläche zur Erweiterung der Dockanlagen benutzt wurde; das grosse Spülbecken von Calais, das etwa zu dieser Zeit vollendet war, ist niemals in Benutzung gekommen. Saugbagger besitzen den grossen Vorteil, dass sie die Materie mit Hülfe des biegsamen Rohrs ökonomisch fördern und dadurch auch bei einem mässigen Wellengang für das Arbeiten auf See sich viel besser eignen, als Eimerkettenbagger. Der jährlich für die Erhaltung der Häfen notwendige Aufwand an Baggerarbeit hängt von der Menge des Ufer-Treibsandes und der zu erhaltenden Wassertiefe ab; einer plötzlichen Sandanhäufung vor der Auslassöffnung bei Sturm infolge vermehrter Treibsand-Strömung kann durch Ausbaggern eines Loches an der Windseite der Schifffahrtsrinne vorgebeugt werden, in das der von den Wellen entlang getragene Sand fällt, bevor er den vorhandenen Kanal erreicht. Nach dieser Methode wird bei dem Dünkirchener Einfahrtskanal regelmässig verfahren.

Bei dem Molenhafen von Ostende wurde die Methode der Saugbaggerung nicht nur wie bei anderen Molenhäfen zur Vertiefung des Auslasskanals angewendet, um den Hafen bei allen Flutständen für Post- und Passagierdampfer zugänglich zu machen, sondern sie ist auch auf die Herstellung einer über die vorliegende « Stroombank » zum tiefen Wasser führenden Fahrinne ausgedehnt worden.

Molen-Häfen an Flussmündungen.

Im Allgemeinen findet man an der Mündung von Flüssen, die direct ins Meer fliessen, mag dieses nun Gezeitenwechsel haben, oder nicht, regelmässig eine Sandbarre, und obgleich

die in Meere mit Gezeitenwechsel mündenden Flüsse den Vorteil der von dem Flutbereich abhängenden Flut-Spülströmung haben, die für die Tiefhaltung des Auslasskanals auch über den vorliegenden Sandbänken sorgt, so werden doch alle mässig grossen Flüsse, ob mit oder ohne Flutwechsel an ihrer Mündung, vor ihrer Mündung durch eine ziemlich umfangreiche Sandbank verlegt. Es ist dies sowohl der anschwellenden Wirkung des Meeres, wie sie längs sandiger Küsten zu Tage tritt, zuzuschreiben, wie den von den Flüssen selbst zum Meere geführten Sinkstoffen, die sich absetzen, sobald die Strömung beim Einmünden ins Meer ihre Geschwindigkeit einbüsst. Die Wassertiefe auf der Barre wechselt mit dem Wasserreichtum des Flusses, sie ist geringer bei niedrigem Wasserstand und nimmt mit wachsender Wassermenge zu; diese Veränderung der Tiefe ist naturgemäss bei solchen Flüssen am stärksten, deren Wasserreichtum den grössten Schwankungen ausgesetzt ist.

Bei einer Anzahl kleinerer in Gezeitenmeere mündender Flüsse, wie Wear und Yare in England, Adour in Frankreich, Nervion in Spanien (1), bei einigen deutschen und russischen in die gezeitenlose Ostsee (2) sowie bei den in die Grossen Seen von Nord-Amerika mündenden Flüssen sind die Mündungskanäle durch das Strand-Vorland durchquerende Paralleldämme verbessert und befestigt worden, meistens wurde die Wassertiefe auf der Sandbarre durch Baggerung vergrössert. Ein interessantes Beispiel eines grossen ins Meer mündenden Stromes ist die Maas, die auch bei Springflut nur um 6 1/2 Fuss (2 m) steigt; dort wurde durch Paralleldämme unter Zuhilfenahme von Baggerungen ein tiefer Mündungskanal über sandige Uferbarren hinweg geschaffen.

Die Mündung des den Hafen von Ost-London an der Südostküste von Africa bildenden Buffalo-Stroms, die starkem Wellengang und bedeutender Treibsand führender Uferströmung ausgesetzt ist, und deren Wasser selbst bei Springflut nur 5 1/4 Fuss (1,6 m) steigt, war früher durch Sandbänke vollständig verlegt, durch die nur ein schmaler Kanal von 2 bis 3 Fuss (0,6 bis 0,9 m) Niedrigwasser-Tiefe führte. Ausnahmestände traten

(1) *Rivers and Canals*, Zweite Auflage 1896. L. F. VERNON-HARCOURT, S. 214 und 216-28 und Tafel 6.

(2) Desgl., S. 205-208 und *Atlas des Ports de Commerce de la Russie*, Teil 1.

nur ein, wenn der Fluss gelegentlich grosse Hochwassermengen führte und eine einigermaßen tiefe Fahrrinne auswusch, diese versandete jedoch dann schnell. Derartige Hochwasser sind in den letzten Jahren so spärlich und so selten vorgekommen, und die Flutkapazität des Flusses ist so gering, dass die massiven Dämme, welche im Jahre 1884 jederseits über den Strand weg erbaut wurden, einen dauernd tiefen Kanal durch die der Mündung vorgelagerten Sandbänke nicht erhalten konnten. So entstand eine Sandbarre draussen vor dem von den Leitdämmen gebildeten Kanal, trotzdem mittelst Baggerung im inneren Fahrkanal eine ausreichende Tiefe erzielt wurde. Später wurde jedoch ein Sandpumpbagger von 500 t auf der Barre in Tätigkeit gesetzt, der eine Fahrrinne darin ausbaggerte und in Stand hielt. Neuerdings arbeitet man dort mit einem Saugbagger von 1100 P. S. mit Saugrohr von 4 Fuss (1,22 m) Durchmesser, der bei 5 bis 6 Fuss (1,5 bis 1,8 m) Schwankung des Wasserspiegels zu arbeiten im Stande ist, mit einem Sandhopper von 2000 t Fassungsvermögen, der in 30 Minuten mit Sand gefüllt werden kann. Mit diesem Bagger wurde eine Fahrrinne in der Sandbarre ausgebaggert, die etwa 20 Fuss (6 m) Wassertiefe bei Niedrigwasser der Springflut aufweist und Schiffen bis zu 5000 t den Zugang ermöglicht (1).

III. — Seeküsten-Häfen.

In bestimmten Fällen müssen Häfen an der Seeküste ohne Vorhandensein irgend eines natürlichen Schutzes gebaut werden, und zwar entweder für Handelszwecke oder um tiefes Auslaufwasser und geschützten Zugang zu wichtigen Flusshäfen und Schifffahrtskanälen zu sichern. Sind derartige Häfen an einer sandigen Meeresküste mit starker Treibsanduferströmung zu gründen, so muss ihr Anlageplan mit grösster Vorsicht entworfen worden, damit nicht durch den Bau massiver Wellenbrecher der Treibsand sich an deren Seite in unzulässigen Mengen ansammelt, wodurch ein beträchtliches Vorrücken des flachen Strandes nach der See zu hervorgerufen werden kann. Dieses Vorrücken des Strandes kann unter besonders ungünsti-

(1) *The Harbours of South Africa*, C. W. METHVEN, *Proc. Inst. Civ. Eng.*, Band CLXVI, S. 25-27.

gen Umständen die Wassertiefe an der Hafeneinfahrt verringern, ja sogar das Weiterbestehen der Einfahrt in Frage stellen. Ob es möglich ist, ein Hafengewässer an sandiger Küste unter nicht allzu hohen Kosten tief genug zu erhalten, das hängt sowohl davon ab, dass die Sanddrift am Ufer nicht allzu bedeutend ist und stets nahezu in der gleichen Richtung bleibt, wie davon, dass in mässiger Entfernung von der Küste eine genügende Tiefe erreichbar ist. Bleibt sich die Richtung, in der der Sand angetrieben wird, im Grossen und Ganzen gleich, so zeitigt die Ausbildung eines geschlossenen Hafens mit massiven Wellenbrechern, die sich quer über den Strand hinweg ins Meer hinein erstrecken, gewöhnlich zwei Folgeerscheinungen : nämlich erstens, Sandaufhäufung an der Aussenseite des nach der Richtung der Sanddrift zu liegenden Wellenbrechers, und zweitens : allmähliches Abbröckeln des Strandes jenseits des seewärts gelegenen Wellenbrechers, herrührend davon, dass dieser Wellenbrecher von den Meereswellen ganz frei gespült wird, weil jetzt wegen gehemmter Ufer-Treibsandströmung nicht mehr die Wiederauffüllung des weggespülten Sandes erfolgt.

Hafen von Ymuiden.

Für einen geschlossenen Hafen liegen in dem Falle die Verhältnisse günstig, wenn die Treibsandströmung längs des Ufers infolge wechselnder Richtung der stärksten Winde in der Richtung wechselt, wie zum Beispiel an der sandigen Küste von Holland bei der Mündung des Amsterdamer Schiffkanals in die Nordsee; es findet dann für den jederseits an den Hafen anstossenden Strand abwechselnd Zuwachs und Abbröckelung statt. Obgleich nun in dem geschützten Winkel zwischen dem Strande und der Aussenseite des Wellenbrechers sowohl rechts wie links Anschwemmungen stattfinden, wozu noch das Vorrücken des Strandes hinzukommt, so tritt doch bald ein Gleichgewichtszustand ein. Die um die Spitzen der Wellenbrecher spülende Uferströmung führt Sand in den Eingangskanal und giebt zu Ablagerungen innerhalb des geschützten Hafenbeckens Anlass; die notwendige Wassertiefe kann jedoch durch einen unbedeutenden Aufwand an Baggerungen leicht aufrecht erhalten werden. Diese Vorgänge lassen sich an dem Beispiel des Hafens von Ymuiden verfolgen, der die Zufahrt zu dem Amster-

damer Schiffskanal schützt (Fig. 12). Dort wurde die Erreichung des Gleichgewichtszustandes gefördert und die Umspülung der Wasserbrecher-Enden durch die Uferströmung erleichtert, indem man dem Wellenbrecher eine bestimmte Neigung zur Küstenlinie gab.

Hafen von Boulogne.

Der die Einfahrt zum Molen-Hafen schützende südwestliche Wellenbrecher des Hafens von Boulogne bildet im Gegensatz zu den Wellenbrechern von Ymuiden fast einen rechten Winkel mit der Küste. Ferner hat die infolge vorwiegend westlicher Windrichtung und starker Flut vorhandene von Südwesten kommende mässig starke Sandtrift ein Vorrücken der Anschwemmungen nahe der Aussenseite des Wellenbrechers bis zu Tiefen von 13 bis 16 Fuss (4 bis 5 m) zur Folge gehabt. Trotzdem zeigt jenseits dieser Tiefenlinie die abgelenkte Uferströmung das Bestreben, dort, wo sie die Enden des Wellenbrechers umspült, das Bett auszutiefen (1). Obgleich somit zur Erhaltung der im Hafen notwendigen Wassertiefe jährlich die Ausbaggerrung der durch die äussere Uferströmung eingeführten Sandmengen im Betrage von fast einer halben Million Kubik-Yards (360 000 cbm) notwendig ist, so ist doch eine Sandaufhäufung an der Aussenseite des Wellenbrechers und dadurch bedingte Versandung der Hafeneinfahrt nicht zu befürchten.

Hafen von Port-Said.

Ein sehr interessantes Beispiel für einen an offener sandiger Küste gebauten an seiner Westseite bedeutenden Uferströmungen ausgesetzten Hafen ist der von Port-Said, der die Zufahrt zum Suez-Kanal bildet. Er stellt das schwierigste der mit diesem berühmten Kanalbau im Zusammenhange stehenden Probleme dar, und schon in den ersten Zeiten seines Bestehens glaubten die Gegner des Kanals zukünftigen Misserfolg infolge eintretender Versandung voraussagen zu können. Hier besteht die Trift in Tribsand und Sinkstoffen, die der Nil dem

(1) *Proc. Inst. Civ. Eng.*, Band CLVI, S. 294-297.

Mittelmeere zuführt und die durch die vorherrschenden Westwinde an der Küste entlang auf Port-Said zu getrieben werden; die Materie hat sich in dem Winkel zwischen der Aussenseite des westlichen Wellenbrechers und der westlichen Küste angesammelt. Die Strand-Linie rückte in diesem Winkel zuerst etwas schnell vor und erreichte ein Maximum an der Aussenseite des westlichen Wellenbrechers. Dieses Vorrücken sowie das Fortschreiten der Tiefenlinien westlich vom Wellenbrecher verlangsamte sich jedoch bei Erreichung grösserer Tiefen bis etwa 7 m (Fig. 13). Ausserdem wurde noch die Anhäufung von Schwemmsand am Weststrand dadurch behindert, dass im oberen Teil des Wellenbrechers hie und da Oeffnungen ausgespart waren, durch welche der Triebsand in den Auslasskanal gespült wurde, aus dem er durch Baggern leicht zu entfernen war. Als in den letzten Jahren oben auf dem Wellenbrecher ein Gehweg hergerichtet wurde, führte man diesen bis auf einige Entfernung von der Küste von offenen Bögen getragen aus, durch deren Oeffnungen der Triebsand an dem höheren Teil des Strandes in den Kanal geschwemmt wird; diese Massregel hat bereits ein leichtes Zurücktretten der vorgeschobenen Uferlinie am Wellenbrecher zur Folge gehabt. Trotz des so erzielten vorzüglichen Gleichgewichtszustandes an der Küste westlich vom Hafen ist doch in den Jahren 1875 bis 1900 ein beträchtliches Vorrücken der 9 m-Tiefenlinie bis zur 11 m-, und seit 1900 sogar zur 12 m-Tiefenlinie seewärts der Einfahrt zu beobachten, doch wird die Inangriffnahme vermehrter Baggararbeiten, mittels deren der Zufahrtskanal auf rund 10 m vertieft werden soll, zweifellos auf eine ganze Anzahl von Jahren die Möglichkeit weiterer Versandungen abschneiden (1). Im Osten des östlich gelegenen der beiden Wellenbrecher haben natürlich, nachdem die Triebsand-Anschwemmung von Westen her unterbunden war, Erosionen längs der Ostküste stattgefunden; man ist jedoch dabei, sie durch die fortschreitenden Land-Gewinnungsarbeiten für die neuen Reparatur-Hafenbecken endgültig zum Stillstand zu bringen (2) (Fig. 13).

Die Erhaltung der Tiefe des schiffbaren Hafenskanals hätte viel weniger Mühe gekostet, wenn der westliche Wellenbrecher

(1) *Commission consultative internationale des travaux du canal maritime de Suez*, Beratung 1906. Anhang n° 4.

(2) *Desgl.*, Anhang n° 9.

etwas weiter nach Westen verlegt worden wäre, sodass man eine Erweiterung des Kanals an seiner West-Seite hätte vorsehen können, in der sich die bei Sturm über den Wellenbrecher gespülten Sinkstoffe ohne Verringerung der nutzbaren Kanaltiefe absetzen konnten, ohne dass alsbald ihre Entfernung durch Baggerung notwendig gewesen wäre. Zudem würde auch eine etwas grössere Abweichung des Wellenbrechers von der Linie des rechten Winkels zur Küste die Treibsandbeförderung nach der anderen Seite des Hafeneinganges hin erleichtert haben.

Hafen von Madras.

Bei der Anlage dieses an der offenen sandigen Küste vor Madras gelegenen Hafens, wo starker Wellengang vorhanden ist und gelegentlich auch Cyklone auftreten, hatte man die von Süden nach Norden gerichtete Triebssand-Strömung bedeutend unterschätzt. Es trat also ein zur Verringerung der 8 Faden (14,6 m) Tiefe messenden Einfahrtstiefe ausreichendes Vorrücken des Strandess, für das man einen Zeitraum von 150 Jahren angesetzt hatte, tatsächlich bereits 30 Jahre nach Beginn der Hafenbauten ein (Fig. 14) (1). Durch die nach dem offenen Meere zu gelegene Eingangsöffnung traten bei Sturm heftige Wellen in den Hafen, die eine gesicherte Lage innerhalb desselben in Frage stellten. Um nun eine sichere Schutzlage innerhalb des Hafens zu erzielen sowie eine vom Versanden weniger bedrohte Einfahrt zu gewinnen, entschied man sich dafür, die vorhandene Einfahrtsöffnung zu schliessen und in dem nördlichen Wellenbrecher eine neue nach Norden gerichtete Einfahrt zu schaffen, die gegen die offene See im Osten durch einen 1 600 Fuss langen nördlich gerichteten Arm geschützt werden soll. Diese neue Einfahrt ist in Bau, und man nimmt an, wenn sich auch etwas von dem durch die Uferströmung über das Ende dieses Arms hinaus getriebenen Sand innerhalb der geschützten Fläche absetzen sollte, dass es möglich sein wird, die Tiefe der neuen Einfahrt durch Ausbaggerung von 460 000 Kubik-Yards (352 000 cbm) jährlich aufrecht zu erhalten (2).

(1) *Proc. Inst. Civ. Eng.*, Band CLVI, S. 243 und 249.

(2) *Proc. Inst. Civ. Eng.*, Band CLVI, S. 234-235.

Hafenschutz durch Wellenbrecher in der offenen See.

Wie das Beispiel des Hafens von Madras zeigt, kann die Beeinflussung einer sehr kräftigen Treibsand-Uferströmung durch einen von der Küste ausgehenden massiven Wellenbrecher das Weiterbestehen des Hafens in Frage stellen. Es sind daher von Zeit zu Zeit Vorschläge laut geworden, dahin gehend, die notwendige Schutzmauer in solche Entfernung vom Gestade zu verlegen, dass sie ausserhalb der Einwirkungen der Ufertrift bleibt. Man hat zur Verwirklichung dieses Gedankens drei Methoden vorgeschlagen, nämlich : 1. Ein vorgeschobener Wellenbrecher parallel dem Ufer ausserhalb der Triebzone; 2. Zwei in der See in dem notwendigen Abstände vom Ufer errichtete, mit dem Lande durch ein offenes Viaduct verbundene Wellenbrecher mit einem geschützten Becken zwischen ihnen; 3. Ein einziger bogenförmiger mit dem Ufer durch ein offenes Viaduct verbundener Wellenbrecher für solche Plätze, die hauptsächlich von *einer* Seite her zu schützen sind, oder zwei solcher einander entgegenlaufender Wellenbrecher mit einer Eingangsöffnung dazwischen, für mehrseitig zu schützende Plätze. Die ersterwähnte Methode des isolierten Wellenbrechers ist in mehreren Fällen vorgeschlagen, bisher jedoch noch nicht ausgeführt worden, da die notwendige Verbindung mit der Küste bei Verwendung des Hafens für den Handelsverkehr zu Unzuträglichkeiten führen würde. Die zweite Methode der Herstellung eines geschlossenen Hafens im offenen Meer dürfte wohl als eine unnötig teure Anordnung anzusehen sein. Der dritte Vorschlag : bogenförmiger Wellenbrecher durch ein offenes Viaduct mit der Küste verbunden ist der einzige bisher ausgeführte, und zwar mit einem einzelnen Wellenbrecher, der dem Hafen nach der meist ausgesetzten Richtung hin vorliegt und zwischen seinem Aussenende und dem Ufer der Schifffahrt offenen Zugang gewährt.

Vor Jahren wurde dies System einmal für den Hafen von Port Elizabeth, einem an der Südspitze der Südostküste von Africa in der Algoa-Bai gelegenen wichtigen Handelszentrum, in Vorschlag gebracht. Dieser Hafen ist nach Süden zu durch Cap Recife teilweise geschützt, jedoch südöstlichen Stürmen und einer starken Treibsand-Strömung ausgesetzt. Es bestand der Plan, ein eisernes Viaduct auf 3 000 Fuss (914 m) Länge von

der Küste her zu einem massiven der Küste parallel laufenden Wellenbrecher von etwa 2000 Fuss (610 m.) Länge zu führen; an der Innenseite des Wellenbrechers sollten sich Kais als Liegeplätze für Schiffe landwärts erstrecken (1). Dieser Plan kam jedoch nicht zur Ausführung, und die einzige, nur für kleine Schiffe bei ruhigem Wetter geeignete Kai-Gelegenheit bilden jetzt offene von der Küste her herausgebaute Molen.

Ein im Entwurf diesem ähnlicher jedoch in kleinerem Massstabe geplanter Hafenbau war bereits 1873 in der Rosslare-Bai, einige Meilen südlich von Wexford an der Ostküste von Irland, in Angriff genommen worden, blieb jedoch mangels Kapitals längere Jahre unvollendet liegen und ist erst jüngst zu Ende geführt worden. Dieser Hafen, der den Zwecken einer Dampfer-Verbindung mit Süd-Wales für eine kurze Route zwischen Süd-England und Irland dienen sollte, wird gebildet durch ein offenes eisernes Viaduct von 885 Fuss (270 m) Länge, mit daran anschliessendem 1560 Fuss (475 m) langem, der Küste nahezu parallelem massivem Wellenbrecher, an dessen Langseite die Dampfer geschützt liegen und auf dem die Eisenbahnverbindungen mit Wexford, Waterford und Südwest-Irland endigen (Fig. 16) (2). Dieser Hafen hat sich als vollkommen zweckentsprechend erwiesen, indem er gegen Osten und Südosten den notwendigen Schutz gewährt, ohne die von Südosten kommende Treibsand-Strömung abzulenken.

Ein Gegenbeispiel bildet der Hafen von Cearà, an der Nordost-Küste von Brasilien. Der vor wenigen Jahren zur Schaffung dieses Hafens erbaute massive Wellenbrecher von 1700 Fuss (518 m) Länge weicht von der Richtung parallel zur Küste nach der See zu etwas ab und ist mit der Küste durch ein offenes Viaduct von 750 Fuss (228 m) Länge verbunden. Dort haben die von der westlichen Ufertrift geführten und durch die vorherrschend östlichen Winde von einer langen Sanddünen-Reihe abgetriebenen Sandmassen sich innerhalb des Schutzbereichs des Hafens in derartigen Mengen abgesetzt, dass der Hafen vollständig versandet ist (3). Dieses Resultat wird dem Wellenbrecher zuzuschreiben sein, der in diagonaler Richtung den

(1) *Harbours and Docks*, L. F. VERNON-HARCOURT, S. 358-359.

(2) *Approaches to Wexford Harbour, Rosslare Harbour*, Admiralitäts-Karte, 1902.

(3) *The Sanding up of Tidal Harbours*, A. E. CAREY, *Proc. Inst. Civ. Eng.*, Band CLVI, S. 222-224 und Tafel 4, Fig. 21 und 22.

Strand durchschneidet, bis zur Tiefenlinie von 3 Faden (5,5 m) ins Meer hineinreicht und sich der westlichen Sanddrift störend in den Weg legt. Etwa 1/4 Meile (0,4 km) weit in See liegt ferner eine Reihe von Korallenriffen. So war ein schmaler Vorlandstreifen vorhanden, der durch die Gestadeströmung solange frei von Versandung gehalten wurde, bis die Mole erbaut worden war.

Das bemerkenswerteste Beispiel für das eben besprochene System giebt der Hafen von Seebrügge, der eine geschützte Einfahrt in den Schiffskanal von Brügge gewährt. Ein offenes Viaduct von 1 312 Fuss (400 m) Länge führt zu einem massiven Wellenbrecher aus Beton, der 5 264 Fuss (1 605 m) lang ist. In seinem ersten Teil bildet dieser einen Kreisbogen und schützt so den mit der Küste parallel laufenden äusseren Teil gegen westliche Winde; er bildet somit einen geschützten Kai für die den Hafen anlaufenden Dampfer, die durch die offene nach Ost-Nord-Ost gelegene Einfahrtsöffnung zwischen der Spitze des Wellenbrechers und der Küste in den Hafen kommen (Fig. 18). Das Viaduct gewährt Eisenbahnverbindung mit dem Landungskai, lässt aber dessenungeachtet der ost-nord-östlichen Uferströmung bis auf 2 073 Fuss (632 m) von der Küste freien Lauf; der Triebsand, welcher sich voraussichtlich innerhalb der vollkommen geschützten Hafensfläche längs des Wellenbrechers ablagern wird, wird mit leichter Mühe durch Baggern entfernt werden können.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Erhaltung und Verbesserung von Lagunen-Häfen bedingt die Ablenkung Schwemmsand führender Flüsse, Verhütung von Versandungen, ausreichende Ausbaggerung der die Lagune durchschneidenden Kanäle als Gegengewicht gegen die unvermeidlichen Ablagerungen, Schutz des die Lagune von dem offenen Meere trennenden schmalen Landstreifens und Vertiefung der über die Auslassbarre führenden Fahrrinne durch Führung und Concentrierung der Spülströmung mit Hilfe von Leitdämmen und unterstützt durch Baggerung.

2. Die Verbesserung der Zufahrt zu Molen-Häfen ist durch Baggerung mit Saugbagger auf der vor der Einfahrt liegenden Sandbarre zu bewerkstelligen. Die Baggerung muss noch

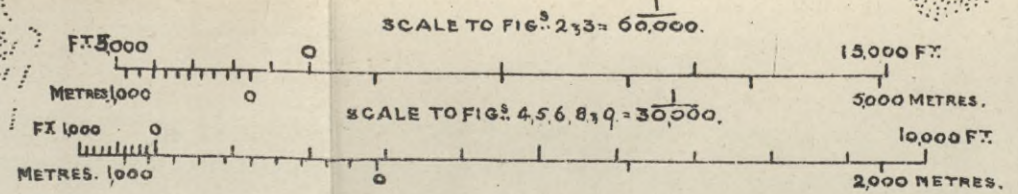
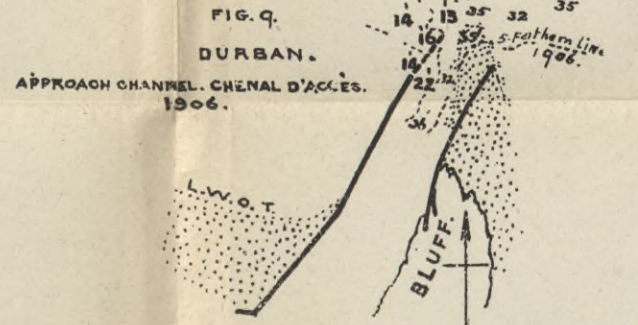
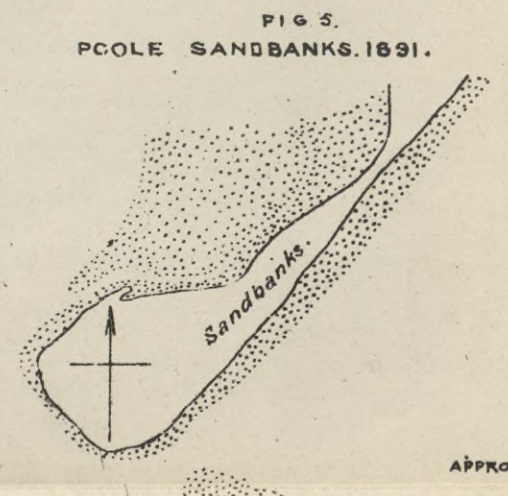
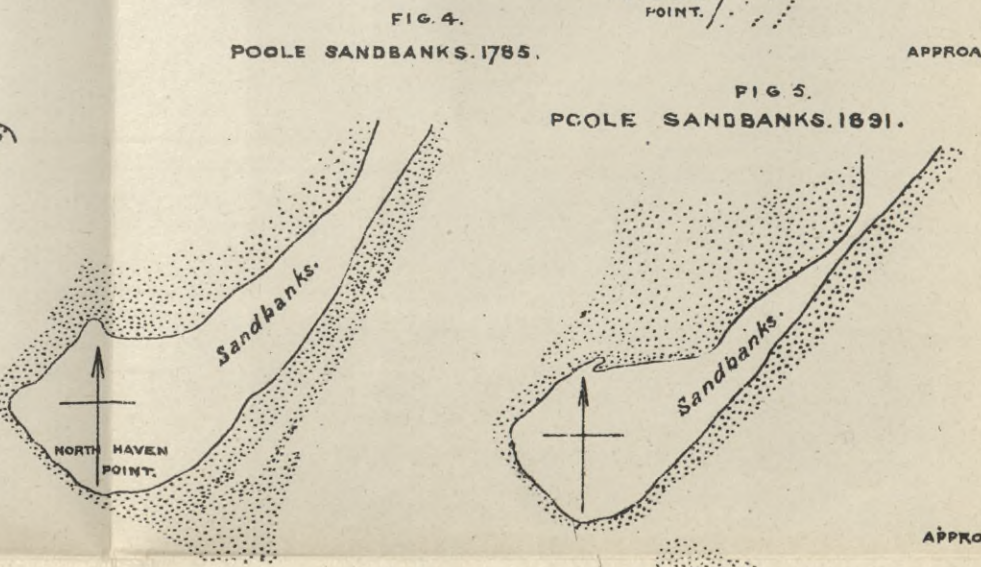
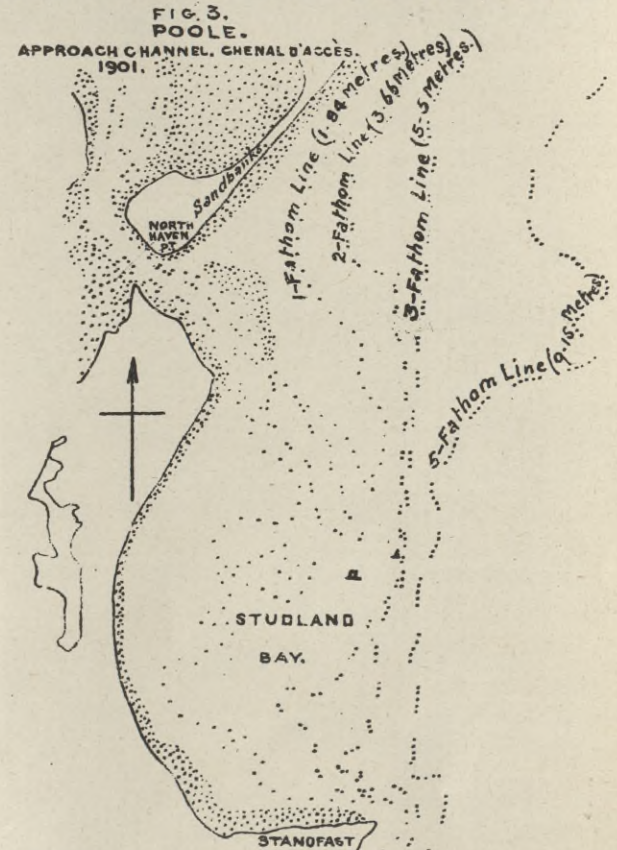
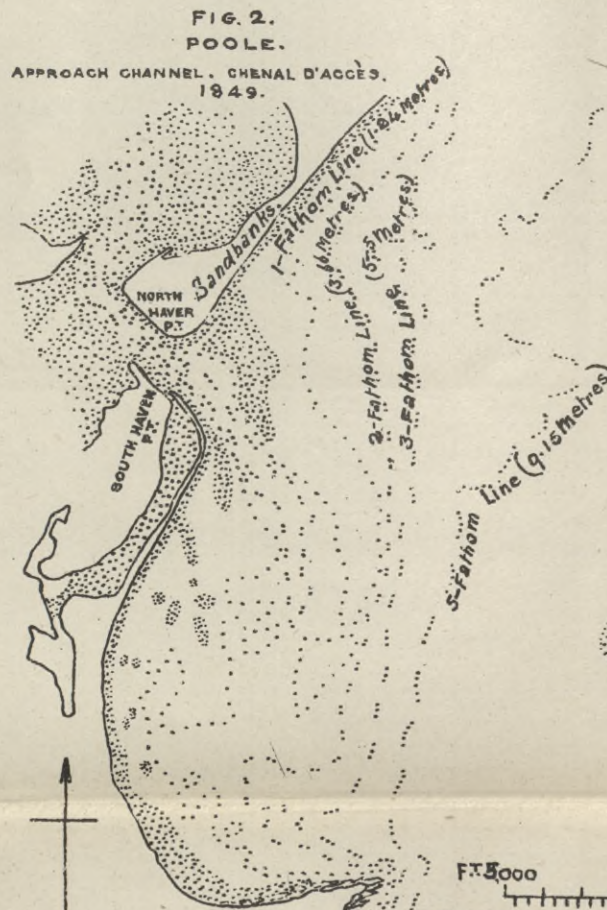
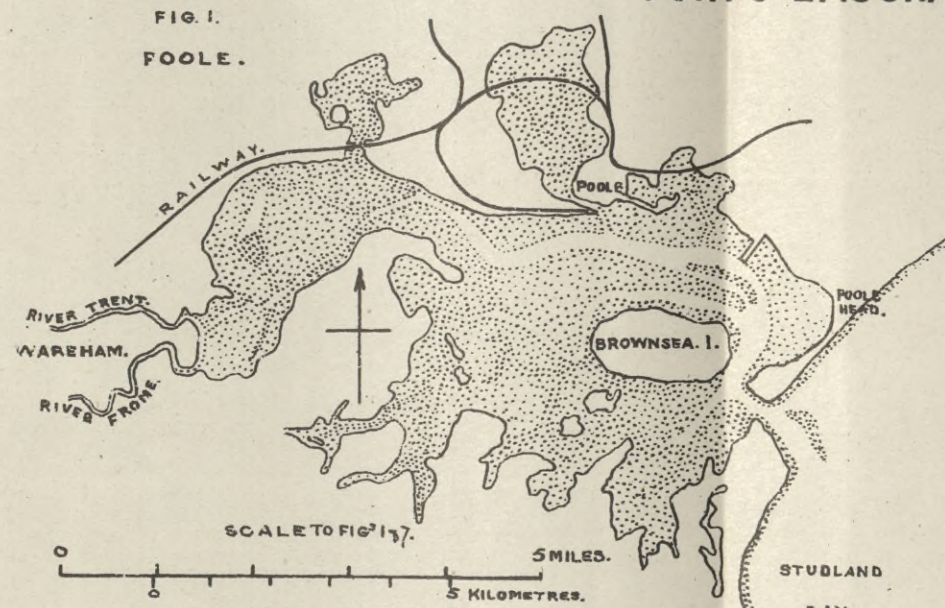
etwas weiter aufwärts der vorhandenen Fahrrinne reichen, derart dass sich die von Stürmen am Strande entlang geführten Sandmengen in dem ausgebaggerten Loch ablagern und nicht zu Versandungen in der Fahrrinne führen können. Die erzielbare Tiefe hängt von den örtlichen Verhältnissen und dem Umfange der Uferströmung ab; nach den Verkehrs-Aussichten des Hafens muss beurteilt werden, in welchem Masse Baggerung angewendet werden kann, ohne unwirtschaftlich zu arbeiten.

3. Geschlossene Häfen können an offener sandiger Küste gebaut und erhalten werden, wenn nur eine mässige Trieb sand führende Uferströmung vorhanden ist, und besonders dann, wenn sie ihre Richtung wechselt; es ist rätlich, dem Wellenbrecher eine vom rechten Winkel etwas nach Innen abweichende Richtung gegen die Küste zu geben, um die Trieb sand-Strömung um die Spitze des Wellenbrechers herum zu erleichtern. In Fällen jedoch, wo die Trieb sand-Strömung sehr bedeutend und nahezu immer gleich gerichtet ist, ist von der Ausführung eines von der Küste in die See hinausgeführten massiven Wellenbrechers ein derartiges Vorrücken des Strandes an der Windseite zu erwarten, dass die Erhaltung des Hafens in Frage gestellt erscheint. Liegen solche Verhältnisse vor, so muss der Wellenbrecher wenn möglich über den Bereich der Trieb sand-Uferströmung hinausreichen, denn innerhalb dieses Bereichs würden sich Ablagerungen bilden und zwar entsprechend dem Grade der Schutzwirkung, die man erzielt, und der Beeinflussung der Trieb sand-Strömung durch den Wellenbrecher. An einer Küste mit seichtem Ufer und einer Trieb sand-Strömung, deren Bereich sich vom Ufer an weit hinaus in See erstreckt, wird es darum zwecklos sein, den Bau eines geschützten Hafens zu unternehmen.

L. F. VERNON-HARCOURT.



LAGOON HARBOURS ON SANDY COASTS.
PORTS LAGUNAIRES SUR CÔTES SABLONEUSES.



11 August - 21 September 1955

1. Introduction

2. Scope

3. Definitions

4. Test methods

5. Results

6. Conclusions

7. References

8. Annex

9. Bibliography

10. Appendix

11. Glossary

12. Index

13. Bibliography

14. Appendix

15. Glossary

16. Index

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

II. Abteilung : Seeschifffahrt

3. Frage

BERICHT

VON

L. F. VERNON-HARCOURT

BLATT II

JETTY AND CLOSED HARBOURS ON SANDY FORESHORES.
PORTS EN PLAGES DE SABLE.

FIG. 10.
DUNKERQUE.

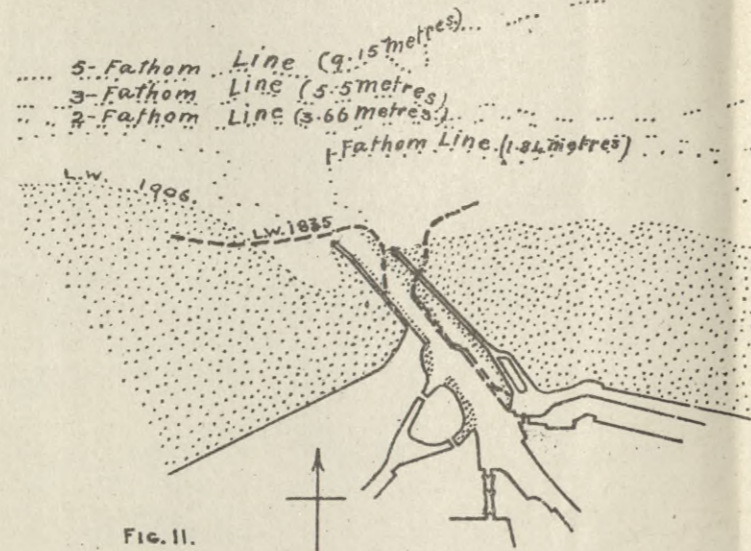


FIG. 11.
EAST LONDON.



FIG. 12.
YMUIDEN.

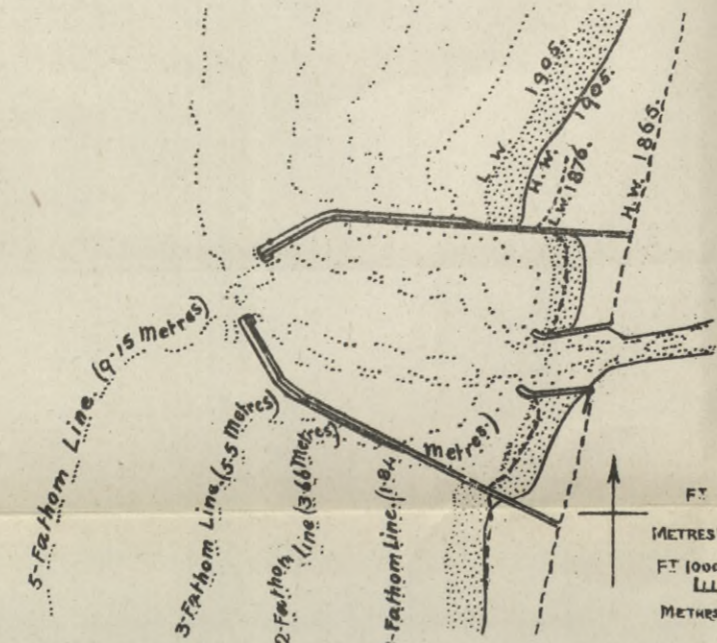


FIG. 13.
PORT SAID.

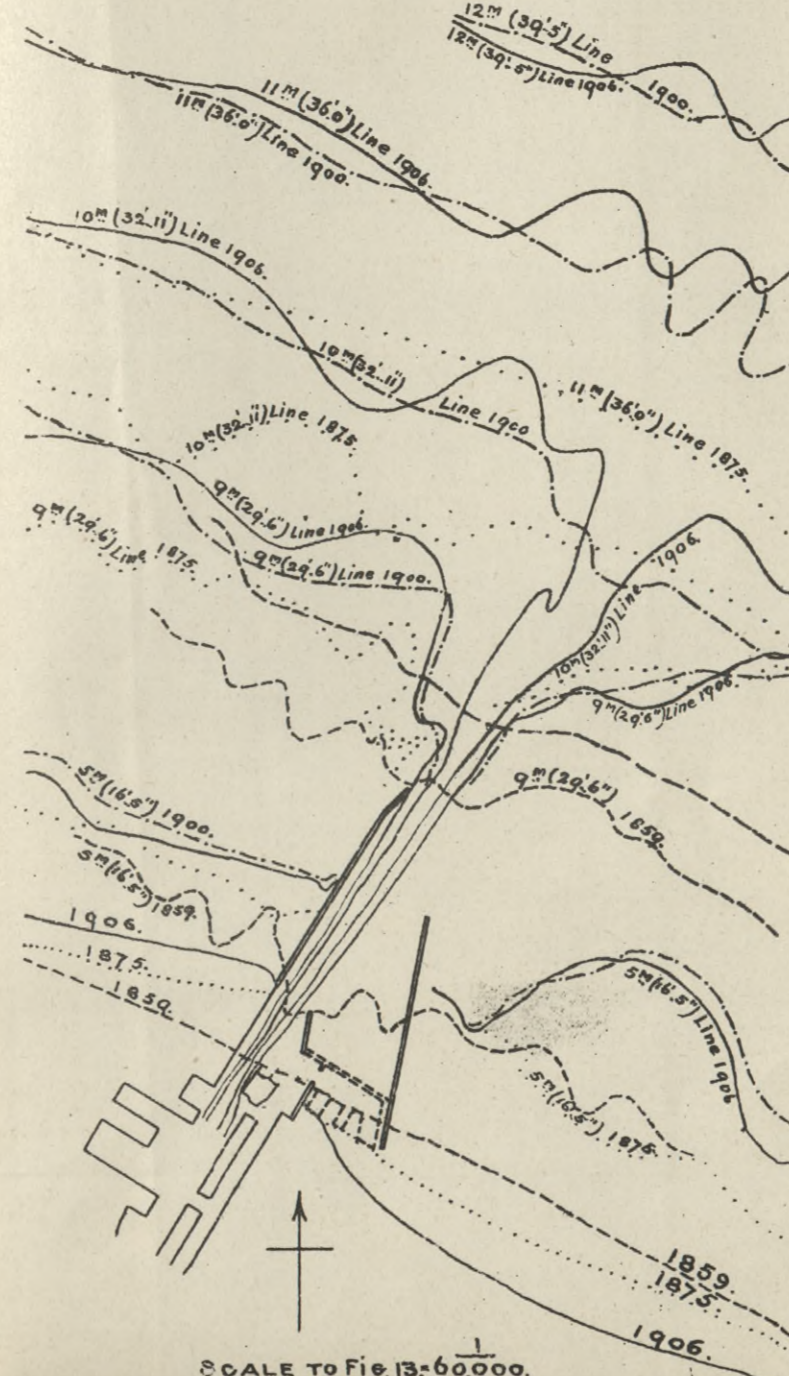


FIG. 14.
MADRAS 1890.

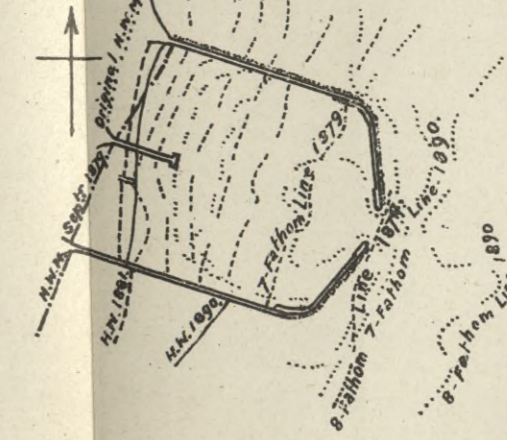


FIG. 16.
ROSSLARE.



FIG. 15.
MADRAS 1908.

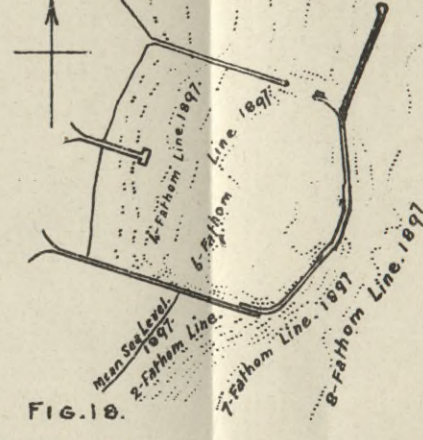


FIG. 18.
ZEEBRUGGE.

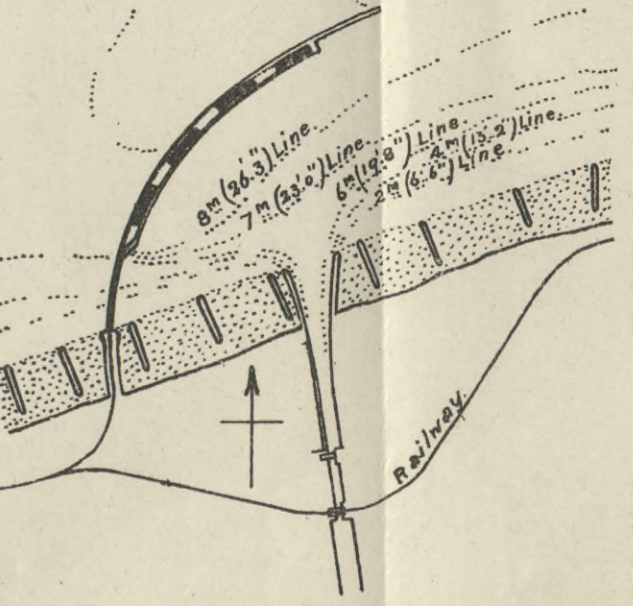
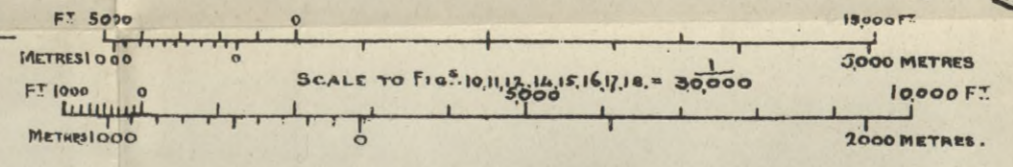
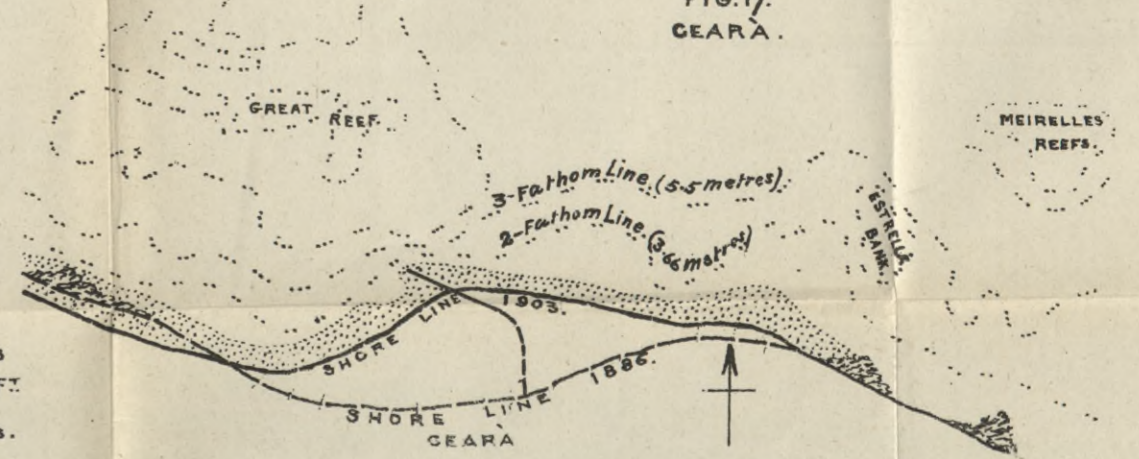
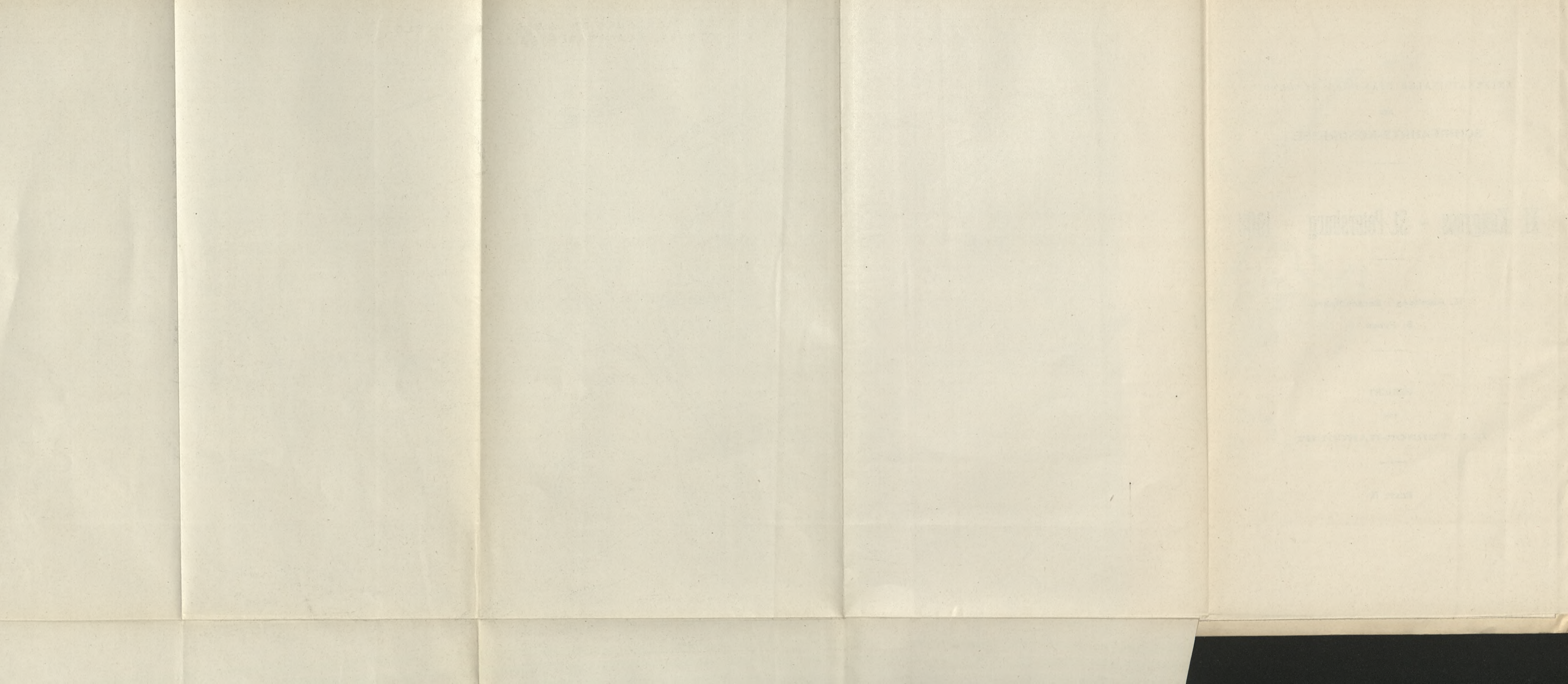


FIG. 17.
GEARA.





S. 61

POLITECHNIKA KRAKOWSKA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349755

Kdn. Zam. 480/55 20.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299876