INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

II. Abteilung : Seeschiffahrt

3. Frage

Bau der Häfen an sandigen Küsten

BERICHT

VON

IVANINA UND **AECKERLE**

Ingénieurs des Voies de communication

NAVIGARE

NECESSE

BRÜSSEL

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

169, rue de Flandre, 169

#531/17

Biblioteka Politechniki Krakowskiej
100000299855

BIBLIOTEKA KRAKÓW Politechniczna
11841
BIBLIOTEKA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ
II-348753

Wichtigste Russische Häfen auf den sandigen Küsten

DES BALTISCHEN MEERES

I. — Allgemeines.

Die Existenz eines jeden Hafens ist, wie bekannt, von topographischen, physischen und klimatischen Verhältnissen seiner Umgebung abhängig.

Am geeignetsten zur Herstellung eines Hafens erweisen sich stark gegliederte Ufer, welche durch feste Gebirgsarten gebildet werden; unter solchen Bedingungen braucht man nur den Hafen mit genügenden Vorrichtungen zu versehen, damit er ohne Weiteres functioniren kann; anders is es mit den Hafenanforderungen in einer Gegend, welche den angeführten Bedingungen nicht entspricht, — hier ist nicht nur der Hafen mit Hilfe von gewissen zu erbauenden Constructionen künstlich zu schaffen, sondern er muss auch noch erhalten werden, indem man für den Kampf mit der Natur alle Hilfsmittel, welche der Ingenieurwissenschaft zur Verfügung stehen, in Anspruch nimmt. Die Lebensfähigkeit eines solchen Hafens hängt ab von der zweck- und zeitgemässen Verwendung besonderer Mittel zur Bewältigung der schädlichen Naturkräfte.

Eine der schädlichsten und dabei durch Nichts zu beseitigende Naturkraft ist die Ablagerung von Dünen bildenden Sinkstoffen an dem sandigen Ufer. Die uns nächste und zugleich für die Handelsbeziehungen zu den Hauptculturstaaten nothwendige Küste der Ostsee ist derartigen Sinkstoffablagerungen unterworfen. Zu den am besten ausgestatteten Häfen an dieser Küste sind Libau und Windau zu rechnen.

Akc. Nr. 1089/52
BPU-3-340/2017

II. — Libauer Hafen.

Der Libauer Hafen umfasst in seiner gegenwärtigen Gestalt eine Wasserfläche von ungefähr 1 659 000 Quadratfaden (7 552 045 qm), was etwa 6,64 Quadratwerst (7,56 qkm) ausmacht; dieselbe ist begrenzt im Norden durch die nördliche Mole, nach NW durch den nördlichen Wellenbrecher, nach SW durch den südlichen Wellenbrecher und im Süden durch die südliche Mole und schliesst nach Osten hin sich an das sandige Ufer mit Dünencharacter an.

Die auf solche Weise gebildete künstliche Rhede enthält in ihrem nördlichen Theile den Vorhafen für Kriegsschiffe, in dem südlichen den Handelshafen. Der eigentliche Kriegshafen, welcher Hafen Kaiser Alexander III genannt wird, ist auf dem Uferlande östlich vom Meridian 21°0' von Greenwich ausgehoben und im gegebenen Falle unterliegt er unserer Betrachtung nicht; ausserdem aber sind die Bedingungen seiner Existenz von solchen des Vorhafens abhängig. Der Handelshafen, der im Osten an den südlichen Theil der allgemeinen Uferlinie des Hafens und gegen Süden an den Rhedequai sich anschliesst, ist innerhalb des Hafengeländes gelegen und hat eine besondere Begrenzung : gegen N das Separationswerk und gegen W den Wellenbrecher und die Schutzmole. Durch diese Begrenzung erzielt man nicht nur einen gefahrlosen, sondern auch einen vollkommen ruhigen Liegeplatz für Handelsschiffe sogar geringen Tonnengehalts.

Um den Schiffen zu ermöglichen, jederzeit die Rhede anzulaufen, bestehen 3 Einfahrten, von denen zwei für den Eingang in den Vorhafen der Kriegsmarine : die erste zwischen der nördlichen Mole und dem nördlichen Wellenbrecher mit einer Breite von 125 Faden (266,7 m) und einer Tiefe von 26 Fuss (7,92 m) und die zweite, 100 Faden (213,4 m) breit und über 30 Fuss (9,12 m) tief, zwischen dem nördlichen und dem südlichen Wellenbrecher, wobei durch die letztere Einfahrt, in der Richtung NO=68° ein Kanal von 30 Fuss Tiefe (9,12 m) ausgehoben ist, so dass durch diesen Kanal Kriegsschiffen von grösstem Tiefgang der Eingang zur Rhede ermöglicht wird; einen ebensolchen Kanal plante man auch durch die nördliche Einfahrt zu graben, der Plan ist aber nur in der letzten Zeit zum Theil verwirklicht worden, indem seit 1904 ein Kanal von nur 60 Faden (128 m) Breite und in einer Länge von etwa 1 600 Faden (3 413,7 m) mit geringen Unterbrechungen ausgehoben wurde, wobei nach der Berechnung des Erbauers des

Hafens Kaiser Alexander III auf dieser Strecke noch etwas über 3 000 Cbfd (29 137 cbm) auszuheben verblieb. Für den Durchgang der Schiffe von der See nach der Rhede für Handelsschiffe besteht eine Oeffnung zwischen dem südlichen Wellenbrecher und der südlichen Mole, enger als die beiden ersten mit einer Tiefe von 28 bis 30 Fuss (8,53—9,12 m), und für den Durchgang der Schiffe nach dem Handelshafen existiren zwei Einfahrten : die nördliche, zwischen dem Separationswerk und dem Wellenbrecher, mit einer Tiefe von 14 bis 19 Fuss (4,27—5,79 m) und die südliche, zwischen dem Wellenbrecher und der Mole an der Rhede, mit einer Tiefe von 26 Fuss (7,92 m) ; durch diese Einfahrt ist erst im Sommer 1907 ein Kanal in der Richtung nach der südlichen Einfahrt zur Rhede mit einer Tiefe von 28 Fuss (8,53 m) gegraben.

Die durch die angeführten Werke gebildete Rhede des Libauer Hafens hat eine Breite von 800 bis 1 000 Faden (1 700—2 135 m) ; was aber die Tiefe des Hafens anlangt, so ist aus beiliegendem Plane ersichtlich, dass letztere auf fast einem Drittel der die Rhede ausmachenden Wasserfläche 30 und mehr Fuss (über 9,12 m) beträgt, indessen der übrige Theil, den Schichtenlinien zufolge, allmählig zum Ufer abnehmende Tiefen aufweist. Der Handelshafen hat bei einer Breite bis 400 Faden (855 m) verschiedene Tiefen, im allgemeinen von 7 bis 13 Fuss (2,13—3,96 m), und bei dem Rhedequai ist auf einer Fläche von über 38 000 Quadratfaden (172 980 qm) die Tiefe durch Baggerung auf 26 Fuss (7,92 m) gebracht worden. Ausserdem ist für das Laden und Löschen der Dampfer und grösseren Segelschiffe an der südlichen Mole der Seekanal mit dem Hafenbecken und dem Hafen eingeräumt, wo die Tiefe im allgemeinen gegen 22 Fuss (6,7 m) beträgt und vergrössert werden soll (1).

So sind im grossen Ganzen die derzeitigen Verhältnisse des Libauer Hafens; das weitere Bestehen des Hafens hängt aber ab

---

(1) Vergl. : V.-E. de Timonoff. « Travaux de construction et d'agrandissement du port de Libau. » *Nouvelles Annales de la Construction*, 1889.

V-E. de Timonoff. « Travaux du port de Libau. » Rapport au I^er^ Congrès des Travaux maritimes, Paris, 1889.

V.-E. de Timonoff. « Etude historique du développement du port de Libau », p. 124, pl., Saint-Pétersbourg, 1888.

V.-E. de Timonoff. « Les ports en plage de sable et le port de Libau », Saint-Pétersbourg, 1891.

V.-E. de Timonoff. « Les ports en plage de sable. » Rapport au II^e^ Congrès des Travaux maritimes, Londres, 1892.

sowohl von der Thätigkeit des Meeres selbst, als auch von denjenigen Mitteln, welche zur Bekämpfung seiner schädlichen Einflüsse angewandt werden.

Wir haben schon früher auf eine der schädlichsten Erscheinungen aufmerksam gemacht, welche zweifellos sogar für die Existenz des Libauer Hafens Bedeutung hat, — es sind die vom Meere herrührenden Sandablagerungen. Derartige Sandablagerungen entstehen an der Libauschen Küste unter dem Einflusse zweier Ursachen : erstens ist die Küste selbst sehr flach ansteigend und zweitens bildet sie einen unbedeutenden Winkel mit den am häufigsten auftretenden und hier besonders heftigen Südwestwinden. Infolgedessen rollen die Wellen während des Wellenschlages auf das flachansteigende Ufer und bringen Seetang, Schlick, Sand und Geröll mit; bei ihrer Rückkehr aber treffen dieselben auf neue Wellen und finden Reibungswiderstände am Boden des Streifens, auf welchem der Wellenschlag stattfindet, sie verlieren einen bedeutenden Theil ihrer Energie, und deshalb setzt das hinaufgerollte und an der Uferneigung sich ausbreitende Wasser die mitgeführten Sinkstoffe auf dem Ufer ab. Wenn die angeführte Ursache — die Bewegung der Wassermassen unter der Einwirkung von SW-Winden — stattfindet, muss die Arbeit des Meeres sich in einer gleichmässigen Ablagerung der Sinkstoffe längs der Küste äussern; so war es auch höchst wahrscheinlich an der Libauschen Küste bis zum 17. Jahrhundert, als infolge bedeutender Verflachung des Busens sich die Nothwendigkeit erwies, einen Kanal zur Verbindung des Libauschen Busens mit dem benachbarten Binnensee zu graben. Bei dieser neuen Veränderung der Uferlinie trafen die Wassermasse und mit ihr die in derselben suspendirten Theilchen des Bodens, welche von den SW-Winden von Süden nach Norden längs der Küstenlinie bewegt wurden, auf ihrem Wege einen neuen Wasserstrom, welcher aus dem Kanal ins Meer ging und dessen Richtung fast normal zur Küste lag; als Folge dessen ergab sich eine Verminderung der Strömung und ihre Ablenkung nach Westen hin. Da die Geschwindigkeiten beider Strömungen klein waren, rief hier das Zusammentreffen der Strömungen nur Ablagerung der Sinkstoffe hervor. Späterhin, nachdem die Südmole hergestellt wurde, fand die in Bewegung gesetzte Wassermasse an dieser Mole ein Hinderniss, umging die Mole und begann Sinkstoffablagerungen in einer der Mole fast parallelen Richtung zu hinterlassen. An der Wurzel der Mole hingegen runden diese Ablagerungen allmählig den Winkel ab, welcher von der Mole bei ihrem Anschluss ans Ufer

mit dem letzteren gebildet wird, und werden ihn mit der Zeit vollständig verdecken. Hierauf werden die Sinkstoffe die hergestellten Bauten umgehen, werden durch die Oeffnungen ins Hafengebiet gelangen und dasselbe verflachen; zuletzt, wenn das einzige in diesem Falle mögliche Mittel zur Bekämpfung der Sinkstoffablagerungen, die Baggerung, man anzuwenden unterlassen sollte, wird nach einer Reihe von Jahren der Hafen so sehr verflachen, dass er aufhören wird zu arbeiten und damit seinen Untergang findet.

Um den Fortschritt der Sinkstoffablagerung verfolgen zu können, ist es nothwendig wenigstens periodische Tiefenpeilungen sowohl im Hafen selbst anzuordnen, was auch gegenwärtig erfolgt, als auch im anliegenden Theile ausserhalb desselben.

Ueberhaupt besteht das Haupterforderniss zu Sicherstellung der Schiffahrt in der regelrechten Verpeilung des Meeres. Wenn man Tiefenpeilungen des Hafengebiets für mehrere Perioden von Jahren zur Verfügung hat, wird es möglich sehr nützliche und interessante Berechnungen anzustellen, woraus dann zugleich sehr lehrreiche Schlüsse gezogen werden können.

Auf dem beiliegenden Plane des Libauer Hafens, welcher nach Angaben verschiedener Ministerien (der Marine, der Wegecommunicationen, des Krieges und der Handelsschiffahrt) verfasst ist, sind die Tiefenverhältnisse des Hafengebietes durch Tiefenlinien in sechsfüssigen Intervallen (1,83 m) zur Darstellung gebracht, und zwar für die Periode von 17 Jahren von 1886 bis 1904. Hier sehen wir deutlich, dass die gleichnamigen Tiefenlinien in der genannten Zeitperiode ins Meer vorgedrungen sind d. h. sich vom Ufer entfernt haben, es ist also eine Sinkstoffablagerung und Arbeit des Meeres selbst zu ersehen. Eine derartige Darstellung der Tiefenverhältnisse des Meeres und der Bewegung des Bodens ermöglicht es, das Volumen der Sinkstoffe zu berechnen, welche sich im Hafengebiet in den 17 Jahren abgelagert haben.

Die bezüglichen Rechnungen können in folgender Weise geführt werden :

1) planimetrisch, indem man mit einem Planimeter oder einer Quadrattafel den Flächeninhalt der Schichtenlinien bestimmt und das Volumen für je 2 benachbarte Tiefenlinien berechnet; — aber diese Methode ist nur dann anwendbar, wenn der Verlauf der Tiefencurven identisch oder fast ähnlich ist; anderenfalls, wie auch in unserem Falle, ist diese Methode nicht genau genug ;

2) indem man die Sinkstoffmenge nach Profilen bestimmt; diese Methode kann für derartige Rechnungen als die genaueste gelten und wird desto genauer, je näher wir die Profile von einander annehmen;

3) endlich die dritte Methode, die am wenigsten genaue, die Bestimmung nach Quadraten: die Fläche des Planes wird in Quadrate eingetheilt und in denselben werden die mittleren Tiefen bezeichnet, entsprechend den Tiefenlinien der respectiven Jahre; hierauf werden die den Jahren entsprechenden Wasservolumina berechnet, deren Differenz die Sinkstoffablagerung für die gegebene Zeitperiode ergiebt.

Um nach dem beiliegenden Plane des Libauer Hafens das Volumen der Sinkstoffe, welche in der Periode von 1886 bis 1903 incl. sich ablagerten, zu ermitteln, nehmen wir auf dem Plane die Fläche ABLK, welche innerhalb der Meridiane 20°57' und 21°0' östlicher Länge von Greenwich und den Parallelkreisen 56°30'50" und 56°33'30" nördlicher Breite sich befindet; diese Fläche theilen wir durch dem Parallkreise parallele Linien in Intervalle zu 10 Breitensecunden und zeichnen für jede solche Parallele das entsprechende Profil der Meerestiefen, welche in den Jahren 1886 und 1903 stattfanden; wir erhalten im Ganzen 17 Profile; die characteristischsten derselben sub 3, 4, 6, 10, 11, 15 und 17 sind in der Beilage enthalten.

Auf diese Weise bedeutet auf den beiliegenden Profilen die untere gebrochene Linie die Lage der Hafensohle im Jahre 1886, entnommen dem Schnitt des Planes, welcher dem gegebenen Profil entspricht; die Fläche des Profils, welche auf der unteren Seite von der erwähnten gebrochenen Linie, oberhalb durch die Horizontale begrenzt wird, stellt dar die Profilfläche des Wasservolumens an demselben Orte im Jahre 1886. In gleicher Weise stellt die obere gebrochene Linie die Lage der Hafensohle im Jahre 1903 dar, und die Profilfläche zwischen dieser gebrochenen Linie und derselben oberen Horizontalen stellt die Fläche des Wasservolumens im Jahre 1903 dar; die schraffirte Fläche zwischen den zwei gebrochenen Linien stellt dar die Fläche der Sinkstoffablagerung in dem betreffenden Schnitte für die Periode vom Jahre 1886 bis 1903 incl.

Hierauf führen wir die ganze Berechnung der Sinkstoffablagerung in dreierlei Form aus: 1. für den ganzen Abschnitt des Planes ABLK; 2. nur für den westlichen Theil dieses Abschnittes KABCDEFHL, der zwischen dem Meridian 20°57' und den den Kriegs- und Handels-

hafen begrenzenden Werken liegt und 3. für dessen östlichen Theil BCDEFHB, innerhalb der Nordmole, des nördlichen Wellenbrechers, des südlichen Wellenbrechers, der südlichen Mole und des Meridians 21°0' östlicher Länge von Greenwich d. i. für das Gebiet des Kriegs- und Handelshafens selbst.

Der Gang der Berechnungen ist aus den folgenden drei Tabellen ersichtlich : tabl. I, II, III.

In der ersten obengebrachten Tabelle sind die Sinkstoffablagerungen für den ganzen Abschnitt ABLK unter der Annahme berechnet, dass die Intensität der Ablagerung auf dem ganzen Flächenraum gleich gross ist, dann finden wir dass die Menge der Sinkstoffe, welche sich auf dieser ganzen Fläche in den 17 Jahren ablagerten, 840 914 Cubikfaden (8 167 312 cbm) beträgt. Das ergiebt im Mittel jährlich 49 465 Cbfd (480 425 cbm) Sinkstoffe, und, da das ganze Wasservolumen auf dieser Fläche im Jahre 1903 — 9 986 877 Cbfd (96 996 721 cbm) betrug, so wird die gänzliche Ausfüllung derselben mit Sinkstoffen nach 202 Jahren, also zum Jahre 2105, erfolgen.

Berechnung der Sandablagerung im Libauer Hafen für die Periode von 17 Jahren (1886-1904)

Lfde Profilnummer	Innerhalb der Grenzen 20°57' und 21°0' — Auf dem Plane (Fig. A B L K)							
	Lage des Profils im Plan (Breite)	Entfern. zwischen den Prof. (Länge d. Meridianbogens v. 10° nach d. Elem. d. Erdsphäroids v. Clark 1880).	Flächeninhalt der Wasserprofile v. 1903 zwischen 20° 57' und 21° 0' östl. L. von Greenwich.	Mittlerer Flächeninhalt der Wasserprofile	Volumen des Wassers zwischen diesen Profilen	Inhalt der Profile der Ablagerung innerhalb d. 17 Jahre zwischen 20°57' und 21°0' östl. L. v. Greenwich.	Mittlere Profilflächen der Ablagerung	Volumen der Ablagerung zwischen je zwei benachbarten Profilen
		In Faden	In Qfd.	In Qfd.	In Cbfd.	In Qfd.	In Qfd.	In. Cbfd.
1	56° 33' 30"		4 310,04			451,39		
		144,98		4 266,41	618 544,12		623,88	90 450,13
2	20"		4 222,78			796,97		
		144,98		4 357,49	631 748,90		755,23	109 493,25
3	10"		4 492,20			714,09		
		144,98		4 646,67	673 674,22		646,82	93,775,96
4	0"		4 801,14			579,55		
		144,98		4 834,86	700 958,00		568,53	82 425,48
5	56° 32' 50"		4 868,57			557,51		
		144,98		5 091,43	738 155,52		201,61	29 229,42
6	40"		5 314,29			— 154,29		
		144,98		4 900,00	710 402,00		269,10	39 014,11
7	30"		4 485,71			692,49		
		144,98		4 539,64	658 157,00		451,77	65 497,61
8	20"		4 593,57			211,06		
		144,98		4 467,50	647 698,15		189,74	27 508,51
9	10"		4 341,43			168,43		
		144,98		4 345,36	629 990,29		235,10	34 084,80
10	0"		4 349,29			301,78		
		144,98		4 259,64	617,562.61		264,75	38 383,46
11	56° 31' 50"		4 170,00			227,71		
		144,98		4 061,07	588 773,93		212,07	30 745,91
12	40"		3 952,14			196,43		
		144,98		3 873,22	561 539,44		232,50	33 707,85
13	30"		3 794,29			268,57		
		144,98		3 780,44	548 088,19		282,86	41 009,04
14	20"		3 766,59			297,14		
		144,98		3 783,30	548 502,84		337,86	48 982,94
15	10"		3 800,00			378,57		
		144,98		3 833,57	555 790,97		284,64	41 267,11
16	0"		3 867,14			190,71		
		144,98		3 843,92	557 291,52		243,75	35 338,88
17	56° 30' 50"		3 820,71			296,78		
					9 986 887,70 Cbfd = 96 996 720,8 cbm			840 914,46 Cbfd = 8 167 312 cbm

$$\frac{9\,986\,877}{49\,465} = \frac{96\,996\,721}{480\,425} = 202 \text{ Jahre.}$$

$$\frac{840\,914}{17} = 49\,465 \text{ Cbfd} = 480\,425 \text{ cbm.}$$

Berechnung der Sandablagerung im Libauer Hafen für die Periode von 17 Jahren (1886-1904)

Lfde Profilnummer	Zwischen dem Meridian 20°57' und den Umgrenzungsbauten des Hafens (Fig. K A B C D E F H L)							
	Lage des Profils im Plan (Breite)	Entfern. zwischen den Prof. (Länge d. Meridianbogens v. 10' nach d. Elem. d. Erdsphäroids v. Clark 1880).	Flächeninhalt der Wasserprofile v. 1903 zwischen dem Meridian 20°57' und den Umgrenzungsbauten des Hafens.	Mittlerer Flächeninhalt der Wasserprofile	Volumen des Wassers zwischen je zwei benachbarten Profilen	Profilinhalt der Ablagerung innerhalb der 17 Jahre zwischen 20°57' und den Umgrenzungsbauten des Hafens.	Mittlere Profilflächen der Ablagerung	Volumen der Ablagerung zwischen je zwei benachbarten Profilen
		In Faden	In Qfd.	In Qfd.	In Cbfd.	In Qfd.	In Qfd.	In. Cbfd.
1	56° 33' 30"		4 310,04			451,39		
		144,98		3 362,88	487 550,34		461,68	66 934,36
2	20"		2 415,71			471,98		
		144,98		2 026,78	293 842,56		408,91	59 284,77
3	10"		1 637,85			345,85		
		144,98		1 493,93	216 589,97		316,67	45 910,82
4	0"		1 350,00			287,49		
		144,98		1 416,79	205 406,21		258,24	37 439,64
5	56° 32' 50"		1 483,57			229,00		
		144,98		1 505,71	218 297,84		214,14	31 046,02
6	40"		1 527,86			199,28		
		144,98		1 556,26	225 626,57		251,77	36 501,61
7	30"		1 584,65			304,27		
		144,98		1 720,37	249 419,24		180,84	26 218,18
8	20"		1 856,08			57,41		
		144,98		1 870,90	271 243,08		61,70	8 945,27
9	10"		1 885,72			66,00		
		144,98		1 935,72	280 640,69		111,57	16 175,42
10	0"		1 985,72			157,15		
		144,98		1 949,64	282 658,81		213,79	30 995,27
11	56° 31' 50"		1 913,57			270,42		
		144,98		1 869,64	271 060,41		306,64	44 456,67
12	40"		1 825,71			342,86		
		144,98		1 943,22	281 728,04		297,50	43 131,55
13	30"		2 060,72			252,14		
		144,98		2 514,44	364 543,51		274,64	39 817,31
14	20"		2 968,16			297,14		
		144,98		3 101,23	449 616,33		337,86	48 982,94
15	10"		3 234,29			378,57		
		144,98		3 379,29	489 929,46		284,64	41 267,11
16	0"		3 524,28			190,71		
		144,98		3 672,49	532 437,60		243,75	35 338,88
17	56° 30' 50"		3 820,71			296,78		
					5 120 590,66 Cbfd = 49 733 332 cbm			612 444,82 Cbfd = 5 947 320 cbm

Die Verlandung erfolgt also nach 5 120 590 = 142 Jahren.

Also ungefähr $\frac{612\,444}{17}$ = 36 026 Cbfd = 349 890 cbm. Ablagerung pro Jahr.

Berechnung der Sandablagerung im Libauer Hafen für die Periode von 17 Jahren (1886-1904)

Lfde Profilnummer	Innerhalb der Umgrenzungsbauten des Kriegs- u. Handelshafens (Fig. A B C D E F H B)							
	Lage des Profils im Plan (Breite)	Entfern. zwischen den Prof. (Länge d. Meridianbogens v. 10° nach d. Elem. d. Erdsphäroids v. Clark 1880).	Flächeninhalt der Wasserprofile Ende 1903 innerhalb der Umgrenzungsbauten des Kriegs- und Handelshafens.	Mittlerer Flächeninhalt der Wasserprofile	Volumen des Wassers zwischen je zwei benachbarten Profilen	Profilinhalt der Ablagerung in den 17 Jahren innerhalb des Kriegs- und Handelshafens.	Mittlere Profilflächen der Ablagerung	Volumen der Ablagerung zwischen je zwei benachbarten Profilen
		In Faden	In Qfd.	In Qfd.	In Cbfd.	In Qfd.	In Qfd.	In Cbfd.
1	56° 33' 30"							
		144,98		903,53	130 993,78		162,20	23 515,77
2	20"		1 807,07			324,39		
		144,98		2 330,71	337 906,34		346,32	50 209,47
3	10"		2 854,35			368,24		
		144,98		3 152,74	457 084,25		330,15	47 865,15
4	0"		3 451,14			292,06		
		144,98		3 418,07	495 551,79		310,29	44 985,84
5	56° 32' 50"		3 385,00			328,51		
		144,98		3 585,72	519 857,69		— 12,53	— 1 816,60
6	40"		3 786,43			— 353,57		
		144,98		3 343,74	484 775,43		17,33	2 512,50
7	30"		2 901,06			388,22		
		144,98		2 819,27	408 737,76		270,93	39 279,43
8	20"		2 737,49			153,65		
		144,98		2 596,60	376 455,07		128,04	18 563,24
9	10"		2 455,71			102,43		
		144,98		2 409,64	349 349,61		123,53	17 909,38
10	0"		2 363,57			144,63		
		144,98		2 310,00	334 903,80		50,96	7 388,18
11	56° 31' 50"		2 256,43			— 42,71		
		144,98		2 191,43	317 313,52		— 94,57	—13 710,76
12	40"		2 126,43			— 146,43		
		144,98		1 930,00	279 811,40		— 65,00	— 9 423,70
13	30"		1 733,57			16,43		
		144,98		1 266,00	183 544,68		8,22	1 191,74
14	20"		798,43			0		
		144,98		682,07	98 886,51		0	0
15	10"		565,71			0		
		144,98		454,28	65 861,51		0	0
16	0"		342,86			0		
		144,98		171,43	24 853,92		0	0
17	56° 30' 50"							
					4 866 287,66 Cbfd = 472 634 15 cbm			228 469,64 Cbfd = 2 218 992 cbm

$\frac{4\,866\,287}{134\,39} = \frac{47\,263\,415}{130\,525} = 362$ Jahre.

$\frac{228\,469}{17} = 13\,439$ Cbfd $= 130\,525$ cbm. Ablagerung pro Jahr.

Wenn wir weiter ähnliche Berechnungen einzeln für jeden der erwähnten Flächentheile ausführen, so finden wir, dass die Intensität der Sinkstoffablagerung in ihnen verschieden gross ist. So sind in dem westlichen Theile KABCDEFHL des betrachteten Abschnittes (vgl. Tabelle II) in den 17 Jahren 612 444 Cbfd (5 947 320 cbm) Sinkstoffe zur Ablagerung gekommen, also lagerten jährlich 36 026 Cbfd (349 890 cbm) ab und dieser ganze Wasserraum kann von Sinkstoffen nach 142 Jahren d. h. zum Jahre 2045 ausgefüllt werden.

Der Inhalt des betrachteten Flächentheils ist gleich 1 542 158 Qfd (7 020 160 qm). Wenn wir annehmen, dass die Intensität der Sinkstoffablagerung in der ganzen Ausdehnung dieses Flächentheils gleich gross war, so erhalten wir im Mittel für 17 Jahre eine Ablagerungsschicht von $\frac{612\ 444}{1\ 542\ 158} = 0{,}39713$ Fad. (0,8473 m), also pro Jahr eine Schicht von $\frac{0{,}39713}{17} = 0{,}0234$ Fad., rund 0,02 Fad. (0,044 m).

Wenn wir uns endlich dem östlichen Theile BCDEFHB des betrachteten Abschnitts, welcher westlicherseits von Kunstbauten und gegen Osten von dem natürlichen Ufer begrenzt wird, d. h. der Fläche des eigentlichen Hafens zuwenden, so finden wir, dass die Menge der in den 17 Jahren erfolgten Ablagerungen (vgl. Tabelle II) 228 469 Cbfd. (2 218 992 cbm) d. h. 13 439 Cbfd. (130 525 cbm) pro Jahr beträgt, was einer mittleren Schicht von 0,008 Fad. (0,017 m) gleichkommt, mithin die Intensität der Ablagerung $\frac{0{,}02336}{0{,}00810} = 2{,}9$ mal geringer ist als im westlichen Theile der betrachteten Fläche und der Hafen selbst wird ungefähr nach 350 Jahren d. i. zum Jahre 2250 ausgefüllt werden.

Wenn wir 2250 als Jahr des gänzlichen Verschwindens des Hafens annehmen, so wird dabei die Dauer der Verflachung mit 347 Jahren d. h. um 15 Jahre geringer angenommen, als nach Tabelle II berechnet worden, und zwar infolgedessen, dass in Wirklichkeit innerhalb 17 Jahren (1886-1904) auf der Hafenfläche sich etwas mehr Sinkstoffe abgelagert haben, aber ein Theil davon bei der hier seit 1892 stattgehabten Baggerung entfernt worden ist.

Diese Baggerung wurde in dem von uns in Betracht gezogenen Zeitraum nur im Vorhafen (und auf der offenen Rhede zur Vertiefung des Fahrwasserkanals) vorgenommen, und dabei einzig zu dem Zwecke, um dem Vorhafen eine bestimmte Tiefe zu geben

welche für den Verkehr der Kriegsschiffe verlangt wird, nicht aber zum Zwecke der Entfernung der Sinkstoffe. Dabei wurde, nach Aussage des Erbauers des Hafens Kaiser Alexander III, hauptsächlich lehmiger Mutterboden ausgehoben, welcher nur theilweise mit Sand und Schlamm vermischt war, wobie diese letztere Beimengung in so geringen Volumen stattfand, dass si sich sogar der Berechnung entzieht.

Natürlich wird mit der Zeit, wenn man die Sinkstoffe aus dem Kriegsvorhafen nicht entfernen würde, auch dieser ausgefüllt werden.

Nachdem wir die Bedingungen des vollständigen Verschwindens des Hafens d. h. der Verwandlung der Hafenfläche in Uferterrain in Betracht gezogen, gehen wirüber zur Untersuchung des Verlustes des Hafens infolge der Verminderung der Tiefe und darauffolgenden vollständigen Abschlusses durch Sinkstoffe der Einfahrten in dieselben; in letzterem Falle wird, auch wenn im Hafen selbst keine Bodenablagerung stattfindet, der Hafen zu functioniren aufhören und sich in einen Binnensee verwandeln; wenn aber Ablagerungen stattfinden, kann der Moment der Hafensperre für die Schiffahrt bedeutend früher eintreten, als die vollständige Verflachung der Rhede des Hafens. In der That ist die Möglichkeit der Benutzung des Hafens abhängig von dem für die Schiffahrt geeigneten Zustande seiner Einfahrten; der letzte Umstand aber ist abhängig : 1. von dem derzeitigen Tiefgang der Schiffe und 2. von der Intensität der Tiefenabnahme der Einfahrten.

Wenn wir uns der ersten angeführten Bedingung zuwenden, so müssen wir in Betracht ziehen, dass die Schiffe der Kriegsflotte einen Tiefgang von 28 Fuss (8,53 m) und sogar mehr haben, also schon jetzt können dieselben nur durch die *nördliche* und *mittlere* Oeffnung einfahren, welche, wie oben erwähnt worden, durch Baggerung auf 30 Fuss (9,12m) vertieft sind, während der südliche Eingang nach einer Vertiefung bis 28 Fuss (8,53 m) nur für Kauffahrteischiffe zugänglich ist, deren Tiefgang nicht über 23-24 Fuss (7-7,3 m) hinausgeht. Bei Betrachtung des Planes und der Profile N^{ro} 2, 8 und 11 finden wir, dass die Stärke der Bodenschicht, welche sich innerhalb der 17 Jahre an den Eingängen abgelagert hat, 2 bis 3 Fuss = 0,285 bis 0,429 Fad. (0,61 — 0,91 m) beträgt. Wenn man folglich in den Eingängen zum Hafen die weiteren Ablagerungen nicht durch Baggern wegräumen, sondern in ihrem jetzigen Zustande (30', 30' und 28') belassen würde, so würden sie nach 17 Jahren und spätestens nach 20 Jahren nur für

solche Schiffe zugänglich sein, deren Tiefgang bei Kriegsschiffen weniger als 28 Fuss (8,53 m) und bei Handelschiffen 26 Fuss (7,92 m) beträgt, (wenn letztere nur durch die Einfahrt für Handelsschiffe passiren), und nach 25-30 Jahren für Schiffe mit einem Tiefgang von 27 resp. 25 Fuss (8,23 resp. 7,62 m), so dass nach 30 Jahren schon viele Schiffe den Hafen nicht werden anlaufen können; die Anzahl solcher Schiffe wird besonders deswegen zunehmen, weil der Tiefgang der letztgebauten Schiffe bedeutend zunimmt; so hat in den letzten 15 Jahren der Tiefgang der neugebauten Kriegsschiffe um etwa 5 Fuss zugenommen.

In Bezug auf die Unterhaltung des Libauer Hafens können wir aus dem Obenangeführten folgenden Schluss ziehen : um den Libauer Hafen in seinem gegenwärtigen Zustande dauernd zu erhalten ist erforderlich die im Hafen vorgenommene Baggerung im Mittel um 14 000 Cbfd (131 000 Cbm) (nach Tab. III um 13 439 Cbfd) jährlich zu vergrössern und ausserdem hat die Baggerung auch ausserhalb des Hafens, und zwar mit etwa 36 000 Cbfd (349 890 Cbm) jährlich, zu erfolgen. Besonders aber zu beachten ist der Zustand der Hafeneinfahrten, denn deren Versandung geht rascher vor sich als die Ablagerung im Innern des Hafens, und zwar ist die Dicke der Ablagerungsschicht im Kriegsvorhafen bedeutend geringer als 0,008 Fad. (0,017 m) pro Jahr, während die Ablagerung an den Hafeneinfahrten von $\frac{0{,}285}{17}$ bis $\frac{0{,}429}{17}$ d. h. 0,017 bis 0,025 Fad. (0,036 — 0,053 m) pro Jahr betragen.

Wenn endlich gefordert würde, dass der Hafen für Schiffe grösseren Tiefgangs zugänglich sei, müsste die Baggerung auf der Hafenrhede verstärkt werden nach Massgabe der verlangten Tiefe und bei entsprechender Vertiefung der Einfahrten.

Bei geringerer Intensität des Baggerbetriebes wird dieser Hafen bedingungslos der Verflachung und vollständigen Absperrung durch Sinkstoffablagerung anheimfallen.

III. — **Windauer Hafen.**

Die Hafenstadt Windau, an der Mündung des gleichnamigen Flusses gelegen, befindet sich an der sandigen Küste der Ostsee, unter 57°23' N. B. und 8°46' W. L. von Pulkowo. (Pl. III, Abb. 1). Dem geologischen Bau ihrer Ufer nach wird diese Küste von der preussischen Grenze bis zum Rigaer Meerbusen in den oberen Schichten durch die Ablagerungen der Glazial-Periode charakte-

risiert, die hier durch die Denudationsprogresse blossgelegt und ausgespült, dort wiederum von Dünensand und jüngsten Ablagerung des Alluviums überdeckt sind (Pl. III, Abb. 2). Die durch die Denudations-Prozesse gebildeten Zerstörungsstoffe des Ufers und des Meeresbodens bewirken in unermüdlicher Arbeit die Anspülung eines neuen Strandufers, wobei grosse Massen von Sand und Kieselsteinen, dem Wellenschlage und den Uferströmungen folgend, sich teils am flachen Ufer ablagern, teils sich längs diesem auf dem Meeresboden weiter fortbewegen.

Der sich auf der Meeresküste ablagernde und trocken gewordene Sand wird vom Winde weitergetragen und liefert das Material zur Bildung der Uferdünen, die in der Umgegend Windaus stellenweise eine bedeutende Höhe erreichen (30-40 m).

Die Mündung der Windau ist ein wasserreiches, tiefes Aestuarium, gebildet durch fliessende Wasser in dem Becken eines alten Sees. Im allgemeinen bildet der Unterlauf des Windauflusses auf der letzten Strecke von 8 Werst eine tiefe Einsenkung, die stellenweise 12-13 m. Tiefe erreicht, und deren Breite zwischen 120-200 m schwankt; erst bei ihrem Ausfluss ins Meer wird sie künstlich durch Bollwerke auf 90 m eingeschränkt. (Pl. III, Abb. 1) (1).

In den Grenzen des Hafens, d. h. in einer Ausdehnung von ungefähr 4 Werst von der Mündung beträgt die Tiefe des Fahrwassers in seiner ganzen Breite 24'-26 Fuss. Dieselbe Wassertiefe ist durch Baggerarbeiten fast an allen neu angebauten Bollwerken des Hafens erzielt worden.

Die Geschwindigkeit des Stromes an der Oberfläche im Unterlauf übersteigt bei normalem Wasserstande nicht 0,5-0,75 Fuss. Die Schwankungen des Wasserniveau erreichen 2 Fuss über oder unter normal und sind vom Wasserstande des Meeres abhängig : sie steigen bei Seewinden von W. und fallen bei Landwinden von O.

Das Debet der Windau übersteigt gewöhnlich nicht 6-7 cbfd, im Frühjahr aber während des Hochwassers steigert es sich um 20-30 mal und mehr, wobei die Schnelligkeit des Stromes an der Oberfläche 7-10 Fuss pro Sekunde erreicht. Der normale Fall des Hochwassers im Frühjahr beträgt im Unterlaufe des Flusses 0,0001.

Das Niveau des Hochwassers überstieg in der Mündung nach den Beobachtungen der letzten 10 Jahre nicht 2,5 Fuss über normal;

---

(1) Vor dem Umbau der alten (mittleren) Nordmole i. J. 1897 war die Breite der Flussmündung an dieser Stelle sogar nur 52 m.

ab und zu verlief der Eisgang auch ganz ohne Steigen des Wasserspiegels.

Die Menge der Sinkstoffe, die der Fluss bei gewöhnlichem Wasserstande mit sich führt, ist eine sehr geringe, so dass dieselben vor der Erbauung der neuen Molen an der Bildung der Seebarre keinen merklichen Anteil nahmen. Sogar zur Zeit des Eisganges, wo der Strom besonders viele suspendierte Substanzen mit sich führt, lagerten sich die Flusssinkstoffe an der Flussmündung ab; im Gegenteil, die grössere Geschwindigkeit, mit welcher die Wassermassen aus der eingeengten Flussmündung dem offenen Meere zustrebten, trug zu einer teilweisen Abspülung der aus Seesand entstandenen Barre bei.

Bis zur Erbauung der neuen Windauschen Molen war eine plötzliche Verflachung der Wassertiefe am Eingange des Windauer Hafens von 18 Fuss bis auf 12 und sogar 10 Fuss durchaus keine Seltenheit, besonders nach W- und SW-Stürmen, die zur energischen Bildung der Barre beitrugen (Pl. III Abb. 3) (1).

Nämlich bei W-Winden schlugen die den vom Meeresboden aufgewühlten Sand mit sich führenden Wellen schräg ans Ufer und rollten wiederum senkrecht zurück, infolgedessen bekamen sie allmählich eine dem Ufer parallele Fortbewegung, wodurch eine Uferströmung in der Richtung von S nach N entstand.

Bei der Flussmündung sties diese Strömung auf das aus entgegengesetzter Richtung kommende Flusswasser. — Der Zusammenstoss dieser nach spezifischem Gewicht und Temperatur verschiedenen Wassermassen verlangsamte die Schnelligkeit der Sand mit sich führenden Wellen, wodurch der sich absondernde und ablagernde Sand vor der Flussmündung die Barre bildete.

Ein analoger Vorgang wird auch bei N-Winden beobachtet, aber nur in bedeutend geringerem Grade.

Ueberhaupt suchte der sich längs dem Ufer fortbewegende Sand den Hafeneinfahrtskanal, der durch Eisgang und Baggerarbeiten tief erhalten wurde, dem Niveau des Meeresbodens gleichzumachen und so eine gleichmässig zu den Meerestiefen hin abfallende Böschung zu bilden. Solch ein Relief nahm in der Tat der Meeresboden in den Jahren an, in denen der Eisgang ein schwacher war und keine Baggerarbeiten auf der Barre vorgenommen wurden.

---

(1) Verg. Bole, « Windauer Hafen ». *Geschichte der Russischen Häfen*, Bd. X. V. E. de Timonoff, *Premiers travaux de dragage à succion en Russie, Ports de Libau et de Vindau*, 1892. Schistowsky, « Windauer Hafen », *Gesch. d. Russ. Häf.*, Bd. XXIII.

Die totale Menge der Anschwemmungen, die sich auf der Barre ablagerten und zum Teil durch den Eisgang weggespült, zum Teil durch das Baggern entfernt wurden um eine beständige Tiefe von 18 Fuss zu erhalten, ist vom Hafenbau-Director Ingenieur Bolé auf 10,000 cbfd. angegeben. Er war dabei der Meinung, dass man durch das Baggern allein an der sanft abfallenden Windauschen Küste, an der eine so bedeutende Fortbewegung der Anschwemmungen vor sich geht, im offenen See-Kanale eine Wassertiefe auf die Dauer nicht erhalten könne, die bedeutend von der des umgebenden Meeresbodens abweicht.

Die Meinung seines Vorgängers teilte auch sein Nachfolger, der Hafenbau-Director Ingenieur Schistowsky; er legte diese Anschauung seinem gegenwärtig ausgeführten Projekte der Schutzmolen-Anlage zu Grunde, die die Durchführung des Seekanals und dessen dauernden Fortbestand sichern sollten und zwar bei einer Wassertiefe von 25 Fuss.

Das Project wurde in folgender Weise ausgeführt :

Auf der Rhede des Windauer Hafens wurden von der Flussmündung aus bis zur Tiefe von 24 Fuss zwei Molen in das Meer hinausgebaut, die südliche 697 Faden und die nördliche 969 Faden lang, die einen vor dem Wellenschlage geschützten Vorhafen bildeten, dessen Areal 166 ha erreicht.

Die Einfahrtsbreite zwischen den beiden Molenköpfen beträgt 125 Faden.

Der Einfahrtskanal von 25 Fuss Tiefe und 160 m Breite ist von der Flussmündung an bis zur natürlichen Meerestiefe von 25 Fuss zum grössten Teile im Vorhafen zwischen den ihn einschliessenden convexen Molen ausgebaggert. Um den tiefgehenden grossen Schiffen das Einlaufen zu erleichtern, erweitert sich der Seekanal zwischen den Molenköpfen trichterförmig.

Die Südmole, an deren innerer Seite der Flussstrom vorüberstreicht, schützt den Einfahrtskanal vor dem Ablagern der Seesände die die südliche Uferströmung bei starken Stürmen mit sich führt, indem sie dieselben am Hafeneingang in der Richtung nach N vorbeidrängt; zugleich wird durch die Südmole das durch nördliche Winde herbeigetriebene Treibeis nicht aufgehalten. Die Nordmole hindert die Ansammlung und Stauung des Treibeises im Vorhafen, indem die dasselbe in der Richtung nach Süden an der Hafeneinfahrt vorüberlenkt; zugleich ist die Nordmole dem Vorbeitreiben der Sände von S nach N bei W- und SW-Stürmen nicht hinderlich. Da die regelrechte Anlage einer der Molen zugleich in gewissem

Masse die zweckmässige Wirkung der anderen paralysiert, so musste man bei ihrer Projektierung einen Kompromiss eingehen, der zulies, dass einerseits eine geringe Versandung des Fahrwassers eintreten könne, die durch periodisch vorgenommene Baggerarbeiten zu entfernen sei, und anderseits im Vorhafen ein kleine Stauung des Treibeises vorkommen könne und man es durch den Hafeneisbreicher zu forcieren habe. Im Grossen und Ganzen stimmt das Projekt der Schutzanlagen im W-Hafen mit dem vom Pariser Internationalen Kongress im Jahre 1889 als am zweckmässigsten für Häfen im Sandgebiet anerkannten Mustern überein.

Die neue Molenanlage wurde in den Jahren 1901-1905 nach den Typen (Abb. 6) ausgeführt und betrug 2,200,000 Rubel. Die Kosten der Reparaturen der durch Stürme während der Arbeit verursachten Beschädigungen, betrugen die Summe von 125,000 Rubel, also 5,7 % der ganzen Summe. Die Kosten 1 laufenden Fadens der Mole betrugen also 1,400 Rubel.

Die zu der Anlage des Einfahrtskanals erforderlichen Baggerarbeiten wurden im Jahre 1900 begonnen und zum ersten Male wurde auf seiner ganzen] Ausdehnung eine Tiefe von 25 Fuss im Jahre 1906 erreicht. Die Quantität der ausgebaggerten Erdmassen betrug 143,292 Cbfd und überstieg somit die Anschlagsberechnung von 85,000 Cbfd ungefähr um 58,000 Cbfd. Dieser Unterschied gibt die Quantität der Sinkstoffe an, die während des Baues um die Molenköpfe der noch nicht ausgebauten Molen vom Meere aus in den Vorhafen getrieben wurden und sich im Einfahrtskanal ablagerten. Die Kosten der Baggerarbeiten betrugen ohne Veranschlagung der Ausgaben für die Baggermaschinen 350,000 Rubel, so dass 1 Kub. Faden ungefähr auf 2,50 R zu stehen kam.

Folgende Tabelle N^{r} I gibt ein Verzeichnis der Apparate, welcher man sich zur Ausbaggerung des Seekanals bediente; Tab. N^{r} II eine Angabe des Arbeitserfolges in den einzelnen Jahren.

TABELLE N° I.

Numeros	BENENNUNG DER BAGGERMASCHINEN	Zahl der indic. PH	Länge Fuss	Breite Fuss	Tiefe Fuss	Tiefe der Baggerung	Leistungsfähigkeit Kubikfaden pro Stunde	ENTFERNUNGSWEISE DER BAGGERUNGSPRODUKTE
1	Eimerbagger « Gustav Bole »	500	152 3/4	33 1/4	9 3/4	0-30	15-40	Dampfprähne.
2	Sauger « Libau » .	275	147 1/2	28 1/4	11	11-36	10-30	Selbstabführend.
3	E. Bagger u Sauger « A. Bötticher »	540	190 1/4	34 3/4	12	14-32	20-40	Dampfprähne oder selbstabführend oder refülie. Einrichtung.
4	Eimerbagger « A. Stempinsky »	500	152 3/4	33 1/4	9 1/4	0-30	15-40	Dampfprähne.
5	Bagger « Windau »	250	96	25 1/4	6	0-21	5-15	Prähne.

Tabelle N° II.

Benennung der Baggermaschinen	Quantitæt der ausgebaggerten Erdmassen in kubikfaden								Preis pro Kubikfaden
	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	Total	
									Rbl
Eimerbagger « G. Bole »	6 447	16 968	11 105	8 642	13 954	23 881	14 692	95 688	2,3
Sauger « Libau »	962	406	3 558	561	26	11 087	11 531	28 131	1,50
Bagger u. Sauger « A. Bötticher » .	—	—	—	—	1 005	11 087	—	12 092	2,5
Eimerbagger « A. Stempinsky ». .	—	—	—	—	—	—	5 670	5 670	3,5
Eimerbagger « Windau »	—	—	30	—	1 681	—	—	1 711	3
Total. . .	7 409	17 374	14 693	9 203	16 665	46 055	31 893	142 292	2,50

Seit dem Beginn der Arbeiten zur Ausführung des genannten Molen-Projekts sind 10 Jahre vergangen und seit ihrer Vollendung mehr als 3 Jahre.

Die in diesem Zeitraum angestellten Beobachtungen haben bis zu einem gewissem Grade den Beweis geliefert, inwieweit das ausgeführte Projekt den gehegten Erwartungen entspricht, in Betreff der Möglichkeit die Tiefe des Einfahrtskanals beständig auf 25 Fuss zu erhalten und ein bequemes und ungehindertes Einlaufen tiefgehender Schiffe im Laufe des ganzen Jahres zu sichern.

Vor allen Dingen ist der Umstand zu verzeichnen, dass auch nach der Anlage der Molen der Hauptvorzug des Windauer Hafens, der darin besteht, dass er stets eisfrei ist, durchaus keine Einbusse erlitten hat.

Seit der Anlage der Molen ist der Zugang zum Hafen noch nie durch Eismassen versperrt gewesen; selbst die für die Schiffahrt ungünstige Periode, während welcher die Schiffe infolge der Stauung des Flusseises in den Hafen bugsiert werden mussten, hielt nie länger, als 1 oder 2 Tage an; in einigen Jahren fiel sie sogar ganz aus.

Seit dem Ausbaue der Molen hat sich der Modus der Fortbewegung der Sandmaterialien und der Barrenbildung gegenüber der Flussmündung bedeutend verändert, was wiederum Veränderungen im allgemeinen Charakter der Küste hervorrief. Zur Veranschaulichung, der durch die Molenanlage hervorgerufenen Erscheinungen, kann die beigefügte Zeichnung (Abb. 7 Taf. II) dienen.

Aus diesem Plan ersehen wir Folgendes : Nach der Molenanlage begann die Küste an der Aussenseite der Südmole infolge der Sandablagerungen in dem hier gebildeten toten Winkel stark vorzutreten, in den Jahren 1901-1906 schob sich die Küste um 100 Faden vor, während in den Jahren von 1854-1897 in den Umrissen des Küstensaumes keine bemerkbare Veränderungen beobachtet wurden. In geringerem Masse findet eine Verschiebung der Küste und Sandablagerung im toten Winkel der Nordmole statt; stellenweise wird längs der Nordküste sogar ein bedeutendes Zurücktreten der Küstenlinie wahrgenommen. Vom Ufer an bis zur Meerestiefe von 24-27 Fuss haben sich die gleichen Tiefenlinien gegenüber der Flussmündung weiter ins Meer vorgeschoben, hauptsächlich auf geringeren Tiefen.

Auf den Meerestiefen von 27 Fuss an sind in den Jahren 1887-1907 keine besonderen Veränderungen in dem Bodenrelief vor sich gegangen.

An der Aussenseite der Südmole hat sich parallel ihrem Kopfe ein 25-27 Fuss tiefer Kolk gebildet, der mit der gleichen natürlichen Meerestiefe in Verbindung steht. Diese Erscheinung wird dadurch hervorgerufen, dass bei SSW und W-Stürmen ein Teil der entstandenen südlichen Küstenströmung zunächst eine der Mole parallele Richtung einschlägt und dann die Richtung der Tangente des Molenkopfes, an der Hafeneinfahrt vorüber, nimmt. An die fast vertikale Molenwand herangedrängt, gewinnt die Strömung eine bedeutende Geschwindigkeit und sie wühlt den Seegrund längs dem Ende der Südmole auf. Ein Teil des aufgewühlten Sandes lagert sich gegenüber der Hafeneinfahrt ab und bildet im Seekanal eine Barre, deren Wassertiefe weniger als die nächstliegenden natürlichen Meerestiefen beträgt.

Ebenso ausgespült wird der Meeresboden auch hinter dem Kopf der Nordmole, aber nur bei N-Winden und in bedeutend geringerem Masse, da die durch diese Winde hervorgerufene Uferströmung keine grosse Stärke erreicht (s. Abb. 4, Taf. III). Im Grossen und Ganzen können die in das Meer hineinragenden convexen Windauer Molen als eine Bune betrachtet werden, die der Wirkung der ihre Richtung wechselnden Ueberströmungen ausgesetzt ist; dabei ist die bei S- und W-Winden eintretende südliche Uferströmung, die Vorwiegende.

Das durch diese Verhältnisse hervorgerufene Regime des Einfahrtkanals in seinem offenen, im Meere gelegenen Teile, kann im Allgemeinen in folgender Weise charakterisiert werden :

1. Die Südseite des offenen Einfahrtkanals, die der südlichen Küstenströmung ausgesetzt, ist in Bezug auf die Wassertiefe über der Barre in einer günstigeren Lage, als die Nordseite, auf der eine intensivere Ablagerung von Sinkstoffen stattfindet.

2. Während der Periode der Herbst- und Winterstürme, mithin in der Zeit, wo die Baggerarbeiten gewöhnlich unterbrochen werden müssen, nimmt die Wassertiefe über der Barre in den Grenzen des Seekanals auf seiner Südseite bis auf 24-23 Fuss ab, und auf seiner Nordseite bis auf 22-20 Fuss.

3. Die Barre bildet eine Sandbank in fast paralleler Richtung zur Verbindungslinie der beiden Molenköpfe, wobei sie zur Südseite hin eine stärkere Neigung, nämlich von 1-1 1/2° hat und zur Nordseite eine geringere; sie erreicht hier 1/2°.

4. Die Länge der Strecke längs der Axe des Kanals, auf der

die Barrenbildung stattfindet, beträgt nicht mehr als 120 Faden (= 256 m).

5. Die Erdmassen, die sich während der stürmischen Herbst- und Winterperiode im offenen Teile des Seekanals ablagern und durch Baggerarbeiten entfernt werden müssen, um eine Tiefe von 25 F zu erhalten, betragen 15-25000 cbfd.

6. Die Ablagerungen auf der Barre bestehen aus feinem Meersande, zuweilen mit Kieseln vermischt, welche letztere allerdings in sehr unbedeutender Menge vorhanden sind.

In der beigefügten Tabelle III sind die Resultate der Untersuchung einiger Proben des Meersandes auf seine Grobkörnigkeit hin angeführt, wobei dieselben dem Meeresboden auf der Barre am 5. April 1907 bei stillem Wetter entnommen waren :

GROSSE d. Sandkörner	N° DER PROBEN					Dünensand	ANMERKUNG
	I	II	III	IV	V		
	PROCENTE						
< 0,05 m/m	99.0	96.0*	98.4	57.2	64.8	12.6	*Beimischung von Schlamm und organischen Substanzen.
0,05 — 0,1	1.0	2.0*	1.0	21.7		47.1	
0,1 — 0,2	—	1.8*	0.6	13.0	19.5	36.8	
0,2 — 0,5	—	0.2*	—	7.1	15.0	3.5	
0,5 — 0,8	—	—	—	0.6	0.5	—	
> 0,8 m/m	—	—	—	0.4	0.2	—	

Da der Meersand hauptsächlich Körner unter 0,001 m enthält, so kann er nach der Klassification Thourelet's als Sandschlamm bezeichnet werden.

Nach den angeführten Daten lässt sich die Art der Baggerarbeiten bestimmen, in welcher sie am zweckentsprechendsten vorgenommen werden könnten, um die Tiefe des Einfahrtskanals von 25 F zu sichern.

Bei den lokalen Verhältnissen ist die Anlage einer Präservativrinne auf der Südseite des Kanals nicht erforderlich, um dort die Sände vor ihrer Ablagerung in dem Fahrwasser des Einfahrts-

kanals aufzuhalten, da das Meer von sich aus die Durchführung und Erhaltung dieser Rinne besorgt.

Zur Erhaltung einer bedeutenderen Wassertiefe in dem Einfahrtskanale, könnten Baggerarbeiten auf seiner Nordseite von grossem Nutzen sein, und zwar in der Richtung der von S nach N an der Hafeneinfahrt vorüberstreichenden und viel Seesand mit sich führenden Meeresströmung.

Nach dem Dargelegten kann man sich bei der Auswahl des Typus einer Baggermaschine richten, welche bei den lokalen Verhältnissen am zweckentsprechendsten wäre in Betreff ihrer Produktivität, ihrer Oekonomie und, was besonders wichtig, ihrer Arbeitsgeschwindigkeit bei eventuellen Reinigungen des Seekanals.

In Extrafällen muss die Ausbaggerung einer Rinne durch die Barre in nicht mehr als 1 bis 2 Tagen vollendet sein.

In Anbetracht der erwähnten Verhältnisse des W. Hafens müsste man in der Hafeneinfahrt in 24 Stunden nicht weniger als 500 cbfd ausbaggern um in 1-2 Tg. eine zeitweilige Rinne von 120 Faden Länge und nicht weniger als 15 Faden Breite herzustellen, wobei die Dicke der zu entfernenden Schicht durchschnittlich 0,5 Faden betragen müsste; die ganze Menge der Ausbaggerungen würde also 900 cbfd betragen. Im Hinblicke darauf, dass die Baggerungen im offenen Meere und ausschliesslich im Sandboden vorgenommen werden müssen, kann man über die zu treffende Wahl des Typus einer zweckentsprechenden Baggermaschine nicht im Zweifel sein, da der Vorteil, welcher bei der Ausführung dieser Arbeit durch einen Selbstabführenden Saugbagger erzielt wird, eine allgemeine anerkannte Tatsache ist.

Aus den eben genannten Gründen ist also speziell für Windau ein Saugbagger nötig, dessen Produktivität in 24 Stunden im Durchschnitt nicht weniger als 500-600 cbfd beträgt, so dass also die Arbeitsleistung pro Stunde nicht weniger als 60 cbfd betragen müsste.

Selbstverständlich dürfte dieser projektierte Saugbagger nicht nur im W. Hafen arbeiten, sonst würde die von ihm geleistete Arbeitsquantität nicht den Ausgaben für seine Herstellung, Betriebs- und Reparaturkosten entsprecheu. Er müsste allen Häfen im Sandgebiete der Ostsee, deren Einfahrstskanal versandet, denselben Rettungsdienst erweisen, wie der Eisbrecher « Jermak » den Häfen, deren Zugang durch Eisstauungen gesperrt wird.

Im Allgemeinen gibt es unter allen russ. Häfen der Ostsee, die

Zufluchtshäfen mit eingerechnet, gegen 10, in denen im Ganzen jährlich 50-60 000 cbfd angeschwemmter Sandmassen teils in den dem Wellenschlage ausgesetzten, teils vor ihm geschützten Stellen, ausgebaggert werden müssen. Die Arbeit solch eines Baggers, dessen Betriebskosten jährlich nicht mehr als 40 000 Rbl betragen, kann auf keinen Fall in ökonomischer Beziehung unvorteilhaft sein.

Unter günstigen Verhältnissen steht zu erwarten, dass 1 Cbfd weniger als 1 Rbl kommen würde, wie dieses durch die Arbeitsresultate ähnlicher Saugbagger des Auslandes bestätigt worden ist, z B. in Dünckirchen, Calais, Liverpool u. a.

Wenn wir aus dem Angeführten Schlussfolgerungen hinsichtlich der zweckentsprechenden Richtung der Molen des W-Hafens und der zu ergreifenden Massregeln zur erfolgreichen Erhaltung d. Seekanals auf einer Tiefe von 25 Fuss ziehen, so sehen wir :

1. Dass die Molenanlage nur als ein zeitweiliges Palliativ betrachtet werden kann und mit der Zeit eine Verlängerung der Molen oder Baggerungen in grösserem Massstabe erforderlich sein werden. Die Ergreifung dieser oder jener Massregel wird abhängig sein von den Fortschritten der Baggertechnik und dem Charakter der Barrenbildung in der Zukunft.

2. Was nun die zweckentsprechendsten Massregeln anbetrifft, die in nächster Zeit zu ergreifen sind, um durch Baggerungen die Tiefe des Einfahrtskanals auf 25 Fuss zu erhalten, so kann man Folgendes verzeichnen :

a) Der Teil des Einfahrtskanales, des ausserhalb der Zone der Wandersände und im Schutze der Molen angelegt ist, wird leicht auf der erreichten Tiefe erhalten; die verhältnismässig unbedeutene Masse der abgelagerten Anchwemmungen, die grösstenteils aus dem Flusse herrühren, können schnell und ohne bedeutende Kosten durch periodisch vorgenommene Baggerungen entfernt werden, und zwar in der Menge von nicht mehr als 15-20 000 cbfd alle 2 oder 3 Jahre. Da diese Ablagerungen meist aus lehmhaltigem Flusssandschlamm bestehen, so ist der vorteilhafteste Apparat zu ihrer Entfernung ein Eimerbagger.

b) Das Aussenfahrwasser, das in der Zone der Barrenbildung auf einer Strecke von 120 Faden der Versandung ausgesetzt ist, muss nicht allein jährlich nach den Herbst- und Winterstürmen ausgebaggert werden, sondern es können auch Fälle vorkommen, wo

eine schleunige Vertiefung des Einfahrtskanal infolge seiner schnell vor sich gehenden Verflachung um 2-3 F nötig ist, was gewöhnlich nach starken, ohne Unterbrechung auf einander folgenden Stürmen eintritt. Eine erfolgreiche und ökonomische Ausführung dieser Arbeit wird nur durch einen starken selbstabführenden Saugebagger garantiert, dessen Produktivität bei den lokalen Bodenverhältnissen nicht weniger als 60 cbfd pro Stunde beträgt.

c) Die Baggerungen an der Hafeneinfahrt wären so zu leiten, dass unter ihrer Mitwirkung auch die Abrasionskraft des Wellenschlages und der durch ihn längs der Südmole hervorgerufenen Strömungen verwertet werden könnten, um die Sandablagerungen der Barre aus dem Bette des Fahrwassers weiter nach Norden zu drängen. Zu diesem Zwecke müsste durch Baggerarbeiten für die bei W- und SW-Stürmen sich einstellende südl. Küstenströmung, die viel Sand mit sich führt, ein Bett mit abfallender Neigung in der Richtung von S nach N den natürlichen Meerestiefen zu, geschaffen werden. Dadurch könnte erzielt werden, dass die Sände das Fahrwasser des Kanals leichter passieren, und nicht durch die entgegengesetzte Steigung des Meerbodens bei der Hafeneinfahrt aufgehalten werden.

IV. — **Schlussfolgerung.**

Die Beispiele der zwei wichtigsten russichen Häfen an den sandigen Küsten der Ostsee zeigen deutlich, dass es unmöglich ist, nicht nur die Erhaltung der für die Schiffahrt nöthigen Tiefen in den Hafeneinfahrten und auf den Rheden, sondern sogar überhanpt die Existenz dieser sicher zustellen, ohne systematischen und fortdauerden Baggerbetrieb zu Hilfe zu nehmen.

A. Ivanina, St-Petersburg,
W. Aeckerle, Windau,
Wegebau-Ingenieure.

BIBLIOTEKA
KRAKÓW
Politechniczna

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

II. Abteilung : Seeschiffahrt

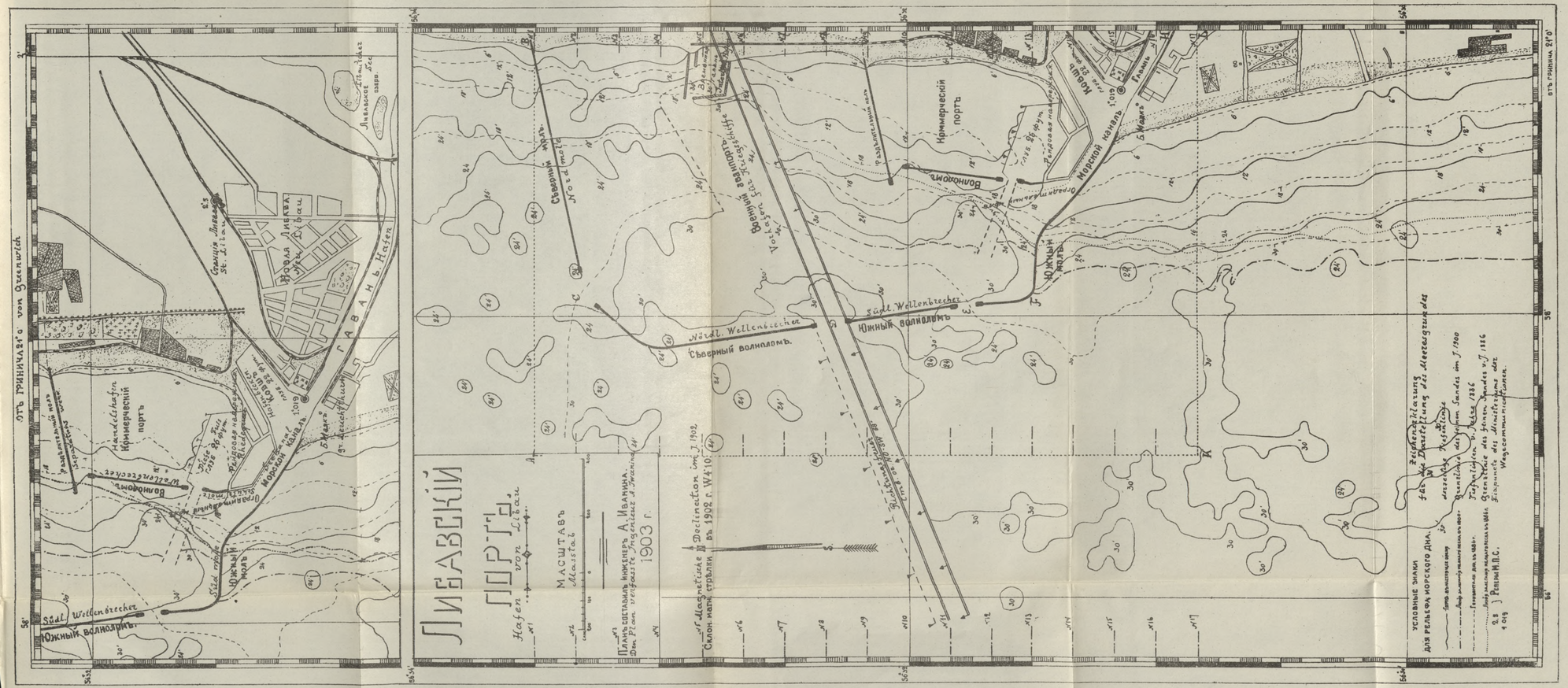
3. Frage

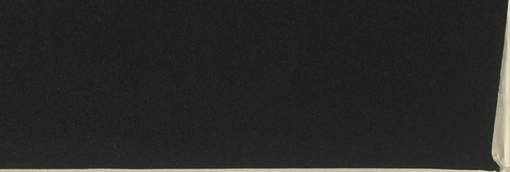
BERICHT

VON

A. IVANINA

BLATT I





INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

II. Abteilung : Seeschiffahrt

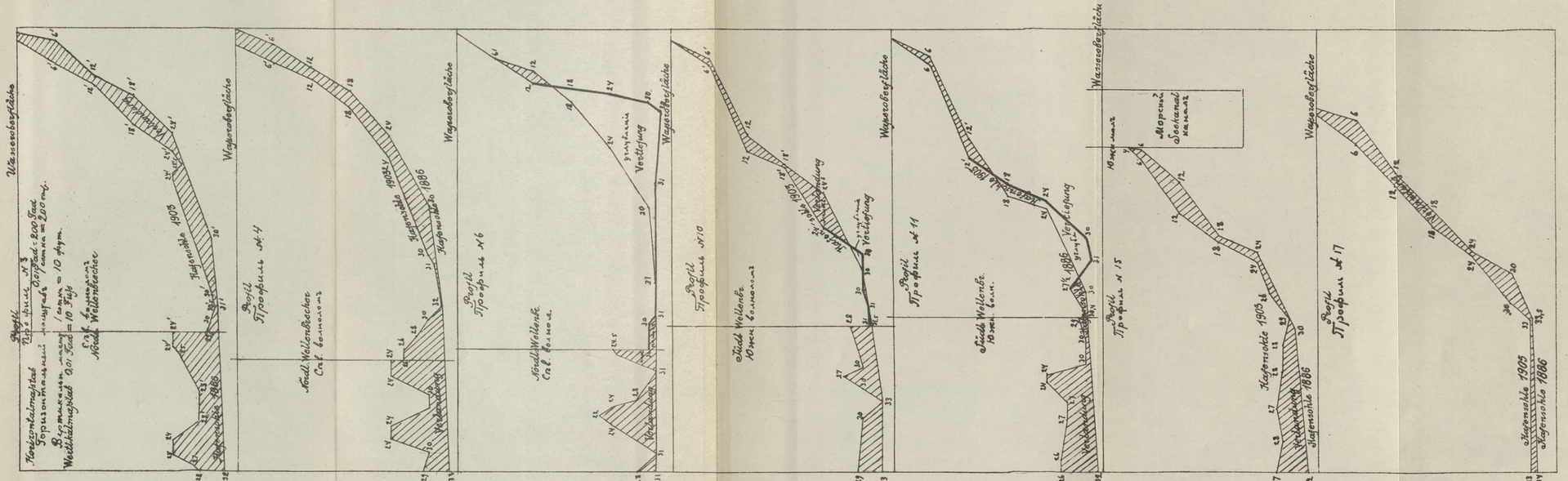
3. Frage

BERICHT

VON

A. IVANINA

BLATT II



INTERNATIONALE ASTRONOMISCHE VEREINIGUNG

SCHRIFTLEITUNGS-KONGRESSE

XI. Kongress – St. Petersburg – 1909

II. Abteilung – Gesamtbericht

Prag

DRUCK

VON

J. E. V. AUSPITZ

1910

Band II

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

II. Abteilung : Seeschiffahrt

3. Frage

BERICHT

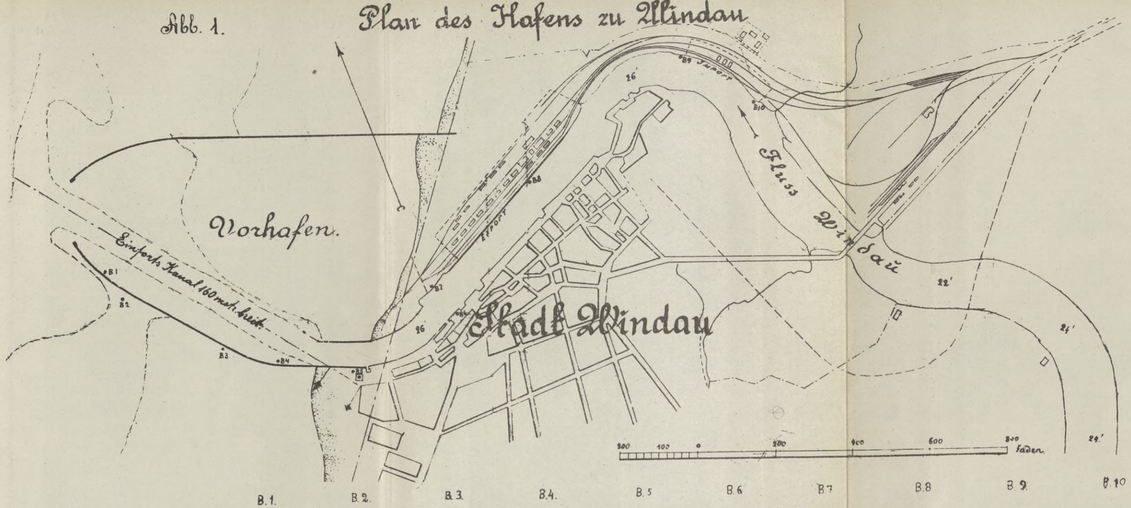
VON

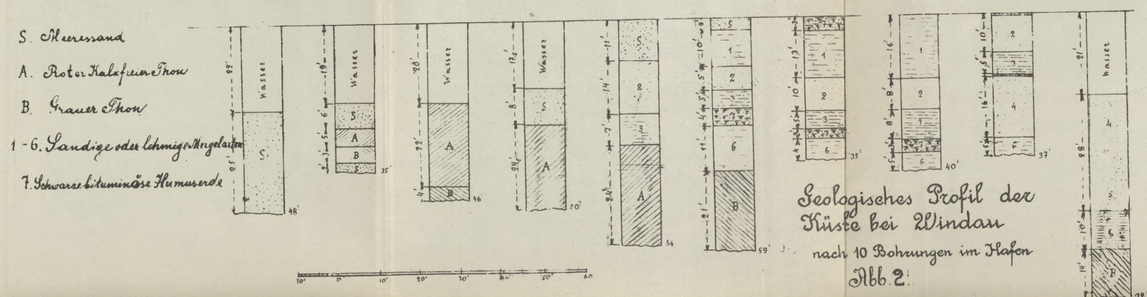
AEKERLE

BLATT III

Abb. 1.

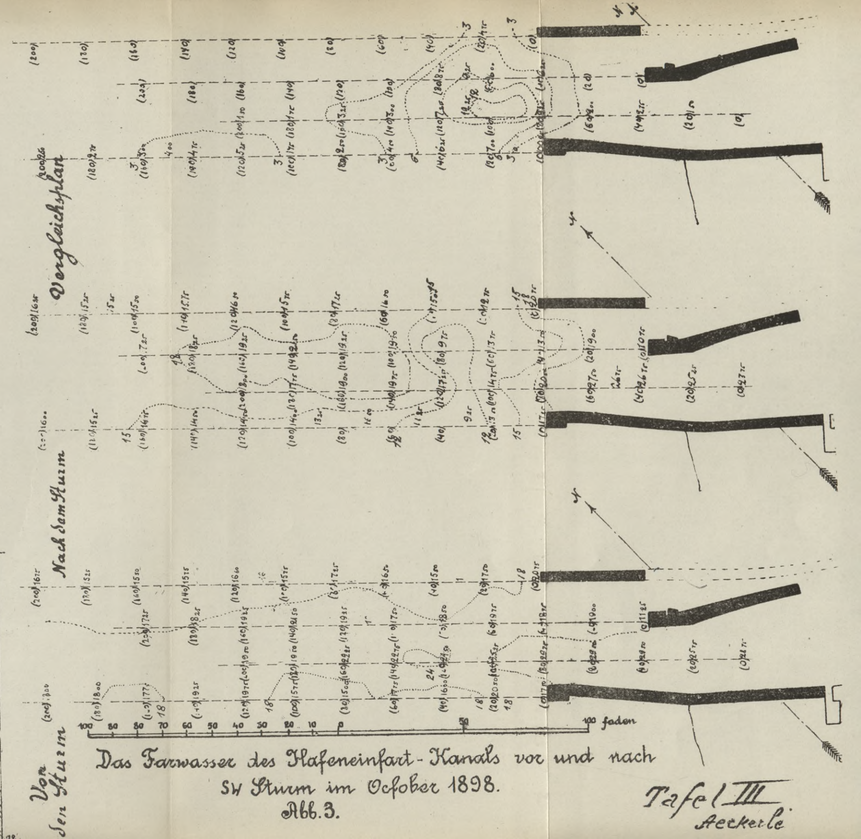
Plan des Hafens zu Windau





Geologisches Profil der Küste bei Windau nach 10 Bohrungen im Hafen

Abb. 2.



Das Farwasser des Hafeneinfart-Kanals vor und nach SW Sturm im October 1898.

Abb. 3.

Tafel III

Aeckerle

INTERNATIONALER ZAHNÄRZTE-VERBAND

DER

ZAHNÄRZTE-KONGRESS

XI. Kongress - St. Petersburg - 1910

II. Abteilung: Zahnheilkunde

3. Preis

REISER

DER

AMERIKANER

BERLIN

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

II. Abteilung : Seeschiffahrt

3. Frage

BERICHT

VON

AEKERLE

BLATT IV

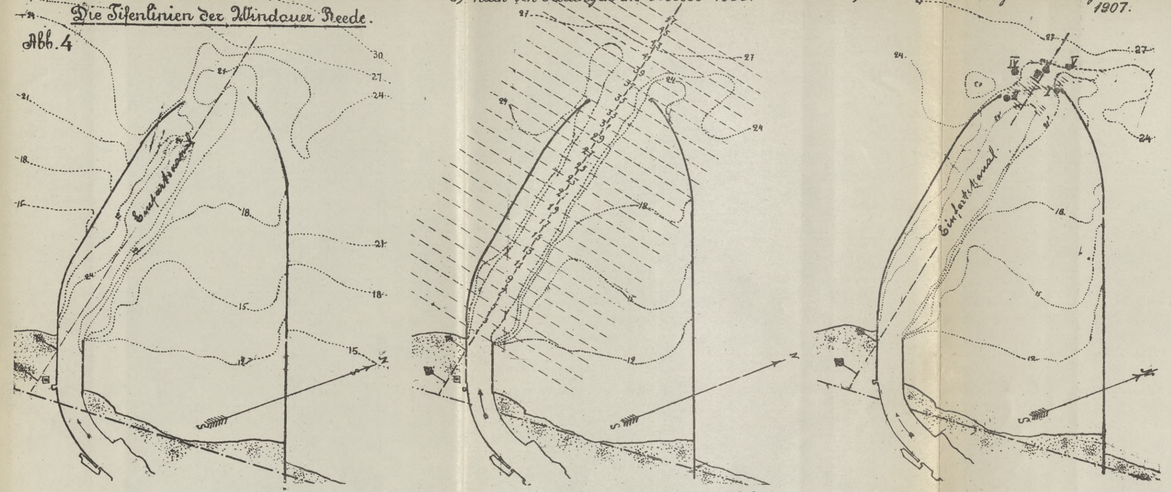
Abb. 4

Die Tiefenlinien der Windauer Reede.

a) nach den Peilungen im Frühjahre 1906.

b) nach den Peilungen im Herbst 1906.

c) nach den Peilungen im Frühjahre 1907.



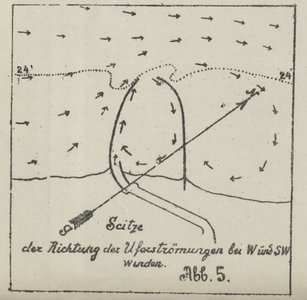
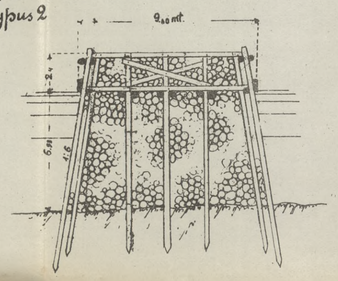


Abb. 5.

Abb. 6. Die Neue Molen des Windauer Hafens.

Typus 2



Typus 3.

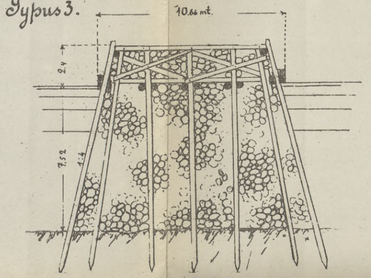
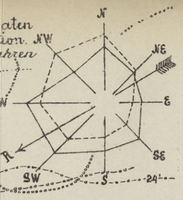
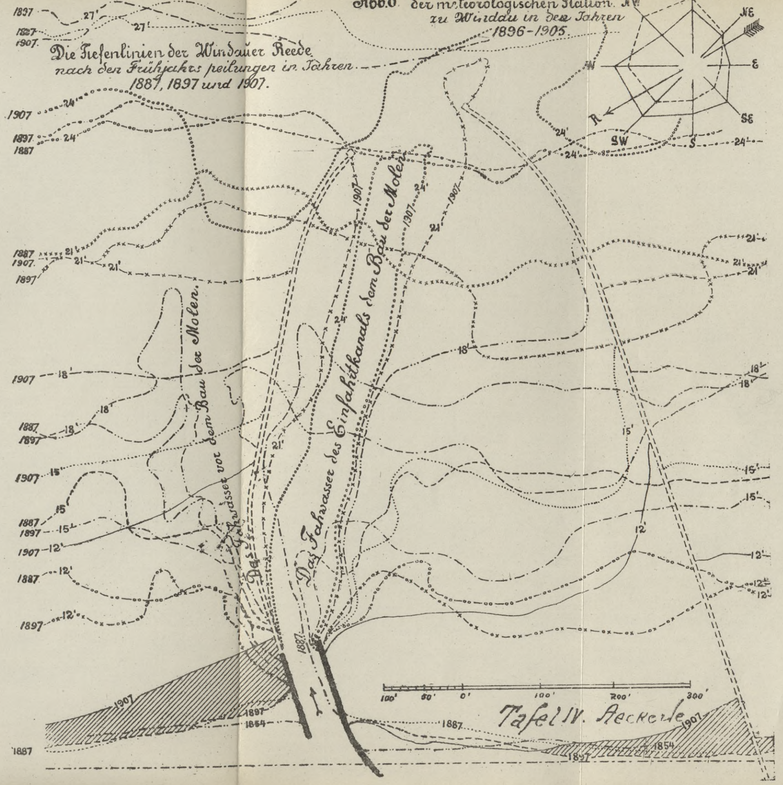


Abb. 7.

Abb. 8 Die Windrose nach den Daten der meteorologischen Station zu Windau in den Jahren 1896-1905.



Die Tiefenlinien der Windauer Reede nach den Frühjahrs peilungen in Jahren 1887, 1897 und 1907.



20.05

S. 61

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
Biblioteka Politechniki Krakowskiej
II-349753
Kdn. Zam. 480/55 20.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej
100000299855