

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300971

x
1467.

Handbuch

der

Wasserbaukunst

von

G. Hagen.

Dritter Theil:

Das Meer.

Zweite, neu bearbeitete Auflage.

Dritter Band mit 17 Kupfertafeln.

vierte "

Berlin 1880.

Verlag von Ernst & Korn.

(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Seeufer-

und

H a f e n - B a u.

Von

G. H a g e n.

Dritter Band.

DI 334

Zweite, neu bearbeitete Auflage.



Mit einem Atlas von 17 Kupfertafeln in Folio.

Berlin 1880.

Verlag von Ernst & Korn.

(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)



~~III 18816~~

11-348614

Die Herausgabe von Uebertragungen in fremde Sprachen behält sich die Verlagsbuchhandlung vor.

[Red handwritten signature]

3PK-B-300/2017
Akc. Nr. 4281/50

Inhalts-Verzeichnifs

des dritten Bandes.

Abschnitt VI.

Durchströmung der Häfen.

	Seite
§ 41. Natürliche Strömung	3
§ 42. Der Hafen von Nieuwe-Diep	16
§ 43. Spülung	33
§ 44. Spül-Bassins	51
§ 45. Spülschleusen	60
§ 46. Bewegliche Richtwerke	77
§ 47. Die Häfen von Calais und Boulogne	86
§ 48. Der Hafen von Dover	104

Abschnitt VII.

Der Hafen von Pillau.

	Seite
§ 49. Verschiedene Tiefe	141
§ 50. Sicherung des Tiefs	156
§ 51. Erste Hafenbauten	174
§ 52. Spätere Bauten	190
§ 53. Neuste Bauten	227

Abschnitt VIII.

Ausführung der Hafendämme.

	Seite
§ 54. Profile der Hafendämme	251
§ 55. Die Cherbourger Kegel	269
§ 56. Steinkisten	275
§ 57. Pfahlwände	293

	Seite
§ 58. Uebermauerte Steinschüttungen zwischen Pfahlwänden . . .	308
§ 59. Ueberbrückungen	338
§ 60. Hafendämme, aus Mauern bestehend	349
§ 61. Mauern auf Steinschüttungen	382
§ 62. Flache Steindämme	410
§ 63. Gewinnung der Steine	433
§ 64. Steintransport auf Eisenbahnen	445
§ 65. Steintransport auf Schiffen	458
§ 66. Der Hafen Holyhead	470

Abchnitt VI

Durchströmung der Häfen.

§ 41. Natürliche Strömung	111
§ 42. Der Hafen von New-Bior	112
§ 43. Strömung	113
§ 44. Spül-Bassin	114
§ 45. Spülbecken	115
§ 46. Heuschilde Rückwerke	116
§ 47. Die Häfen von Calais und Boulogne	117
§ 48. Der Hafen von Dover	118

Abchnitt VII

Der Hafen von Tiflis.

§ 49. Verschiedene Tiefs	119
§ 50. Sicherung des Tiefs	120
§ 51. Erste Hafenanlagen	121
§ 52. Spätere Anlagen	122
§ 53. Neuere Anlagen	123

Abchnitt VIII

Ausführung der Hafenanlagen.

§ 54. Fracht der Hafenanlagen	124
§ 55. Die Oesterreicher Kanal	125
§ 56. Scharfstein	126
§ 57. Pflanzholz	127

Sechster Abschnitt.

Durchströmung der Häfen.

§ 41.

Natürliche Strömung.

Aus den frühern Mittheilungen (§ 13) über die Bewegung und Ablagerung des Kiesel und Sandes in Folge des Wellenschlags und der Küsten-Strömung ergibt sich, daß Oeffnungen im Strande stets der Gefahr ausgesetzt sind, verflacht und vielleicht ganz geschlossen zu werden. Zu den Oeffnungen dieser Art gehören vorzugsweise die Mündungen der Ströme und Bäche. Je weniger Wasser sie abführen, um so leichter werden sie bei gegenstehenden Winden und heftigem Seegange gesperrt, und selbst bei großen Strömen läßt sich diese schädliche Einwirkung nicht verkennen, doch sind die Profile ihrer Mündungen so weit, daß sie beim Aufhören der Ausströmung nur zum geringsten Theil verflacht oder verschüttet werden, und beim Wiedereintritt der normalen Verhältnisse stellt der kräftig ausgehende Strom bald das angemessene Profil wieder her. Von welchem überwiegenden Einfluß aus diesem Grunde die Durchströmung der Häfen in Betreff der Erhaltung der Tiefe sei, ist bereits eingehend erörtert und durch Beispiele erläutert.

Treten dagegen die Ufer aus großer Tiefe steil hervor, so sind die Buchten in denselben, welche die Häfen bilden, denjenigen Verflachungen, von denen hier die Rede ist, nicht ausgesetzt, und können ihre Tiefe nur dadurch verlieren, daß die mit starkem Gefälle herabstürzenden Bäche den Sand oder Kies und selbst schwere Geschiebe in Bewegung setzen und in den Hafen stürzen. Beispiele hiervon wiederholen sich vielfach am Mittelländischen Meere, wie bei Toulon, Ciotat, Cassis, Marseille, Port Vendre und an andern Orten. Auch der Hafen von Triest am Adriatischen Meer gehört hierher, wengleich

daselbst die Bucht des Ufers weniger ausgebildet ist. In letzterem bemerkt man sehr auffällig jene Verflachung durch die von den Bächen zugeführten Kies- und Steinmassen. Der kleine Hafen auf der Nordseite der Stadt, früher Lazaretto genannt, oder Quarantaine-Hafen, der bei Erweiterung des Bahnhofs verschüttet wurde, war durch die Regulirung der Bäche, die sich zur Zeit der Anschwellung nicht mehr über die Ebene verbreiten konnten, also hinreichende Strömung behielten, um den Kies weiter zu treiben, in wenig Jahren so sehr verflacht, daß er seine Bedeutung als Hafen beinahe ganz verlor. Der in einiger Entfernung davon befindliche Damm, Molo Klutsch genannt, wurde schon in früherer Zeit vorzugsweise in der Absicht ausgeführt, um diese Geschiebe, die selbst vor der Regulirung der Bäche sehr gefährlich waren, von dem eigentlichen, weiter südwärts befindlichen Handelshafen abzuhalten.

Von diesen schädlichen Durchströmungen, welche den Häfen das Material aus dem Binnenlande zuführen, ist gleichfalls § 39 so eingehend die Rede gewesen, daß nichts hinzuzufügen ist, dagegen bleibt in Betreff derjenigen natürlichen Strömungen, die in den Mündungen der Häfen die Tiefe erhalten, oder periodisch wieder herstellen, noch Einiges zu bemerken.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß diese nicht nur von dem Wasser aus dem Binnenlande herrühren, sondern daß vielfach auch der Wechsel des Wasserstandes der See dazu Veranlassung giebt, wenn hinter dem Hafen oder der Strommündung eine ausgedehnte Wasserfläche oder eine Niederung liegt, in welche bei Anschwellungen das Seewasser eintritt und später wieder zurückfließt. Erscheinungen dieser Art werden aber nicht nur durch Fluth und Ebbe veranlaßt, sondern kommen auch an Meeren vor, wo letztere fehlen. An der Ostsee wiederholen sie sich vor allen Haffen.

Die Wirkungen dieser ein- und auslaufenden Strömungen verdienen eine nähere Betrachtung. Sobald das Meer in Folge von Seewinden anschwillt, so vermindert sich das Gefälle zwischen dem Haff und der See, und mit diesem die Strömung. Letztere hört sogar ganz auf, und bei größern Anschwellungen nimmt sie eine entgegengesetzte Richtung an. Die dahinter liegenden Binnenseen füllen sich wegen ihrer Gröfse nur langsam an, während

der Wasserstand des Meers bei heftigen Stürmen sich vor dem Ufer schnell erhebt, und so erfolgt die Einströmung mit großer Geschwindigkeit. Der einlaufende Strom wird oft viel stärker, als der auslaufende jemals ist. Sobald der Sturm nachläßt, und das Meer nach und nach seinen gewöhnlichen Stand wieder annimmt, so tritt der auslaufende Strom ein, und nach Maafsgabe der Ausdehnung des Binnensees und der Ergiebigkeit der Zuflüsse desselben hält er lange Zeit hindurch kräftig an.

Diese Verhältnisse sind für die Offenerhaltung der Hafemündung von großer Bedeutung. Beim Beginn des Sturms, wenn der auslaufende Strom schwächer wird und ganz aufhört, während die See in starker Bewegung ist, erfolgen Ablagerungen des durch die Küstenströmung herbeigeführten Sandes. Diese pflegen jedoch nur mäfsig zu bleiben, wenn die Wellen die Hafemündung direct treffen und ungeschwächt in dieselbe einlaufen. Hierdurch erklärt es sich, daß die stärksten Verflachungen der Mündungen sich zeigen, wenn der Sturm mehr parallel zur Küste gerichtet, also die Wellenbewegung im Hafen geringer ist.

Nimmt der Strom die entgegengesetzte Richtung an, oder verwandelt er sich in einlaufenden Strom, so zieht er augenscheinlich allen Sand, den Wellenschlag und Küstenstrom vor die Hafemündung führen, in diese hinein. Soweit indessen der starke Wellenschlag sich fortsetzt, oder die Strömung bedeutend bleibt, lagert der Sand sich nicht ab. Hieraus erklärt es sich, daß in den Häfen, die nicht besonders breit, auch nicht stark gekrümmt sind, die Tiefen in einiger Entfernung von der Mündung sich dauernd zu erhalten pflegen. Die einlaufenden Wellen lassen hier den eintreibenden Sand nicht niederfallen. Derselbe lagert sich erst in weiterer Entfernung ab, wo die Wellenbewegung und die starke Strömung aufhören. In dieser Weise hat sich in dem Frischen Haff bei Pillau die ausgedehnte Sandbank, der Glasmacher genannt, gebildet, die früher nicht existirte, und die gegenwärtig von den Schiffen, die nach Königsberg aufzuehn, in weitem Umwege umfahren werden muß. Ebenso erklären sich auch die großen Sandbänke in dem Haff oberhalb der Mündung der Swine vor den Lebbiner Bergen, um welche gleichfalls in großem Bogen das Fahrwasser nach Stettin herumführt.

Dieses Durchtreiben des Sandes durch einen Hafen und die weiter aufwärts stattfindende Ablagerung desselben tritt besonders stark ein, wenn der Binnensee auf der entgegengesetzten Seite eine zweite Verbindung mit dem Meere hat. Der eingehende Strom, der die Sandmassen mit sich führt, kann alsdann den Wasserstand im Binnensee nicht erhöhen, weil das eintretende Wasser sogleich auf der andern Seite abfließt, wo der Wind diesen Abfluß sogar befördert. Die Strömung mit ihren nachtheiligen Wirkungen muß also ungeschwächt so lange anhalten, als der Wind seine Richtung nicht ändert. Der größte Uebelstand ist aber, daß die durch den Hafen eintretende Wassermasse daselbst keine ausgehende Strömung veranlaßt, die für die Erhaltung der Tiefe vorzugsweise wichtig ist.

Es ist nicht bekannt, daß Localverhältnisse dieser Art irgend wo sich entschieden ausgebildet und erhalten haben, wenigstens liegen die bestehenden Mündungen unserer Binneseen nicht einander gegenüber, so daß derselbe Wind in der einen die Einströmung und in der andern die Ausströmung begünstigen könnte. Das Frische Haff in Pommern hat drei Ausflüsse, die Peene, die Swine und die Dievenow, die jedoch sämmtlich nach Norden gerichtet sind. Der Greifswalder Bodden hat auf der Ostseite die Hauptverbindung mit dem Meer, während die zweite Mündung, das sogenannte Norder-Fahrwasser, bei Stralsund, nordwärts gerichtet ist. Die Seen-Kette in Vor-Pommern, die sich bis in das Mecklenburgische hineinzieht, hatte auf der Nordseite zwei Verbindungen mit dem Meer, die Seen-Kette auf Rügen dagegen nur eine, und zwar auf der westlichen Seite. Es scheint, daß die letzten Seen in früherer Zeit auch ostwärts mit dem Meer in Verbindung standen, insofern der schmale Streifen Landes, die Schaabe genannt, der Wittow mit Jasmund verbindet, nur aus Seesand und Kies besteht, also vom Meere ausgeworfen ist. Man darf wol annehmen, daß solche entgegengesetzte Mündungen eines Binnensees oder einer Kette von Binneseen sich dauernd nicht erhalten können, weil die bezeichnete Ursache der starken Sandablagerungen eine dieser Oeffnungen im Lauf der Zeit schliessen muß. Welche von beiden Oeffnungen ein solches Schicksal trifft, hängt von den localen Verhältnissen ab. Daß bei den Seen auf Rügen die östliche sich geschlossen hat, rührt wohl davon

her, daß sie am offenen Meer lag, während die westliche durch die Insel Hiddens-Oe geschützt wird, und daher die Einströmung hier nie so stark, als in jener sein konnte. Auch die Seen-Kette in Vor-Pommern hatte vielleicht früher eine zweite Mündung an der westlichen Seite, oder am Saaler Bodden, Damgarten und Ribnitz gegenüber. Es ist sogar wahrscheinlich, daß man hier einst die Anlage eines Seehafens beabsichtigt, und die künstlich eröffnete Verbindung mit dem Meere durch Holzwände eingefast hat, wovon Spuren noch bemerkbar sind. Wenn aber diese Absicht nicht gelang, so liegt der Grund wieder darin, daß bei gegenstehenden Winden zu viel Sand eintrieb, und die ausgehende Strömung in Folge der Wirksamkeit der andern Oeffnungen nicht hinreichende Stärke gewinnen konnte, um diesen wieder zu beseitigen.

Bei Hafen-Anlagen sind locale Verhältnisse solcher Art mit großer Vorsicht zu beachten. Es fehlt zwar nicht an Projecten, in welchen die erwähnten Bedenken vollständig unbeachtet geblieben sind, doch giebt es, soviel bekannt, kein Beispiel dafür, daß ein Hafen, der die zweite Mündung, und zwar an der entgegengesetzten Seite eines Binnensees bildet, zur Ausführung gekommen wäre und sich dauernd erhalten hätte. Die Gefahr der Versandung ließe sich indessen in solchen Fällen dadurch beseitigen, daß man zwischen zwei Seen in solcher Kette einen Abschluss künstlich darstellte, und dadurch die Verhältnisse so umgestaltete, daß ein Theil der Binnenseen von den übrigen ganz getrennt, und allein durch den Hafen bei Anschwellungen des Meers gefüllt wird, und später durch denselben wieder abfließt. Sollte dabei das Bedürfnis zur Erhaltung der schiffbaren Verbindung der Binnenseen vorliegen, so wird in jenem künstlichen Abschluss oder in dem Coupirungs-Damm eine Kammerschleuse mit doppelten Thor-Paaren in jedem Haupte eingerichtet werden müssen, damit das Durchschleusen eben so wohl erfolgen kann, wenn der höhere Wasserstand auf der einen Seite, als wenn er auf der andern statt findet.

Derselbe Zweck würde freilich auch erreicht werden, wenn man in der neu eröffneten Verbindung des Binnensees mit dem Meere eine Schleuse erbauen wollte, wobei man noch den Gewinn hätte, daß die Fluthverhältnisse im Binnensee

dieselben blieben, die sie bisher waren, also allen Entschädigungs-Ansprüchen wegen zeitweiser höherer oder niedrigerer Wasserstände vorgebeugt würde. Der Bau einer Schleuse, durch welche Seeschiffe gehn, ist indessen viel kostbarer als einer solchen, die nur zur Binnenschiffahrt dient. Aufserdem ist die Benutzung einer Kammerschleuse, die dem Wellenschlage der See ausgesetzt ist, höchst bedenklich, weil ein gefährliches Gegenstoßen der Schiffe dabei kaum vermieden werden kann. Einfache Dockschleusen, die jedoch wol niemals vom vollen Wellenschlage der See getroffen werden, sind sicherer zu passiren, weil das Schiff schnell hindurchgeht, und nicht unmittelbar dahinter angehalten wird, was beim Einlaufen in die Kammerschleuse nothwendig ist. Der größte Uebelstand ist dabei aber, dafs man eine Hafenmündung darstellt, welche gar nicht durchströmt wird.

Indem das Meer bei heftigen Stürmen schneller anzuschwellen pflegt, als es später sich wieder senkt, und eben so auch in den Strommündungen gewöhnlich die Dauer der Fluth kürzer ist, als die der Ebbe, so erklärt es sich, dass der eingehende Strom oft heftiger ist, als der ausgehende, und hiernach könnte man vermuthen, dafs dieser auf die Ausbildung und Erhaltung des Fahrwassers vorzugsweise wirksam sei. Dieses ist jedoch, wie allgemein bekannt, nicht der Fall, der eingehende Strom veranlafst vielmehr häufig starke Verflachungen im Fahrwasser. Man mufs dabei unterscheiden, ob es sich um die Offenerhaltung einer Stromstrecke handelt, die immer wenigstens theilweise eine überflüssige Breite hat, oder ob von dem Seegatt, also von der Schiffahrtsrinne in der Barre vor der Mündung in die See, die Rede ist. Im ersten Fall verfolgt nach Maafsgabe der verschiedenen Ablagerungen und Untiefen der eingehende Strom gewöhnlich einen andren Weg, als der ausgehende. Letzterer ist der wirksamere, insofern er länger anhält und zugleich das während der Rückströmung hinzugetretene Oberwasser abführt, also seine Wassermenge gröfser, als die des andern ist. Für die Erhaltung einer tiefen Rinne in der Barre ist aber der eingehende Strom ohne Bedeutung, weil er sich hier erst bildet, und das steigende Wasser wie über ein Grundwehr oder eine Schwelle in der ganzen Ausdehnung der Barre normal überfließt, also die Verstärkung des Stroms in der etwas

tiefere Rinne höchst geringfügig bleibt. Der ausgehende Strom dagegen hat, wenn er die Barre erreicht, bereits einen bestimmten Lauf angenommen, der durch die Richtung der Molen ihm sogar gewöhnlich sicher zugewiesen wird. Er trifft also vorzugsweise eine bestimmte Stelle der Barre, und seine Wirkung auf diese ist allein von Bedeutung.

In welcher Stärke und während welcher Zeit die Ausströmung aus einem angeschwollenen Binnensee nach dem Meer statt findet, ergibt sich aus nachstehender Rechnung.

- M sei die abfließende Wassermenge,
 F die Oberfläche des Binnensees,
 h dessen anfängliche Erhebung über dem Meer, oder das absolute Gefälle zwischen beiden,
 l die Länge des Canals oder des Stroms, der die Verbindung darstellt,
 q dessen Querprofil,
 p dessen Breite oder der benetzte Umfang und
 k ein constanter Factor.

Man hat alsdann nach § 18 des zweiten Theils dieses Handbuchs

$$c = 4,33 \cdot \sqrt[6]{\frac{q}{p}} \cdot \sqrt[6]{\frac{h}{l}}$$

Dabei muß ich bemerken, daß eine spätere Untersuchung, die sich zugleich auf kleinere Wasserläufe bezog,*) mit grösserer Wahrscheinlichkeit für Flüsse und Ströme zu dem Ausdruck

$$c = 6 \cdot \sqrt[5]{\frac{q}{p}} \cdot \sqrt[5]{\frac{h}{l}}$$

führte. Beide schliessen sich indessen sehr nahe mit derselben Sicherheit an die zu Grunde liegenden Beobachtungen an, ich behalte daher die erste, deren Herleitung oben angegeben ist, auch in der nachstehenden Rechnung bei.

Hat nun nach einer gewissen Zeit t der Wasserspiegel des

*) Untersuchungen über die gleichförmige Bewegung des Wassers. Berlin 1867.

Binnensees sich um x gesenkt, oder ist das absolute Gefälle um so viel kleiner geworden, so ist

$$\begin{aligned} dM &= c \cdot q \cdot dt \\ &= k \cdot q \cdot \sqrt[6]{\frac{q}{p}} \cdot \sqrt[6]{\frac{h-x}{l}} \cdot dt \end{aligned}$$

aufserdem hat man

$$dM = F dx$$

also

$$\frac{k \cdot q^{\frac{3}{2}}}{F \sqrt[6]{p} \cdot \sqrt[6]{l}} \cdot dt = \frac{dx}{\sqrt[6]{h-x}}$$

und nach der Integration

$$t = \frac{6}{5 \cdot k} \cdot \frac{F \cdot \sqrt[6]{p} \cdot \sqrt[6]{l}}{\sqrt[6]{q^3}} \left[h^{\frac{5}{6}} - (h-x)^{\frac{5}{6}} \right]$$

Nach dem zum Grunde gelegten Ausdruck ist $k = 4,33$, daher

$$\frac{6}{5 \cdot k} = 0,277$$

Wird die Zeit aber nicht in Secunden, sondern in Stunden ausgedrückt, so verwandelt sich der Zahlen-Coefficient in

$$0,00007694 = \frac{1}{13000}$$

Um eine Anwendung dieser Formel zu zeigen, wähle ich das Stettiner Haff und zwar den Abfluss desselben durch die Swine, wobei ich indessen den dauernden Zufluss der Oder und der kleineren Flüsse unbeachtet lasse. Ich nehme an, daß 8 Quadratmeilen des Haffs auf die Swine treffen, was mit Rücksicht auf die Capacität der drei Ausmündungen im Allgemeinen zutreffen dürfte, also

$$F = 4608\ 000\ 000 \text{ Quadratfufs.}$$

Ferner ist die Länge des Swine-Stromes

$$l = 61\ 200 \text{ Fufs.}$$

Durchschnittlich ist das Querprofil des Stromes

$$q = 12\ 000 \text{ Quadratfufs,}$$

und bei der ziemlich willkürlichen Annahme dieser Gröfse, welche sich sehr verschieden an den verschiedenen Stellen herausstellt, rechtfertigt es sich wohl, wenn auf die Aenderung der Tiefe beim sinkenden Wasserstande nicht Rücksicht genommen, vielmehr

q als constant angesehen wird. Dieses dürfte hier um so mehr zulässig sein, als die Erscheinung doch nur im Allgemeinen verfolgt werden soll.

Was ferner die Bestimmung von p betrifft, so darf nicht unbeachtet bleiben, daß der angegebene Ausdruck für c ungültig wird, wenn das Strombette theils aus einer sehr tiefen Rinne und theils aus einer weit ausgedehnten seichten Wasserfläche besteht, wobei es leicht geschieht, daß man bei zunehmender Breite der letztern nicht nur ein kleineres c , sondern sogar eine kleinere hindurchfließende Wassermenge findet. (Vergl. II. Theil dieses Handbuchs § 18.) Wenn man also nicht die verschiedenen Theile des Bettes gesondert behandelt, was allerdings das Richtige ist, weil die darin vorkommenden Geschwindigkeiten tatsächlich sehr verschieden sind, so empfiehlt es sich, eine constante Tiefe anzunehmen und

$$p = 1000 \text{ Fufs}$$

zu setzen. Man hat alsdann, wenn t in Stunden ausgedrückt wird,

$$t = 53,530 \left[h^{\frac{5}{6}} - (h - x)^{\frac{5}{6}} \right]$$

Durch starke Einströmung in das Haff und durch Sinken des Wasserspiegels der See möge sich eine Niveau-Differenz von 3 Fufs dargestellt haben, welche beim Abfließen des Wassers sich nach und nach vermindert, während kein Zufluß statt findet, auch die See weder steigt noch fällt. Es ergibt sich alsdann die Anzahl von Stunden oder t ; während die Niveau-Differenz sich um 2 Zoll = 0,1667 Fufs vermindert.

	t	c
von 3' 0" bis 2' 10"	6,22	2,86
„ 2' 10" „ 2' 8"	6,28	2,83
„ 2' 8" „ 2' 6"	6,34	2,80
„ 2' 6" „ 2' 4"	6,42	2,77
„ 2' 4" „ 2' 2"	6,49	2,74
„ 2' 2" „ 2' 0"	6,58	2,70
„ 2' 0" „ 1' 10"	6,67	2,66
„ 1' 10" „ 1' 8"	6,77	2,62
„ 1' 8" „ 1' 6"	6,89	2,58
„ 1' 6" „ 1' 4"	7,02	2,53
„ 1' 4" „ 1' 2"	7,16	2,48

	<i>t</i>	<i>c</i>
von 1' 2" bis 1' 0"	7,34	2,42
„ 1' 0" „ 10"	7,54	2,36
„ 10" „ 8"	7,80	2,28
„ 8" „ 6"	8,14	2,18
„ 6" „ 4"	8,61	2,06
„ 4" „ 2"	9,40	1,89
„ 2" „ 0"	12,03	1,48

Die vorstehend angegebenen mittleren Geschwindigkeiten *c* sind in der Art berechnet, daß die Wassermenge, welche bei der Senkung um 2 Zoll abfließt,

$$M = \frac{1}{6} F = 4608\,000\,000 \cdot \frac{1}{6}$$

$$= 768\,000\,000 \text{ Cubikfufs.}$$

Dieses *M* wird durch den Querschnitt $q = 12\,000$ und die betreffende Zeit dieser Senkung oder das angegebene *t* dividirt. Dadurch erhält man die Geschwindigkeit, bei der aber die Stunde als Zeiteinheit angenommen ist. Man muß sie also noch durch 3600 dividiren, um in üblicher Weise die Geschwindigkeit durch den in einer Secunde zurückgelegten Weg auszudrücken.

Wollte man die dauernden Zuflüsse des Binnensees, also hier den Zufluß der Oder berücksichtigen, so wäre festzustellen, welche Erhebung des Wasserstandes im Haff dadurch in der Zeiteinheit veranlaßt würde, falls kein Abfluß statt fände, und hiernach wären die Niveau-Differenzen zu berichtigen. Es wird indessen auf diese Verbesserungen bei einem ausgedehnten Binnensee meist nicht ankommen, da die Aenderungen des Wasserstandes der See, die von der Stärke und Richtung des Windes abhängen, also sich nicht vorhersehn lassen, auf die Niveau-Differenzen einen viel grössern Einfluß ausüben.

Wenn die gefundenen Geschwindigkeiten sich auch als ziemlich geringe herausstellen, so sind sie doch in ihren Wirkungen sehr bedeutend. Sie würden freilich oft nicht genügen, um den abgelagerten, meist ziemlich grobkörnigen Seesand in Bewegung zu setzen und fortzutreiben, der Wellenschlag, der an der Seeküste nur selten ganz nachläßt, befördert aber wesentlich die günstigen Erfolge. Die Körnchen, welche

die obere Schicht der Sand-Ablagerung bilden, werden von den aus gröfserer Tiefe auflaufenden Wellen, wenn auch nicht gehoben, so doch hin und her getrieben. Sie sind also schon in Bewegung, und wenn das umgebende Wasser auch nur langsam fließt, so führt es sie doch mit sich in der Richtung des Stroms fort, und sobald es die obere Schicht der Sohle beseitigt hat, so wirkt es in gleicher Weise auf die nächst folgende ein. Das Verhältniß ist genau dasselbe, wie bei dem am Strande lagernden Sande, der selbst von einer sehr mäfsigen, und oft kaum merkbaren Strömung dennoch weiter geführt wird. Diese Küstenströmung ist aber auch für die Beseitigung der Ablagerungen vor einer Hafenmündung sehr wichtig. Sie verhindert nämlich, daß nicht etwa eine langgezogene Sandbank vor der Mündung und zwar in deren Richtung sich ausbildet. Die Küstenströmung verbindet sich nämlich mit der Ausströmung, und der Sand folgt der Richtung, die nach Maafsgabe der Geschwindigkeiten aus beiden sich zusammensetzt. Sobald aber die Ausströmung ihre Wirkung verloren hat, so bleibt nur noch die Küstenströmung von Einfluß und die vortretende Sandbank wird angegriffen und unter den wechselnden Einwirkungen auf ein gewisses Maafs beschränkt. Hieraus ergibt sich auch, weshalb diese Sandablagerung gemeinhin an ihrem Ende, und zwar in der Richtung der Küstenströmung eine vortretende Zunge darstellt, wie diese im Situations-Plane von Swinemünde Fig. 101 an der Vierfaden-Linie zu bemerken ist. Der starke ausgehende Strom verhindert hier das weitere Vortreten derselben. Bei den kleineren Häfen im Cösliner Regierungs-Bezirk ist diese Zunge oft viel länger, und tritt sogar zuweilen bis vor den östlichen Hafendamm hinaus, in welchem Fall das Ein- und Ausgehn der Schiffe übermäfsig erschwert wird.

Wenn nach Vorstehendem selbst ein schwacher ausgehender Strom von Nutzen ist, so ist dennoch die Wirkung einer starken Strömung immer viel gröfser, und man kann solche nicht entbehren, wenn es Aufgabe ist, eine bedeutende Tiefe in der Hafen-Mündung zu erhalten. Hieraus ergibt sich aber, daß man in vielen und wohl in den meisten Fällen einem Hafen nicht eine beliebige Tiefe geben kann. Dieses verbietet sich, sobald die Strömung sich nicht bis zu einer gewissen Gröfse

verstärken läßt. Man kann freilich, wenn auch keine Durchströmung des Hafens stattfindet, mit großen Kosten durch Baggern ein tiefes Fahrwasser darstellen, wie vor dem Hafen von Libau in Kurland geschieht, doch pflegen diese Rinnen, die der Küstenstrom kreuzt, bald zu verflachen, und ihre Wieder-Eröffnung kann nur bei günstiger Witterung erfolgen. Auch ließen sich die Hafendämme mit großen Kosten soweit herausführen, bis die Mündung die gewünschte Meerestiefe erreicht, und alsdann hat man zwar die Aufgabe gelöst, aber die Verhältnisse ändern sich sehr bald. Der Strand folgt dem verlängerten Hafendamm und früher oder später, oft sogar schon nach wenigen Jahren ist die neue Mündung wieder eben so flach, wie die alte war. Dafs man diesem Uebelstande, wenigstens theilweise durch Dünenbauten begegnen kann, so wie auch dadurch, dafs man sich bemüht, die Bucht vor demjenigen Hafendamm zu erhalten, der von dieser Strömung getroffen wird, ist bereits § 39 ausführlich erörtert. Eben daselbst wurden auch die verschiedenen Mittel bezeichnet, durch welche unter Umständen die Strömung entweder in der ganzen Breite der Mündung oder wenigstens zur Seite des in concaver Richtung vortretenden Hafendamms verstärkt werden kann.

Starke Strömungen in den Hafenmündungen erschweren allerdings zuweilen das Ein- und Ausgehn der Segelschiffe, wenn der Wind nicht günstig oder nur schwach ist, doch hat dieser Uebelstand in neuester Zeit seine Bedeutung verloren, indem Dampfboote zum Schleppen bereit gehalten werden. Diejenigen Dampfschiffe aber, die für den überseeischen Handel oder den Personenverkehr bestimmt sind, werden durch die erwähnten Strömungen in ihren Fahrten nicht behindert, da ihre kräftigen Maschinen dieselben leicht überwinden.

Im Vorstehenden ist vorzugsweise von solchen Hafenmündungen die Rede gewesen, die an Meeren liegen, welche keinem merklichen Fluthwechsel unterworfen sind. Dieselben Verhältnisse wiederholen sich indessen auch, und stellen sich sogar viel auffallender dar, wenn die Fluth stark anschwillt und an jedem Tage zwei kräftige einlaufende und zwei auslaufende Strömungen veranlaßt. Die Themse würde bei der geringen Ausdehnung ihres Flufsgebiets unmöglich bis London aufwärts solche Tiefen haben, dafs die größten Schiffe sich darauf bewegen könnten, wenn die

kräftigen Strömungen der Fluth und Ebbe hier nicht stattfinden. Dasselbe geschieht an andern kleinen Flüssen und Buchten. Indem der Busen der Jade an jedem Tage zweimal durchschnittlich 11 Fuß hoch anschwillt, und eben so tief sich wieder senkt, so hat die etwa $1\frac{1}{2}$ Meilen lange Verbindung desselben mit der offenen See eine sehr bedeutende Tiefe angenommen, die ohne Zweifel dadurch noch zu vergrößern wäre, daß dieser schmale Hals durch Beförderung der Alluvionen an einer, oder an beiden Seiten verengt würde.

Etwa eine Meile oberhalb Hamburg befindet sich zwischen den eingedeichten Ländereien eine weite und lang ausgezogene Niederung, aus welcher ein kleiner Fluß, die Dove Elbe, austritt. Man hatte vorgeschlagen, diese Fläche einzudeichen und culturfähig zu machen, dieser Antrag mußte indessen zurückgewiesen werden, weil die Strömung der Fluth, wie der Ebbe, vor Hamburg sich mälsigen, und die zur Erhaltung der Tiefe nothwendige Stärke verlieren würde, wenn diese Niederung nicht mehr den aufwärts gerichteten Strom aufnehmen und bei der nächsten Ebbe den entgegengesetzten verstärken könnte. Dieselbe Rücksicht wird gegenwärtig auch bei den französischen Häfen am Canal sorgfältig beachtet. Man weiß, daß Calais und andre kleinere benachbarte Häfen in früherer Zeit, als sie noch nicht künstlich gespült wurden, tiefer waren, als sie gegenwärtig sind. Die Verflachungen rühren davon her, daß die durch den Hafen eintretende Fluth vormals sich über ausgedehnte Flächen verbreiten konnte, die später durch neue Eindeichungen wesentlich beschränkt sind. Sehr auffallend zeigte sich dieses im Hafen Ostende. Als 1626 die weit ausgedehnte Niederung hinter demselben eingedeicht war, verflachte sich seine Mündung so sehr, daß man sich 1662 gezwungen sah, den Deich zu durchstechen, worauf wieder die größten Schiffe einlaufen konnten. Im Cultur-Interesse wurde im Jahr 1700 der Deich aufs Neue geschlossen, und bald stellten sich die frühern Schifffahrts-Hindernisse wieder ein, woher man 1720 nochmals in dem Deich mehrere Einschnitte anbrachte, die freilich Anfangs günstigen Erfolg hatten, aber nach und nach solche Aufschlickung neben sich veranlafsten, daß ihre Wirksamkeit fast ganz aufhörte, und der vollständigen Eindeichung nichts mehr im Wege stand. Um den Zugang zum Hafen offen zu erhalten, mußte endlich 1810 die künstliche Spülung eingerichtet werden.

Am Dee-Fluss in Cheshire hat man dieselbe Erfahrung gemacht. Vor der 1732 im Flussthal ausgeführten Eindeichung maß die Tiefe bei Parkgate bei niedrigem Wasser 13 Fufs, jetzt liegt vor dem Eintritt der Fluth das Flußbette hier ganz trocken.

Schließlich wäre in Betreff der Wirkung der natürlichen Strömungen noch zu erwähnen, daß selbst Küstenströmungen, die also nicht durch den Hafen hindurchgehen, von Wichtigkeit sind. Solche können freilich nicht dem Hafen selbst seine Tiefe erhalten, aber sie verhindern die Sand- Ablagerungen vor demselben, und bewirken, daß eine große Tiefe sich dauernd hier erhält. Aus diesem Grunde ist es wichtig, die Häfen an solche Stellen der Ufer zu legen, wo die Gestaltung der Küste eine starke Strömung veranlaßt. In dieser Beziehung kommen vorzugsweise die weit vortretenden Uferecken in Betracht. Wenn eine solche einen Meerbusen begrenzt, so darf man mit Sicherheit erwarten, daß vor derselben keine Sand- oder Thonbank sich ablagern wird, sobald starke Strömungen sich hier bilden. Auch hiervon ist § 39 bereits die Rede gewesen. Selbst an der Ostsee läßt sich die Wichtigkeit weit vortretender Mündungen nicht verkennen. Unter übrigens gleichen Umständen sind diejenigen Häfen der Versandung am meisten ausgesetzt, welche in Buchten liegen und deren Hafendämme nicht weit hinaustreten. Das weite Vorschieben der Hafendämme ist daher auch in sofern von Wichtigkeit, als dadurch die Köpfe derselben von der Küstenströmung stärker getroffen werden. Dieses günstige Verhältniß ändert sich jedoch, wenn der Strand den verlängerten Hafendämmen folgt, und diese schließlich nicht mehr darüber hinausreichen.

§ 42.

Der Hafen Nieuwe-Diep.

Obwol alle Häfen, welche die Verbindung des Meers mit Binnenseen darstellen, periodischen Durchströmungen ausgesetzt und hierdurch mehr oder weniger vor Verflachung gesichert sind, so verdient unter diesen doch vorzugsweise der Hafen Nieuwe-Diep, an der nördlichen Ecke der Provinz Nord-Holland, erwähnt zu werden, insofern die natürliche Durchströmung, welche durch eine künstliche Anlage verstärkt ist, daselbst eine solche

Tiefe dauernd erhält, das nicht nur die größten Handelsschiffe und Ostindien - Fahrer, sondern sogar ausgerüstete Linienschiffe jederzeit darin einlaufen und sicher liegen können. Der hier erreichte Erfolg ist aber um so auffallender, als der Hafen auf der westlichen Seite von niedrigem aufgeschwemmten und sandigen Lande, und auf der Ostseite von ausgedehnten Wattgründen begrenzt wird, also Sand und Thontheilchen in seiner Umgebung reichlich vorhanden sind, die seine Verflachung veranlassen könnten. Der hindurchgehende Strom wird auch keineswegs durch reines Wasser gebildet, enthält vielmehr, wenn er einläuft, Seesand, und wenn er ausläuft, erdige Theilchen. Indem er aber, besonders im letzten Fall, eine große Geschwindigkeit annimmt, so verhindert er nicht nur die Niederschläge, sondern entfernt diese auch wieder, wenn sie in den Zwischenzeiten sich gebildet haben sollten.

In Fig. 28 ist bereits die Situation des Hafens im Allgemeinen mitgetheilt. Man bemerkt darin den sogenannten *Vangdam*, der nahe 900 Ruthen weit in die Zuiderzee hineintritt, und das bei der Ebbe abfließende Wasser zwingt, den Weg durch den Hafen zu verfolgen. Gewiß war es eine glückliche Idee, als die von den Staaten von Holland im Jahre 1780 zur Verbesserung des damals hier bereits bestehenden kleinen Hafens ernannte Commission den Vorschlag machte, den erwähnten Damm auszuführen. Man darf aber nicht unbeachtet lassen, das nur die eigenthümlichen dortigen Fluthverhältnisse dieses Unternehmen glücken ließen. Wollte man anderweitig durch Sperrung eines freien Abflusses, der bisher über die Watten erfolgte, einer seitwärts belegenen Rinne mehr Wasser zuführen, so würde der Erfolg leicht derselbe sein, als wenn man neben einem weit geöffneten Strombett einen schmalen Arm darstellt, der, wenn er nicht etwa bedeutend kürzer ist, oder einer viel tiefer liegenden Rinne das Wasser zuführt, keine starke Strömung annimmt, und daher bald sich verflacht oder ganz schließt. An der Stelle, wo der kleine Hafen sich befand, war dieses nicht zu besorgen, weil sehr wirksame äußere Ursachen den Ebbestrom hier an das Ufer drängten, und der getrennte schmale Arm, der den Hafen bildet, einen viel kürzern Abflusweg dem Wasser eröffnete.

Es ist schon früher darauf hingewiesen (§ 7), das an der äußersten Spitze von Nord-Holland die Fluthverhältnisse

sich eigenthümlich gestalten. Während einerseits an der Schelde-Mündung und andererseits bei Delfzijl der mittlere Fluthwechsel 8 Fufs misst, so beträgt derselbe am Mars-Diep nur $3\frac{1}{2}$ Fufs. Die Anomalien werden aber noch auffallender und zeigen um so deutlicher, dafs hier zwei verschiedene Fluthwellen sich gegenseitig schwächen, wenn man die Zeiten des Hochwassers oder die Hafenzeiten verschiedener nahe belegener Küsten-Punkte unter sich vergleicht. Ich stelle dieselben nachstehend zusammen, wie Storm Buysing*) sie mittheilt, und füge zugleich die mittleren Fluthwechsel in Rheinländischem Fufsmaafse bei:

I. an der Nordsee

	Hafenzzeit.	mittl. Fluthwechsel.
Katwijk	2 ^u 28'	5' 4"
Petten	3 ^u 10'	5' 2"
Nieuwe-Diep	7 ^u 6'	3' 8"
Texel bei Oude Schild	7 ^u 30'	3' 4"
Vlieland im Hafen	8 ^u 0'	5' 2"
Terschelling im Hafen	8 ^u 34'	5' 1"
Ameland	9 ^u 48'	6' 3"
Rottum	10 ^u 32'	7' 6"

II. an der Zuiderzee

Harlingen	8 ^u 30'	4' 2"
Staveren	8 ^u 30'	1' 9"
de Lemmer	12 ^u 51'	0' 3"
Mündung der Yssel	1 ^u 0'	0' 6"
Insel Urk	1 ^u 0'	0' 6"
Durgerham, an der Mündung des Y	2 ^u 40'	0' 11"
Monnikendam	2 ^u 0'	0' 10"
Insel Marken	2 ^u 0'	0' 10"
Edam	1 ^u 30'	1' 1"
Hoorn	12 ^u 45'	0' 10"
Enkhuizen	12 ^u 0'	1' 9"
Medemblick	10 ^u 30'	2' 1"

Der sehr grosse Zeitunterschied zwischen dem Eintritt des Hochwassers bei Petten und Nieuwe-Diep mufs zunächst befremden. Beide Orte sind nur etwa 4 Meilen von einander entfernt und

*) Bouwkundige Leercursus. I. Theil. Breda 1854, pag. 580.

eben so viel Stunden braucht die Fluthwelle, um diesen Weg zu durchlaufen. Zum Theil rührt dieses davon her, dafs das aufreibende Wasser sogleich in die Zuiderzee abfließt und nicht früher die grösste Höhe erreichen kann, bis letztere wenigstens so weit gefüllt ist, dafs die Einströmung mäfsiger wird. Das Mars-Diep zwischen Nord-Holland und Texel ist indessen nicht der einzige Arm, durch welchen die Zuiderzee mit dem offenen Meer in Verbindung steht, vielmehr existiren eben solche und zum Theil sogar noch weiter geöffnete Verbindungen zwischen allen einzelnen Inseln, welche die Zuiderzee im Norden begrenzen. In diese sämtlichen Arme tritt aber das Hochwasser keineswegs gleichzeitig ein, vielmehr nach Angabe der vorstehenden Tabelle am frühesten im Mars-Diep, eine Stunde später zwischen Texel und Vlieland und wieder eine halbe Stunde später zwischen Vlieland und Terschelling, während es auf der Ostseite der letztbenannten Insel um mehr als eine volle Stunde noch später erscheint. Die übrigen Inseln sind von der Zuiderzee bereits so weit entfernt, dafs die betreffenden Oeffnungen nicht mehr zu ihrer Füllung und Entleerung beitragen dürften.

Es leidet hiernach keinen Zweifel, dafs die erste Oeffnung, also diejenige zwischen Nord-Holland und Texel, vorzugsweise das Wasser der Zuiderzee zuführt, und umgekehrt auch bei der Ebbe dasselbe wieder ableitet. Während die Fluth hier einzuströmen beginnt, findet in den östlich belegenen Oeffnungen noch Ebbe statt, und wenn in den letztern der Strom umsetzt, so ist der See durch die erste bereits theilweise gefüllt. Ganz dasselbe Verhältnifs wiederholt sich auch bei der Ebbe, woher sich die sehr vollständige Ausbildung und die grofse Tiefe des Mars-Dieps erklärt. Indem dieses sich aber auf der Binnenseite der Insel Texel in nordöstlicher Richtung hinzieht, so ist sogar zu vermuthen, dafs ein Theil des hier einströmenden Wassers durch die folgenden Oeffnungen und zwar besonders zwischen Vlieland und Terschelling sogleich wieder nach der See abfließt.

Was die Verbreitung der Fluth in der Zuiderzee betrifft, so mufs man die beiden sehr verschiedenen Theile derselben unterscheiden, nämlich den nördlichen, der im Süden von der aus Nord-Holland vortretenden Halbinsel (worauf Medemblick und Enkhuizen liegen) begrenzt wird, und den südlichen, der sich bis gegen

Amsterdam hinzieht. In dem letztern ist die Fluth viel geringer und veranlaßt nach vorstehender Tabelle nur Wechsel des Wasserstandes von etwa 1 Fufs. Das Hochwasser tritt daselbst auch erst 4 bis 5 Stunden später, als bei Nieuwe-Diep ein. In dem ersten oder dem nördlichen Theil dagegen stellt sich am östlichen Ufer bei Harlingen und Staveren das Hochwasser in derselben Zeit ein, wie im Hafen von Terschelling. Mehrere weite Rillen führen dasselbe auch zwischen den Watten direct hieher. Bei Medemblick dagegen tritt das Hochwasser erst zwei Stunden später ein. Der Grund davon ist darin zu suchen, dafs bevor das Wasser hier seine grösste Höhe erreichen kann, die Abströmung nach dem südlichen Theil aufgehort haben mufs. Vor Medemblick nimmt sonach das Wasser erst $3\frac{1}{2}$ Stunden später, als vor Nieuwe-Diep, seinen höchsten Stand ein, also wenn am letzten Orte bereits eine starke Senkung und Ausströmung nach der See wieder eingetreten ist. Es erklärt sich daher, dafs das Wasser sich zwischen Nord-Holland und der Insel Wieringen auf dem kürzesten Wege nach dem Mars-Diep hinbewegt, und indem es hier ein tiefes und weites Bette vorfindet, während zugleich das Niveau der Nordsee hier bereits tiefer gesunken ist, als in den Oeffnungen zwischen den übrigen Inseln, so bildet sich von selbst eine kräftige Strömung, die man ohne Gefahr auf ein schmaleres Bette concentriren durfte. Dieses ist eben durch jenen Damm geschehn, der den Abflufs über die Watten unterbricht und das Wasser zwingt, den Hafen Nieuwe-Diep zu durchströmen. Der dadurch künstlich dargestellte Wasserlauf ist nicht nur für die in der ersten Hälfte der Ebbe abfließende Masse der kürzeste Weg, sondern er führt diese auch direct nach dem weiten und tiefen Mars-Diep und durch dasselbe der offenen See an einer Stelle zu, wo sich bereits das stärkste Gefälle bildet.

Vorstehende Auseinandersetzung der Fluthverhältnisse schien nothwendig, um der Ansicht entgegen zu treten, als ob man durch eine Anlage, wie hier zur Ausführung gekommen, auch in allen andern Fällen die Strömung beliebig concentriren und dadurch die Häfen vertiefen und vor Verflachungen sichern könnte.

Die nachstehende Beschreibung des Hafens Nieuwe-Diep ist zum Theil aus Storm Buysing entlehnt, doch sind derselben vielfache Ergänzungen hinzugefügt, die theils auf wieder-

holter eigner Anschauung,*) besonders aber auf Mittheilungen des Ober-Ingenieur J. Strootman (des Verfassers einer wichtigen Schrift über Seeschleusen) beruhen, der früher daselbst angestellt war. Fig. 118 zeigt die Situation des Hafens.

Die so eben erwähnte Ebbe-Strömung, die sich auf der Ostseite der äußersten Spitze von Nord-Holland hinzog, hatte hier eine Rille eröffnet, die bereits in früherer Zeit als Hafen benutzt wurde, doch konnten wegen mangelnder Tiefe daselbst nur kleine Schiffe einlaufen, die auch bei starken östlichen Winden und während des Eisgangs wenig Schutz fanden. Als die Tiefe in der Mündung der Maas sich nach und nach verminderte und hierdurch sowol der Handel, wie auch die Kriegs-Marine von Holland bedroht wurde, so wurde im Jahre 1780 eine Commission niedergesetzt, um zu untersuchen, ob der kleine Hafen an dem sehr tiefen Mars-Diep sich nicht in einen Kriegshafen verwandeln lasse. Die Commission erklärte dieses für erreichbar, wenn die Rille auf der Ostseite durch einen Hafendamm (Leidam) begrenzt und von diesem aus ein langer Flügel (Vangdam) über das Watt geführt würde, der die Ebbe-Strömung hier auffangen und durch den Hafen leiten sollte. Bei der Unmöglichkeit, die passenden Maasse sicher vorher zu bestimmen, wurde die Länge des letzten Dammes vorläufig zu 600 Ruthen angenommen, jedoch eine weitere Verlängerung nach Bedürfnis in Aussicht gestellt.

Diese Vorschläge kamen sogleich zur Ausführung. Der Hafendamm bestand nach Woltman's Mittheilung**) aus einem flachen Faschinen-Packwerk, das regelmäsig mit großen Steinen überdeckt war. In dem äußern Theil war es 72 Fufs und von der scharfen Ecke (dem Eingange des gegenwärtigen Kriegshafens gegenüber) bis zum Fangedamme 48 Fufs breit. Der Fangedamm wurde dagegen durch eine dichte Holzwand dargestellt, an welche sich seeseitig eine mit Steinen beschwerte Faschinen-Packung von 18 Fufs Breite lehnte, während gegen die innere Seite Mauerschutt

*) Als der Kriegshafen und dessen Verbindung mit dem Nordholländischen Canale noch in der Ausführung begriffen war, habe ich über denselben in der „Beschreibung neuerer Wasserbauwerke. Königsberg 1826“ pag. 78 ff. ausführliche Mittheilungen gemacht.

**) Beiträge zur hydraulischen Architectur. IV. Band. Göttingen 1799. S. 68 ff.

gebracht war. Von dieser anfänglichen Construction ist man bei der spätern Unterhaltung abgegangen, wovon im Folgenden die Rede sein wird.

Den westlichen Hafenkopf bildete ein Wierhöft (§ 16), welches sich an den bereits früher beschriebenen Helder'schen Seedeich anschloß. Der Deich, der das Städtchen und das zugehörige Land auf der Ostseite schützte, befand sich in einiger Entfernung von dem neuen Hafen, und der zwischen liegende Aufsendeich war unbefestigt und sehr niedrig. Letzterer mußte gegen die verstärkte Strömung um so mehr geschützt werden, als der Hafen oder die ehemalige natürliche Rille scharf gekrümmt war, und die Landseite die Concave bildete. Außerdem kam es darauf an, das aufgefangene Wasser direct in den Hafen zu leiten und die Ueberströmung des niedrigen Aufsendeichs zu verhindern. Zu diesem Zweck wurde zunächst von dem Punkte aus, welcher der Verbindung des Fangedamms mit dem Leitdamm gegenüber lag, ein Damm in südlicher Richtung bis zu einer 150 Ruthen entfernten höheren Stelle des Ufers geführt. Die Seitenströmung wurde dadurch vollständig verhindert, und der neue Damm trat mit seinem Kopf in den Hafen hinein, so daß er als Buhne wirkte. Sechs andre Buhnen wurden außerdem in gleichen Abständen in das concave Ufer zwischen diese erste Buhne und das Wierhöft gelegt, während an das letzte sich ein kurzes Bohlwerk zum Anlegen der Schiffe anschloß. Einige dieser Buhnen, die im Allgemeinen nur niedrig waren, wurden sogleich in Holz überbaut, damit die Schiffe daran gleichfalls anlegen und bequem beladen oder gelöscht werden könnten.

In diesem Zustande sah Woltman den Hafen im Sommer 1784, und rühmt bereits die sehr großen Erfolge, welche der lange Fangedamm in der kurzen Zeit herbeigeführt hatte. 1782 war dieser Damm beendet und in den zwei folgenden Jahren hatte die Tiefe durchschnittlich um 3 Fufs zugenommen, während eine ansehnliche Vertiefung schon während des Baues eingetreten war. Diese Wirkung war jedoch nicht allein durch die verstärkte Strömung herbeigeführt, vielmehr waren auch künstliche Mittel, nämlich Baggerarbeiten und Auflockerungen des Grundes dabei zur Anwendung gekommen, namentlich an solchen Stellen, wo der Boden fester war und die Strömung allein keine Wirkung zeigte.

Ob die Baggerarbeiten, die wohl nur aus freier Hand ausgeführt wurden, von merklichem Nutzen gewesen, muß dahin gestellt bleiben, die Vorrichtung zum Auflockern des Grundes bestand aber darin, daß ein großer Rechen mit eisernen Zinken an ein Fahrzeug befestigt wurde, welches der Strom in Bewegung setzte. Dabei hatte man, um die Angriffsfläche des Stroms gegen das Schiff zu vergrößern und dadurch den Effect zu verstärken, noch unter Wasser ein Segel ausgespannt, das vom Strom getroffen wurde.

Storm Buysing sagt, daß vor dem Jahre 1782 der Hafen kaum 11 bis 13 Fufs tief gewesen, 1783 habe die Tiefe aber bereits 16 bis 19 Fufs betragen. Für den beabsichtigten Zweck genügte dieses noch nicht, und da man sich überzeugte, daß die Tiefe nicht weiter zunahm, daß vielmehr einzelne künstlich vertiefte Stellen sich wieder verflachten, so wurde schon damals beschlossen, die Strömung durch weitere Verlängerung des Fangedamms zu verstärken. Die Verlängerung erfolgte zunächst in der anfangs gewählten Richtung, auf die letzten 100 Ruthen wurde der Damm dagegen südwärts geführt. Er nahm daher die Form an, welche Fig. 28 zeigt, die aber in Fig. 118 wegen Mangel an Raum nicht vollständig dargestellt ist. Seine ganze Länge maß nunmehr 896 Ruthen. Die Breite wird zu 27 Fufs angegeben und die Krone lag in der Höhe der gewöhnlichen Fluthen.

Zur Zeit, als Woltman dort war, existirte diese große Tiefe noch nicht, doch war sie im September 1785 erreicht, worauf Fregatten von 36 Geschützen, und einige Jahre später selbst Linienschiffe und Ostindien-Fahrer im Hafen liegen konnten.

Es stellte sich bald das Bedürfnis heraus, wenigstens für kleinere Reparaturen der Schiffe die nöthigen Einrichtungen zu treffen. Dieses geschah an der Stelle, wo sich gegenwärtig das Fort Neu-Werk befindet. Das Fahrwasser hatte indessen daselbst nicht hinreichende Tiefe, weil der Ebbestrom zur Seite des Fangedamms in den Hafen trat. Es mußte also der Hafendamm über den Fangedamm hinaus bis vor das neue Werk verlängert werden, und um die Tiefe unmittelbar neben dem Ufer darzustellen und zugleich den daselbst liegenden Schiffen mehr Schutz zu gewähren, wurde noch, wie Fig. 118 zeigt, ein kurzer Flügel rechtwinklig an das Ende des Hafendamms angesetzt. Dieser Flügel ist

indessen 1862 wieder beseitigt, indem zugleich der Leitdamm in südöstlicher Richtung etwa um 100 Fufs verlängert wurde.

Als ich 1822 den Hafen sah, waren jene Bühnen, von denen oben die Rede gewesen, vollständig beseitigt und dafür das landseitige Ufer mit Steinpackungen, die sich gegen ziemlich dichte Pfahlwände lehnten, eingefasst war. Der Kopf des westlichen Hafendammes bestand gleichfalls aus solcher Steinpackung, worauf jedoch ein starker Wier-Riemen ruhte, der sich bis über die Krone des anschließenden Deichs erhob und den Stofs der Wellen aufging. Dieser Wier-Riemen bestand auch später noch, doch wurde er nicht mehr unterhalten und war so vollständig durch hölzerne Brücken überbaut, dafs er nur von der untern derselben noch gesehen werden konnte.

Die Mündung des Hafens ist nord-östlich gerichtet, sie entspricht also keineswegs dem Fahrwasser, welches nach der offenen See führt, auch bemerkt man namentlich beim Beginn der Fluth hier sehr unregelmäßige Bewegungen im Wasser und starke Wirbel. Dafs der Hafen an sich sehr geschützt ist und vom Wellenschlage der See nicht getroffen wird, ergibt sich schon aus seiner Lage, auch geschieht es nicht leicht, dafs er sich mit Eis versetzt, weil das Thauwetter gemeinlich bei westlichen Winden eintritt, und diese das Eis vom Hafen entfernt halten. Wenn dagegen der westliche Wind lange angehalten, und hierdurch der Wasserstand sich erhöht hatte, alsdann aber der Wind nach Nord-Ost umsetzte, so traten die Wellen über den Hafendamm und veranlafsten eine starke Bewegung im Hafen, welche den darin liegenden Schiffen gefährlich wurde. Dieses ungünstige Zusammentreffen ereignete sich namentlich 1829 und man nahm hieraus Veranlassung, den Hafendamm, dessen Krone bisher auf gewöhnlicher Fluthhöhe lag, um 7 Fufs zu erhöhen.

Das damals diesem Damme gegebene Profil, das auch noch bei allen Instandsetzungen wieder gewählt wird, ist folgendes. Die Breite der Krone mißt nur 4 Fufs 9 Zoll. Dieselbe ist etwas gewölbt und erhebt sich 7 Fufs 4 Zoll über die gewöhnlichen Fluthen. Um den Kopf aber nicht zu sehr dem Andrang der Wellen auszusetzen, hat dieser seine frühere Höhe beibehalten und auf die ersten 26 Ruthen steigt die Krone gleichmäßig von der ordinären Fluthhöhe bis zu der bezeichneten gröfsern Höhe an.

Zu beiden Seiten geht die Krone in die Böschungen über, die mit zweifacher Anlage bis zum Grunde sich fortsetzen. Der Kern des Damms, aus dem die frühern Packwerke wohl nicht entfernt werden konnten, ist mit Sand überschüttet, und mit einer 2 Fufs starken Klai-Lage überdeckt. Die Unterlage für das Pflaster bildet eine 8 Zoll hohe Schüttung von Ziegelbrocken und das Pflaster selbst ist 1 Fufs stark.

Die regelmässige Einfassung des westlichen Hafen-Ufers erfolgte in den Jahren 1812 bis 1815, wobei theils, wenn die Tiefen sehr groß waren, der Senkstück-Bau Anwendung fand, theils aber auch, wie bereits erwähnt, verankerte Pfahlwände ausgeführt und mit Steinen hinterpackt wurden. Die Uferhöhe wurde auf 3 Fufs über gewöhnliche Fluthen normirt, während der dahinter liegende Deich mit der sehr sanften Böschung von 1 zu 15 noch 5 Fufs höher anstieg.

Die Tiefen des Hafens und zwar unter der gewöhnlichen Fluthhöhe gemessen, sind im Situationsplane angegeben, und zwar sind die Stellen, worin die Tiefe 10 Meter oder 32 Fufs und mehr beträgt, durch punktirte Linien eingeschlossen. Dieses sehr günstige Resultat ist aber nur dadurch erreicht, daß der Fangedamm nach und nach auch erhöht und dadurch seine Wirksamkeit verstärkt wurde. Diese Arbeit wurde 1843 begonnen. Der Damm, der ursprünglich auf gewöhnliche Fluthhöhe gelegt war, hatte sich nach und nach um 4 bis 8 Zoll gesenkt, und der Erfolg davon war, daß im Hafen stellenweise sich Verflachungen zeigten, welche der Schifffahrt hinderlich wurden. In dieser Zeit fing man an, den Fangedamm bis auf 1 Fufs über gewöhnliche Fluthhöhe zu erhöhen, und zwar geschah dieses zunächst am Anschlußpunkt an den Hafendamm, und jährlich wurde eine Strecke von 160 Fufs Länge in dieser Weise umgebaut. Die Strömung und die Tiefe im Hafen nahm in Folge dessen nach und nach zu, und zwar so, daß 1861 auf eine kurze Strecke die Uferneinfassung einstürzte. Seitdem hat man die weitere Erhöhung unterlassen, man ist aber auf die Aenderungen der Tiefen gegenwärtig sehr aufmerksam geworden, und mit der größten Vorsicht werden schon seit 1822 jährlich an bestimmten Stellen Querprofile gemessen. Die große Tiefe muß im Interesse der Schifffahrt erhalten werden, dieselbe darf aber auch nicht zunehmen, weil dieses für die Uferneinfassungen

gefährlich sein würde. Die begonnene Erhöhung des Fangedamms bietet Gelegenheit, den Strom zu verstärken, sobald eine Verminderung der Tiefe sich bemerkbar machen sollte. Es ist auch nicht in Abrede zu stellen, daß manche Aenderungen, die theils von selbst eingetreten, theils aber auch künstlich herbeigeführt sind, die bisherige Strömung schwächen dürften. Schon bei der Eindeichung des Anna Paulowna Polders wurde die Besorgniß angeregt, daß hierdurch der Hafen gefährdet werden möchte. Die Besorgniß hat sich nicht bestätigt, oder der Einfluß dieser Anlage ist vielleicht durch die erwähnte Erhöhung des Fangedamms aufgehoben. Eine andre Eindeichung, durch welche die Insel Wieringen mit dem festen Lande verbunden werden soll, wird bereits seit mehreren Jahren beabsichtigt, und in neuster Zeit ist sogar die Eindeichung und Trockenlegung eines großen Theils der Zuider-Zee in Aussicht genommen, wie auch die Umwandlung des Y in einen Schiffahrts-Canal bereits in der Ausführung begriffen ist. Unfehlbar wird durch diese Anlagen die bisherige Durchströmung des Hafens wesentlich beeinträchtigt. Die Niederländischen Ingenieure sind, wie es scheint, der Ansicht, daß auch in diesem Fall durch weitere Erhöhung, und wenn es nöthig sein sollte, durch weitere Verlängerung des Fangedamms die Strömung im Hafen gesichert werden könne. Schliesslich muß in Betreff des Fangedamms noch bemerkt werden, daß derselbe an seinem hintern Ende nicht steil abfällt, sondern mit sehr sanfter Böschung bis zum Grunde ausläuft.

Bisher war nur von demjenigen Theil des Hafens die Rede, der von der Fluth und besonders von der Ebbe durchströmt wird. In demselben liegen die Schiffe zwar sehr sicher, doch fehlen darin manche Anstalten, welche der Schiffsverkehr fordert. Einige Vorkehrungen zu kleineren Reparaturen, wie auch zu Ausrüstungen der Kriegsschiffe waren zwar bereits in dem Fort Neu-Werk getroffen, doch entsprachen diese keineswegs dem Bedürfniss eines wirklichen Kriegshafens. Was andererseits die Handels-Marine betrifft, so lag es wohl nicht in der Absicht, für diese einen selbstständigen größern Hafen hier einzurichten, vielmehr wurde Nieuwediep nur als Vorhafen von Amsterdam angesehen, worin die Schiffe bei ungünstiger Witterung einlaufen, auch daselbst soweit gelichtet werden sollten, daß sie über die Untiefe vor der Mün-

dung des Y gebracht werden könnten, während sie andererseits, wenn sie ausgingen, erst hier die volle Ladung einnehmen sollten.

Diese Verhältnisse wurden zur Zeit der Französischen Occupation wesentlich geändert, indem damals beschlossen wurde, einen vollständigen Kriegshafen hier einzurichten. Die Ausführung begann auch bereits zur Zeit des Kaiserreichs, indem man das Terrain zu dem ausgedehnten Marine-Etablissement auf der westlichen Seite des Hafens ankaupte, und mit der Ausgrabung des großen Docks oder Bassins den Anfang machte. Nachdem die Niederlande ihre Selbstständigkeit wieder erlangt hatten, gab man dieses Project nicht auf, vielmehr wurde es in den westlichsten Theilen zur Ausführung gebracht. Die ganze Anlage gewann aber noch eine größere Bedeutung, indem bald nach dem Frieden das Project zu dem Nordholländischen Canal angeregt und dessen Verbindung mit diesem Hafen und dem Marine-Etablissement beschlossen wurde. Der erwähnte Canal beginnt Amsterdam gegenüber am Zollhause ohnfern Buiksloot. Er erhielt solche Dimensionen, daß die auf den Werften bei Amsterdam erbauten Kriegsschiffe, und selbst Linienschiffe vor der Ausrüstung ihn befahren konnten, indem sie die volle Ausrüstung in Nieuwe - Diep erhalten sollten. Seine Tiefe war auf 24 Fuß bestimmt, doch wurde dieselbe bei der ersten Anlage nicht erreicht.*)

Die Situationszeichnung Fig. 118 weist die verschiedenen gegenwärtig bestehenden Schiffahrtsverbindungen, Schleusen und sonstigen Anlagen in und neben dem Hafen und dem Marine-Etablissement nach, welches gegenwärtig den Namen Willemsoord führt. Bei Beschreibung derselben sollen zugleich die Aenderungen erwähnt werden, die daran im Lauf der Zeit vorgenommen sind.

Der Nordholländische Canal spaltet sich auf der Nordseite des neuen Werks, welches vor vierzig Jahren nur aus einigen Erdwällen bestand, in zwei Arme. Die linkseitige bildet die Fortsetzung des Canals, der sich bis zum Marine-Etablissement erstreckt, während der rechtseitige durch zwei unmittelbar neben einander belegene Schleusen A und B die Verbindung mit dem

*) Ausführliche Mittheilungen über diesen Canal befinden sich gleichfalls in der „Beschreibung neuerer Wasserbauwerke“.

Hafen darstellte. Diese Schleusen, die Commerce-Schleusen benannt, wurden mit dem Canal zugleich erbaut. Die grössere derselben war 198 Fufs lang, 44 Fufs weit und die Schlagschwelle lag 20 Fufs unter der gewöhnlichen Fluth. Die kleinere Schleuse *B* war nur etwa 20 Fufs weit. Diese unmittelbare Verbindung beider Schleusen, die nur durch eine gemeinschaftliche Kammermauer getrennt wurden, hat sich als sehr unbequem herausgestellt, insofern die beiderseitigen Zugänge nicht gehörig geschieden waren, und deshalb den ein- und ausgehenden Schiffen die nöthige Hülfe nicht geleistet werden konnte. Die grössten Schiffe, welche den Canal befahren, konnten auch durch keine dieser beiden Schleusen nach dem Hafen gelangen. Da dieses jedoch vorzugsweise Kriegsschiffe waren, so gingen dieselben auch jedesmal nach dem Marine-Etablissement, und es war Absicht, durch letzteres auch die besonders grossen Kauffahrtei-Schiffe, wie etwa Ostindien-Fahrer, in den Hafen gelangen zu lassen.

Die grössere der erwähnten Schleusen hatte ursprünglich eine andre Einrichtung als gegenwärtig. Das Haupt auf der Hafenseite wurde nämlich nur durch ein Paar Stemthore geschlossen, die nach aussen aufschlugen, also die höheren Wasserstände der See vom Canal abhielten. Auch in dem andern Haupt befand sich nur ein Thorpaar, das gleichfalls nach der Hafenseite aufschlug. Die Schleuse konnte also, sobald der Wasserstand im Hafen der höhere war, als gewöhnliche Kammerschleuse benutzt werden.

Bei dem zunehmenden Verkehr und der weitem Ausdehnung der Dampfschiffahrt wiederholte sich häufig der Fall, dafs die Handelsschiffe, welche den Canal befuhren, zu grosse Dimensionen hatten, als dafs sie durch die beschriebenen Schleusen gehn konnten. Sie mußten alsdann durch das Marine-Etablissement geführt werden, und dieses verursachte Störungen in der Benutzung des letztern, während man in neuerer Zeit ganz allgemein sich davon überzeugt hat, dafs die nothwendige Erhaltung der Ordnung in einem Kriegshafen die Mitbenutzung desselben durch Handelsschiffe verbietet. Aus diesem Grunde wurde später noch eine grosse Schleuse in dem Neuen-Werk erbaut, welche die unmittelbare Verbindung des Canals mit dem Hafen gleichfalls darstellt. Dieselbe ist in der Figur mit *C* bezeichnet, und indem sie den

ganzen Verkehr vermitteln soll, so wurde sie zwischen den beiden Häuptern mit einem weiten Bassin von 154 Fufs Länge und 102 Fufs Weite versehen, in welchem gleichzeitig eine Menge Schiffe Platz finden. Jedes Haupt enthält zwei Paar Stemthore, die nach entgegengesetzten Seiten aufschlagen. Die lichte Weite der Schleuse zwischen den Thoren misst 54 Fufs und die Schlag-schwellen liegen $21\frac{1}{2}$ Fufs unter gewöhnlicher Fluthhöhe. Die ganze Länge der Schleuse, von Thor zu Thor gemessen, beträgt 223 Fufs, woher selbst gröfsere Schraubendampfer hindurch gehn können. *) Endlich führte noch eine kleine Kammerschleuse *L* aus dem Hafen unmittelbar nach den bei *M* belegenen Werften in Neu-Werk. Letztere gingen aber ein und wurden verschüttet, als die Hellinge und Trockendocks in Wilhelms-Ort eingerichtet waren. Die beiden ältesten, zuerst beschriebenen Schleusen *A* und *B* sind 1861 beseitigt.

Derjenige Theil des Canals, der sich von den erwähnten Schleusen bis zum Marinehafen erstreckt, bildet ein Dock, worin die Schiffe neben geräumigen Kais und einigen Magazinen bequem liegen. Die von Amsterdam kommenden Dampfböte legen gleichfalls hier an. Die in neuester Zeit von Haarlem nach Nieuwen-Diep geführte Eisenbahn schliesst sich aber auf der nordwestlichen Seite von Neu-Werk an ein geräumiges Bassin an, das sowol mit dem Hafen, als mit dem Canal in Verbindung steht und den Uebergang des Eisenbahn- und Schiffs-Verkehrs vermittelt.

Der Kriegshafen Wilhelms-Ort ist rings durch hohe Zäune, Pallisaden, oder durch den Canal abgeschlossen, der ihn auf drei Seiten umgiebt. Das erweiterte Bassin auf seiner Südseite, welches unmittelbar mit dem Nordholländischen Canal und durch eine kleine Schiffsschleuse *I* auch mit dem Hafen in Verbindung steht, ist nicht sowol für die Schiffe der Kriegs-Marine, als vielmehr für solche Handelsschiffe bestimmt, welche Proviant und Ausrüstungs-Gegenstände für die Flotte zuführen. Diese Schleuse war früher mit Fächerthoren versehen, die jedoch 1848 durch gewöhnliche Stemthore ersetzt sind. Die Magazine befinden sich an beiden Seiten des kleinen Canals, der sich vom Haupt-

*) Eine ausführliche Beschreibung dieser Schleuse von Dalmann befindet sich in der Zeitschrift für das Bauwesen. 1857 Seite 330 ff.

Canal um das ganze Etablissement bis gegen die Mündung des Hafens fortsetzt.

Das in der Mitte belegene große Bassin oder Dock für die Kriegsschiffe war ursprünglich 1000 Fufs lang, 425 Fufs breit und bei mittlerer Fluth 22 Fufs tief, 1860 wurde es aber auf der Nordseite um 86 Fufs verlängert und zugleich um 3 Fufs vertieft. Es ist rings umher mit Basalt-Mauern eingefasst. Auf der Südseite steht es mit dem Nord-Holländischen Canal in Verbindung, und hier befindet sich bei *D* eine Schleuse, die 1859 umgebaut wurde. Dieselbe hat zwei Paar Stemmthore aus Eisenblech, die jedoch nach verschiedenen Richtungen aufschlagen, mittelst deren man bei hohem Aussenwasser den Wasserstand im Dock etwas senken kann, um das Entleeren des Trocken-Docks zu erleichtern. Diese Schleuse ist $61\frac{1}{2}$ Fufs weit und die Schlagschwellen liegen 24 Fufs unter gewöhnlicher Fluth.

Ein zweites Schleusenaupt *E* stellt auf der östlichen Seite die Verbindung des Bassins mit dem Hafen dar. Diese Schleuse, die Dockschleuse genannt, war früher 54 Fufs weit und ihre Schlagschwelle lag 24 Fufs unter gewöhnlichem Hochwasser. Sie war mit zwei Thorpaaren versehen, die in entgegengesetzten Richtungen aufschlugen, also eben so wohl besonders hohe Fluthen vom Bassin abhielten, als eine zu starke Entleerung desselben verhinderten. Die Fluth-Thore, die sich bis zur Kronenhöhe des Deichs erhoben, lagen in der Richtung des letztern, und dienten sonach zum Schutz des ganzen Etablissements gegen Sturmfluthen. Den Aufsendeich bildete ein breites Kai, welches dem öffentlichen Verkehr übergeben war, und um diesen durch den Schleusen-Canal nicht zu unterbrechen, wurde in erster Zeit ein Ponton in letztere gelegt, das für Fußgänger und leichtes Fuhrwerk den Uebergang vermittelte. Später wurde dieses durch eine leichte Zugbrücke ersetzt, während gegenwärtig eine Drehbrücke *F* die Verbindung darstellt.

Das Schleusenaupt *E* ist im Jahr 1862 umgebaut, weil es sich theils in schlechtem Zustande befand, theils aber auch seine Dimensionen den neuern Bedürfnissen der Marine nicht entsprachen. Bei den sämtlichen Bauwerken am Nordholländischen Canal hatte man, ganz abweichend von der sonst in den Niederlanden üblichen Constructions-Art, nicht den Rheinischen Trafs,

vielmehr ein künstliches Surrogat desselben, nämlich einen gebrannten Thon angewendet, den ein Fabrikant, Namens Casius, in Utrecht darstellte. Der aus dem Y gebaggerte Schlick wurde getrocknet, scharf gebrannt und gemahlen. Es war also eine Art Ziegemehl, das in Verbindung mit gewöhnlichem Kalk einen sehr festen und selbst unter Wasser erhärtenden Mörtel darstellen sollte. Ob ein so günstiges Resultat wirklich in Aussicht stand, war schon zur Zeit der Ausführung der ersten Schleusenbauten bezweifelt worden. Als ich 1822 und 1823 mich in Nord-Holland aufhielt, hörte ich vielfache Klagen über den hier verwendeten schlechten Mörtel, dessen Unhaltbarkeit sich an der Schleuse zwischen dem Canal und dem Y, oder der Wilhelm-Schleuse, Amsterdam gegenüber, bereits herausgestellt hatte. An einzelnen Stellen, wo das Mauerwerk aufgebrochen war, bestätigte sich auch vollständig die Befürchtung, daß dieser Cement wenig dauerhaft sei. Nichts desto weniger wurde ohnerachtet der lebhaftesten Angriffe in den öffentlichen Blättern das Fabrikat von Casius dennoch nach wie vor verwendet. Dieses geschah auch bei der in Rede stehenden Dockschleuse in Wilhelms-Ort, und die Erfahrungen waren hier dieselben. Indem die Mauern vielfach gerissen und außerdem auch aus dem Loth gewichen waren, mußte die Schleuse endlich abgebrochen und durch eine neue ersetzt werden.

Die neue Dockschleuse erhielt zwischen den aus Eisenblech bestehenden Thoren, die wieder nach beiden Seiten aufschlugen, die lichte Weite von 70 Fufs, während die bereits erwähnte Drehbrücke *F* zwischen den Mauern $73\frac{1}{4}$ Fufs weit ist.

Schon bei der ersten Anlage des Marine-Etablissements wurde auf der westlichen Seite des Bassins bei *G*, also der Dockschleuse gegenüber, ein Trocken-Dock erbaut. Dasselbe war in der Mündung 54 Fufs weit und wurde durch ein hölzernes Pontonthor mit zwei Kielen geschlossen. Zu beiden Seiten dieses Docks sollten noch zwei andere erbaut werden. Zum Auspumpen derselben war ein gemeinschaftliches Pumpwerk bestimmt, welches durch eine Dampfmaschine getrieben wurde. Diese befand sich in einem Gebäude, welches hinter dem ersten Dock stand. Das gehobene Wasser wurde in den Canal geleitet, der das Etablissement umgiebt. Das Dock erregte schon während des Baues

Besorgnisse. Der hölzerne Boden hob sich, und ehe man das erste Schiff einbrachte, mußte er schon mit Eisen-Ballast beschwert werden, der dauernd darauf liegen blieb. Trotz dieser Vorsicht gelang es doch nicht, die vielen undichten Stellen zu schliessen. Hohe Wasserstrahlen sprangen sowol aus dem Boden, als aus den Mauern empor, und die Dampfmaschine, die oft genug ihren Dienst versagte, mußte fast immer in Thätigkeit erhalten werden. Dieses geschah im Jahre 1823, also unmittelbar nach Vollendung des Baues. Als ich zehn Jahre später das Dock wiedersah, hatten so viele springende Strahlen sich von allen Seiten eröffnet, dafs es stellenweise unmöglich war, denselben aus dem Wege zu gehn. Gegenwärtig sind diese Uebelstände beseitigt, man hat einen gemauerten Boden, der ein umgekehrtes Gewölbe darstellt, über dem hölzernen Boden aufgebraucht und zugleich die Seitenmauern verkleidet. Das Dock ist gegenwärtig im Boden 236 Fufs lang, und derselbe liegt 19 Fufs 9 Zoll unter gewöhnlicher Fluth. Es können in dasselbe noch die grössten Schraubenfregatten eingeführt werden, wenn Geschütze, Anker und Eisenballast entfernt sind. Den Schlufs bildet ein eisernes Ponton, worin zum Auslassen des Wassers ein Canal von quadratischem Querschnitt und 3 Fufs 2 Zoll Weite angebracht ist.

Ein zweites Trocken-Dock ist seitdem in der südwestlichen Ecke des Bassins bei *H* erbaut. Dasselbe ist 350 Fufs lang, in der Mitte 73 Fufs und im Eingange 64 Fufs weit, und die Sohle des Eingangs liegt $25\frac{1}{2}$ Fufs unter gewöhnlicher Fluth. Die Construction desselben ist in sofern eigenthümlich, als es nicht auf Pfählen, vielmehr auf einem Balken-Rost ruht. Die Grundbalken oder Kassen liegen nach der Quere des Docks, und zwar sehr nahe nebeneinander. Ein starker Bohlenboden überdeckt sie, und auf diesen sind übereinander noch vier sich kreuzende Lagen von Balken gelegt, die unter sich und mit dem untern Boden durch Bolzen verbunden und in den Zwischenräumen vermauert sind. Ueber diesem Holzboden befindet sich der gemauerte Boden in Form eines umgekehrten Gewölbes, der in der Mittellinie 3 Fufs stark ist. Das eiserne Pontonthor, das mit dem hölzernen Kiel und den Steven in die Mauerfalte eingreift, ist mit zwei Canälen von derselben Weite wie dasjenige vor dem umgebauten Dock versehen. Zwischen beiden Trockendocks be-

findet sich das neue Maschinenhaus, worin eine Dampfmaschine von 70 Pferdekräften die Pumpen treibt, das alte Maschinenhaus wird als Eisen- und Mehlmagazin benutzt.

In Betreff der sonstigen Hafen-Anstalten wäre noch die kleine Wasserleitung zu erwähnen, die bei Huisduinen in der Entfernung von nahe einer halben Meile vom Hafen am Fuß der hohen Dünen eingerichtet ist. Aus einem Bassin von märsiger Ausdehnung schöpft ein kleines durch Dampf getriebenes Pumpwerk das Wasser, und hebt es etwa 34 Fufs hoch in ein Reservoir, aus welchem es in einen Filtrir-Apparat und aus diesem in eine Röhrenleitung an der westlichen Seite des Hafens tritt, wo mittelst einiger Hähne die Schiffe unmittelbar mit Wasser versorgt werden können.

Die Hafenmündung wird durch zwei kleine Feuer bemerkbar gemacht, von denen das eine rothes und das andere weisses Licht zeigt. Beide brennen von Sonnen-Untergang bis Sonnen-Aufgang, und werden durch Steinkohlengas unterhalten. Ausserdem ist ein festes Feuer erster Ordnung, das 150 Fufs über dem Spiegel der See brennt, auf dem Thurm bei Kijkduin, an der westlichen See-Küste neben der Mündung des Marsdiep errichtet.

Die Situations-Zeichnung zeigt noch einen kleinen Canal *K*, der ohnfern der zum Hafen führenden Schleusen sich abzweigt, das Marine-Etablissement zum Theil umkreist und am Fuß des hohen Seedeichs sich westwärts wendet. Derselbe stellt die Wasser-Verbindung mit dem nahe liegenden Flecken Helder dar, und wurde 1828 ausgehoben, die daneben angedeutete Wasserfläche (westwärts von Wilhelms-Ort) ist seitdem verfüllt worden.

§ 43.

Spülung.

Wenn durch künstliche Anlagen zeitweise ein kräftiger Strom durch die Hafen-Mündung geführt wird, um dieselbe oder auch wohl einen Theil des Hafens zu vertiefen, so sagt man, der Hafen wird gespült. Eine solche Spülung ist nach Thomas Stevenson zum ersten mal von Smeaton, und zwar im Hafen Ramsgate 1779 eingerichtet. Dieselbe bewährte sich so sehr, dafs

ähnliche Anlagen seitdem vielfach in Englischen und Französischen Häfen zur Ausführung gekommen sind. Es scheint aber, daß gegenwärtig die Aufmerksamkeit hierauf in noch höherem Maasse, als früher, gerichtet ist, und daß dadurch auch noch grössere Erfolge erreicht werden. Die localen Verhältnisse gestatten indessen keineswegs, überall von diesem Mittel Gebrauch zu machen, weil dasselbe nur von Erfolg ist, wenn große Wassermassen mit starkem Gefälle, also mit großer Geschwindigkeit, den Hafen durchströmen.

Wenn ein solcher künstlicher Strom nur selten und nur während kurzer Zeit den Hafen so wie das Fahrwasser vor demselben vertiefen und die Tiefe darin erhalten soll, so muß er viel kräftiger sein, als die Strömungen in den Mündungen der natürlichen Flüsse zu sein pflegen. Diese Bedingung läßt sich nur erfüllen, wenn man in einem weiten Bassin das Wasser hoch über den Wasserstand im Hafen aufstauen kann. Hierdurch allein ist das Gefälle zu erreichen, welches dem Wasser solche Geschwindigkeit ertheilt, oder vielmehr den Ausfluß so beschleunigt, daß der Wasserspiegel im Hafen sich plötzlich erhebt und der Strom in der Mündung die erforderliche Geschwindigkeit annimmt. Bei den flachen Umgebungen der Ostsee-Häfen muß man von Einrichtungen dieser Art ganz absehn. Man könnte zwar Bäche und vielleicht auch kleinere Flüsse, ehe sie sich in den Hafen ergießen, durch Dammschüttungen und Schleusen sperren und dadurch aufstauen, aber wenn man auf diese Art auch nur einen Stau von 1 oder 2 Fufs darstellen will, so werden schon bedeutende Flächen von Wiesen, Aeckern und Gärten inundirt, und übermäßige Entschädigungs-Forderungen erhoben. Letztere werden aber dadurch veranlaßt, daß die niedrigen Flufsthäler gerade die fruchtbarsten Ländereien und zuweilen sogar die einzigen sind, welche in der ganzen sandigen Umgebung des Hafens einen reichen Ertrag geben. Wollte man indessen die Anlage dennoch durchführen und zu diesen Entschädigungen sich entschließen, so würde der Erfolg doch immer nur sehr geringfügig und wegen der kleinen Niveau-Differenz kaum bemerkbar sein.

Nur solche Häfen, vor denen ein bedeutender Fluthwechsel statt findet, können künstlich gespült werden. Dieses geschieht, indem das Hochwasser in weite, zur Seite des Hafens

belegene Bassins tritt, hier durch Schleusen zurückgehalten wird, die man zur Zeit des niedrigsten Wassers plötzlich öffnet. In dieser Weise ist beim Beginn der Spülung ein Gefälle wirksam, welches nahe dem ganzen Fluthwechsel gleich ist. Man erachtet aber selbst dieses, wie es sich in seiner mittleren Gröfse herausstellt, noch nicht für genügend, und beschränkt daher ganz allgemein die Spülungen nur auf die Zeit der Springfluthen. Während der letztern füllen sich theils die Spülbassins höher an, theils aber sinkt auch der Wasserstand im Hafen bei den Ebben tiefer herab. Diese Senkung des Niveaus, welche eine sehr bedeutende Verkleinerung des mit Wasser gefüllten Querprofils zur Folge hat, verstärkt wesentlich den Effect der Spülung. Wenn das aus dem Bassin austretende Wasser auch in der zu vertiefenden Rinne den Wasserstand hebt und dadurch das Profil vergrößert, so wird die Geschwindigkeit, die umgekehrt der Profil-Fläche proportional ist, sich doch gröfser herausstellen, als wenn beim Beginn der Spülung noch ein hoher Wasserstand im Vorhafen zurückgeblieben wäre. Die Erfahrung bestätigt dieses sehr auffallend, wenn man gezwungen ist, die Spülung eintreten zu lassen, während die Sohle des Hafens noch tief unter Wasser liegt.

Die Spülbassins werden in manchen Fällen nicht durch Fluthwasser, vielmehr dadurch gefüllt, dafs man Bäche und kleinere Flüsse hineintreten läfst. Dieses geschieht zum Beispiel neben dem Handels-Hafen von Cherbourg. Die Verhältnisse sind aber hier und eben so an allen Küsten, vor denen ein starker Fluthwechsel statt findet, in Betreff der Anspannung des Wassers, wesentlich verschieden von denjenigen an der Ostsee. In die Flußbetten neben dem Atlantischen Ocean oder der Nordsee läuft die Fluth täglich zweimal ein, und alle vierzehn Tage erhebt sich der Wasserstand bis zur Höhe der Springfluthen. Wenn auch unter dem Niveau der letztern vielleicht einiger Graswuchs statt findet und das Land als Weide benutzt wird, was jedoch meist nur in Marschgegenden geschieht, so kann dennoch bis zur Höhe der Springfluthen der durch keine Deiche umschlossene Boden nicht cultivirt werden, und sein Ertrag vermindert sich daher gar nicht, oder doch nur in geringem Maafse, wenn die Dauer der Inundation, die bisher vielleicht nur auf eine oder zwei Stunden beschränkt war, in den Tagen, an welchen gespült

wird, sich auf 6 Stunden oder bis zum Eintritt des niedrigsten Wassers ausdehnt. Zur Anlage von Spülbassins bieten sonach solche Flüsse mit ihren Thälern eine günstige Gelegenheit, und diese Bassins füllen sich sogar wenigstens theilweise von selbst an, ohne dafs man die Fluth hineintreten läfst. Diese Anordnung hat man vorzugsweise deshalb gewählt, um das Eintreiben von Sand, Kies oder Schlamm zu vermeiden, den das Fluthwasser nach den verschiedenen örtlichen Verhältnissen mit sich führt, und wodurch die Bassins so stark verflacht werden, dafs man sie von Zeit zu Zeit räumen mufs. Der Gewinn ist indessen nicht von Bedeutung, und es kann sogar geschehn, dafs derselbe Uebelstand, den man vermeiden will, in noch höherem Maafse herbeigeführt wird, wenn diese Flüsse zur Zeit ihrer Anschwellung grofse Sand- oder Kiesmassen mit sich führen. Es bleibt alsdann nur übrig, dem Fluß noch eine zweite Mündung zu geben, die gewöhnlich durch eine Freiarche geschlossen ist, die aber zur Zeit seiner Anschwellung geöffnet wird, und durch welche er sich alsdann zur Seite des Spülbassins unmittelbar in das Meer ergießt. Die beiden Flüßchen Divette und Trottebec, welche gewöhnlich in das Spülbassin hinter dem Handelshafen von Cherbourg ausmünden, werden zur Zeit ihrer Anschwellung durch Schleusen von diesem Bassin getrennt, und müssen alsdann auf der Ost-Seite der Stadt über den flachen Strand sich in das Meer ergießen.

Von den baulichen Anlagen und sonstigen Einrichtungen zur Darstellung einer kräftigen Spülung wird im Folgenden die Rede sein, zunächst sollen nur im Allgemeinen die Bedingungen, unter welchen ein Erfolg zu erwarten ist, entwickelt und die Grenzen dieses Erfolgs bezeichnet werden. Um aber sogleich anzudeuten, dafs schwache Strömungen von kurzer Dauer nicht hieher gehören, mag eine Aeußerung von Sganzi mitgetheilt werden, die sich in den älteren Ausgaben seines Werks (Programme ou résumé des leçons d'un cours de constructions) befindet. Dieselbe lautet: man hat die Erfahrung gemacht, dass wenn 443 000 Cubikmeter unter einer anfänglichen Druckhöhe von $4\frac{1}{2}$ Meter durch eine Oeffnung von 12 Meter Weite in 2 Stunden abfließen, hierdurch ein Hafencanal von 27 Meter Breite in hinreichender Tiefe erhalten werden kann. Das Bassin, in welchem das Wasser aufgefangen wird,

müßte also, wenn es quadratisch gestaltet wäre, 1000 Fufs lang und eben so breit, sein Niveau aber 14 bis 15 Fufs höher als das des Meers sein, während die Spülung statt findet.

In der neuern, durch Reibell veranstalteten Ausgabe desselben Werks ist diese Angabe unterdrückt, die in ihrer Allgemeinheit auch gewiß nicht maafsgebend ist, dafür aber sind die Dimensionen, Gefälle u. dergl. von verschiedenen Spülbassins in Französischen und andern Häfen tabellarisch zusammengestellt, welche den Beweis liefern, daß kleine Anlagen dieser Art, wie man solche etwa an den Ostsee-Häfen darstellen könnte, und für diese auch zuweilen wirklich empfohlen hat, ohne Beispiel sind, und gar keinen Erfolg erwarten lassen.

In einem Seehafen, der starkem Fluthwechsel unterworfen ist, liegen die größern Schiffe meist in Docks oder Flott-häfen, welche den Wasserstand der Fluth aufnehmen, und indem sie von dem Vorhafen durch Dockschleusen getrennt sind, diesen höhern Wasserstand bis zur nächsten Fluth beibehalten. Das Ein- und Auslaufen der Schiffe in und aus diesen abgeschlossenen Bassins findet nur zur Zeit des Hochwassers statt. Der Vorhafen, der die Verbindung mit der See darstellt, entleert sich zur Zeit des Niedrigwassers so sehr, daß er in vielen und wohl in den meisten Fällen selbst von Fischerböten nicht durchfahren werden kann. Die Anlage von vollständigen Kammer-schleusen vor jenen Bassins, durch welche die Schiffe auch bei kleinem Wasser ein- und ausgebracht werden könnten, wäre so-nach entbehrlich und sogar nachtheilig in solchen Fällen, wo wegen der starken Verflachung des Hafens und seiner Mündung die Spülung nothwendig ist.

Nicht selten bemüht man sich, dem Vorhafen in seiner ganzen Länge durch Spülung die nöthige Tiefe zu geben. Es fehlt nicht an Beispielen dafür, daß diese Absicht, namentlich bei Anwendung gewisser Vorrichtungen, wodurch der Strom zum Angriff der flachen Stellen veranlaßt wird, erreicht werden kann. Wie groß aber ein solcher Erfolg auch sein mag, so läßt er sich dennoch nicht überall herbeiführen, und er ist auch in sofern nur von untergeordneter Bedeutung, als man im Hafen selbst, wo ein heftiger Wellenschlag nur selten eintritt, durch Baggern die erforderliche Tiefe darstellen kann. Letzteres ist dagegen in den

Mündungen und in den Fahrwassern vor denselben nur ausnahmsweise möglich. Der Zweck der Spülung bezieht sich also vorzugsweise darauf, die Sand- oder Kies-Ablagerungen in und vor der Mündung zu durchbrechen, so daß der Hafen bei jedem Hochwasser zugänglich bleibt.

Wenn nun die im Spülbassin aufgefangene Wassermenge möglichst schnell, also durch sehr weite Oeffnungen, die plötzlich freigestellt werden, ausgelassen wird, so stürzt sie in den Vorhafen. Findet sie in demselben keine hohen Ablagerungen, vor denen sie bis zu einer gewissen Höhe anschwellen muß, ehe sie sich weiter abwärts ergießt, so verbreitet sie sich über den ganzen Vorhafen, und ihren Abfluss nach dem Meer hemmen nur die Bänke in und vor der Mündung, die sie eben durchbrechen soll. Die größte und bedeutendste Wirkung des Spülstroms erfolgt also in der Zeit, wenn derselbe den Wasserstand im Vorhafen am höchsten gehoben hat, und zugleich der äußere Wasserstand am tiefsten herabgesunken ist, wodurch das stärkste absolute Gefälle in der Mündung sich darstellt. Diese Periode der größten Wirksamkeit ist aber sehr kurz und beschränkt sich meist auf 10 bis 15 Minuten. Die Strömung hält freilich viel länger und oft $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden an, aber sie schwächt sich bald so sehr, daß sie namentlich den gröbern Kies nicht mehr angreift. Bestehen die Ablagerungen aus Sand, so ist auch später noch einige Wirkung bemerkbar, aber überwiegend groß ist diese doch nur zur Zeit der stärksten Strömung. Sie vermindert sich und hört meist ganz auf, sobald der Wasserspiegel im Vorhafen sich zu senken anfängt. Minard erwähnt in dem bereits mehrfach angeführten Werke (Seite 173) eine wichtige Beobachtung, die in Dünkirchen gemacht wurde, wo die Verflachungen nicht durch Kies, sondern nur durch Ablagerungen von ziemlich feinem Sande gebildet werden. 25 Minuten vor dem Eintritt des niedrigsten Wassers wurden die Spülschleusen geöffnet. Ein Querprofil nahe vor der Mündung des Hafens war vorher sorgfältig aufgenommen, und dasselbe wurde während der Dauer der Spülung auf's Neue gemessen. Es ergab sich daraus, daß nach der Ausbildung des Stroms während der ersten 15 Minuten stellenweise eine Vertiefung von 3 Fuß eintrat, daß aber die spätern Aenderungen sehr unbedeutend und kaum noch zu erkennen waren. Dabei

macht Minard darauf aufmerksam, daß dieser sehr große Erfolg nur dadurch veranlaßt war, daß man vorher seit 14 Tagen nicht gespült hatte.

Aus vorstehender Auseinandersetzung ergibt sich, daß die Geschwindigkeit des Wassers in der Hafenumündung keineswegs der Niveaudifferenz zwischen dem Wasserstande im Spülbassin und in der See entspricht. Welche übermäßigen Verluste an Gefälle bei unpassender Anordnung der Spülschleusen eintreten können, zeigt sich besonders in Cuxhaven, wo nach der Angabe des dortigen Bauinspector Lentz*) von der Niveau-Differenz, die gewöhnlich 10 Fufs beträgt, 3 Fufs im Zuleitungs-Canal, 3 Fufs in den Spülschleusen und 3 Fufs beim Sturz von den Abfallboden aufgehoben werden, welcher letztere daselbst einen Kolk von 25 Fufs Tiefe gebildet hat, dennoch aber gab die geringe Strömung, welche das übrigbleibende Gefälle veranlaßte, dem Hafen eine um 3 Fufs größere Tiefe, als er vor Erbauung der Spülschleuse oder im Jahr 1792 hatte.

Die heftigen Wirbel hinter der Schleuse zerstören jedesmal einen großen Theil der dem Wasser mitgetheilten lebendigen Kraft, und wenn es vorzugsweise Absicht ist, das Fahrwasser in und vor der Hafenumündung zu vertiefen, alsdann dient jenes Gefälle nur dazu, um in möglichst kurzer Zeit den Vorhafen mit Wasser zu füllen. Es leuchtet aber auch ein, daß dieser Zweck um so vollständiger erreicht wird, je weniger Hindernisse das Wasser im Vorhafen selbst findet. Jede hohe Ablagerung, die sich hier bildet, veranlaßt eine Verzögerung und schwächt sonach die Wirkung des Stroms auf die Mündung. Wenn also die Spülung nicht stark genug ist, um beiden Zwecken dauernd zu genügen, so muß man sich dazu entschließen, dem Vorhafen die erforderliche Tiefe durch Baggern zu geben, und dadurch die Wirkung auf die Hafenumündung zu verstärken.

Sobald der Strom aus der Spülschleuse tritt, die jedesmal eine viel geringere Breite als der Hafen hat, so zeigt sich dieselbe Erscheinung, welche man allgemein bemerkt, so oft ein Strahl bewegten Wassers in eine ruhende Wassermasse dringt. Die letztere wird, soweit sie den ersteren berührt, von diesem

*) Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XVIII, 1868, Seite 24.

fortgerissen, und indem hierdurch das Niveau sich senkt, so fließen seitwärts in entgegengesetzter Richtung andre Wassermassen hinzu, die aber wieder vom Spülstrom gefasst und in der Richtung desselben fortgeführt werden. In dieser Art bilden sich drehende Bewegungen oder Wirbel, die nicht nur einen bedeutenden Theil der lebendigen Kraft consumiren, sondern auch stellenweise sehr starke Vertiefungen veranlassen. Durch letztere wird oft die Spülschleuse selbst gefährdet, und man muß daher diese mit großer Vorsicht fundiren und namentlich für die gehörige Sicherung und hinreichende Ausdehnung des Sturzbettes sorgen.

In dem Vorhafen hat der Spülstrom keineswegs einen regelmäßigen Lauf, er pflegt vielmehr wie andre Ströme sich hin und her zu schlängeln. Die der Schleuse gegenüber stehende Hafenufermauer oder sonstige Uferbefestigung wird gemeinhin hart getroffen, doch geschieht dieses auch an andern Stellen, gegen welche der Strom sich zufällig richtet. Dafs die Fundirungen der Mauern alsdann leicht nachgeben, letztere auch wohl einstürzen, wenn man nicht bei Zeiten für ihre Erhaltung sorgt, bedarf kaum der Erwähnung. Wie nachtheilig diese Unregelmäßigkeiten schon im Hafen sind, so sind sie doch in der Mündung noch viel schädlicher. Sie eröffnen zuweilen die tiefe Rinne in einer Richtung, welche für die Schifffahrt unbrauchbar ist, in sofern diese vielleicht weiter seewärts durch hohe Sandbänke noch gesperrt wird, oder nicht bei denselben Winden durchsegelt werden kann, mit denen die Schiffe aus- und einlaufen.

Die ganze durch den Spülstrom eröffnete Rinne, von der Schleuse bis zur offenen See, ist aber keineswegs nur in ihrer Richtung sehr unregelmäßig, sondern sie hat auch, andern Flussbetten ähnlich, an den verschiedenen Stellen sehr abweichende Breiten und Tiefen. Von diesem letzten Umstande zieht indessen der Schiffsverkehr nicht selten einen wesentlichen Vortheil, indem diese tiefen Stellen Liegeplätze für größere Schiffe bilden, welche wegen ihres scharfen Baues nicht ohne Nachtheil auf den Grund gesetzt werden dürfen. So giebt es in verschiedenen Französischen Häfen, die bei der Ebbe im Allgemeinen nur geringe Wassertiefe behalten, einzelne Vertiefungen, in welchen selbst größere Schiffe schwimmen, ohne den Grund zu berühren. Dieselben sind aber besonders in sofern sehr wichtig, als sie

denjenigen Schiffen, die nach dem Schluß der Dock-Schleusen noch in den Hafen einkommen, zum sichern Liegeplatz dienen.

Man wird immer bemüht sein, den Spülstrom in möglichst gerader Richtung durch den Vorhafen zu führen, um theils eine Rinne darzustellen, welche ohne weitere Nachhülfe als Schiffahrts-Weg benutzt werden kann, die aber theils auch dazu beiträgt, die aus der Schleuse stürzende Wassermasse möglichst schnell der Mündung zuzuführen. Zu diesem Zweck sind sehr verschiedenartige Mittel mit mehr oder weniger günstigem Erfolg versucht worden. Zuweilen ist man in gleicher Art, als wenn es sich um die Regulirung eines Flusses handelt, zu Werke gegangen. So wurden im Vorhafen bei Dover zwei Bühnen erbaut, die keinen andern Zweck hatten, als den Spülstrom direct nach der Hafemündung zu leiten. Der starke Wechsel des Wasserstandes, der das Bette stellenweise ganz trocken legt, gestattet aber, in diesem Fall andre einfachere Vorkehrungen zur Anwendung zu bringen. Der Spülstrom, den man beliebig schwächen kann, wenn man nur einzelne Oeffnungen in den Schleusen frei macht, verfolgt anfangs die Richtung, in welcher er aus der Spülschleuse tritt, und bildet hier eine Rinne, die er verbreitet und vertieft, wenn sie seiner Wassermenge und Geschwindigkeit nicht entspricht. Es kommt sonach nur darauf an, in der beabsichtigten Richtung eine flache Rinne zu eröffnen, und diejenigen Rinnen, welche man unterdrücken will, zu schliefsen. Das erste geschieht durch einfache Grabenarbeit, und das letztere am einfachsten durch leichte Coupirungen aus Packwerk, die nur mäfsig mit Kies beschwert werden, damit man sie, sobald es nöthig sein sollte, wieder ohne besondre Mühe entfernen kann. Wenn auf diese Weise die neue Rinne mehr angedeutet, als vollständig dargestellt ist, so muß der Spülstrom so gemäfsigt werden, dafs er sich nicht sogleich über die Coupirungen stürzen und dieselben zerstören kann. Er muß vielmehr auf die flachen und noch schmalen, neu eröffneten Rinnen beschränkt bleiben, die er aber bald weiter ausbildet und namentlich die aus denselben vortretenden Rücken durchbricht.

Das Ausgraben der Vorhäfen wird zuweilen auch in gröfserer Ausdehnung vorgenommen. So geschah dieses früher im Havre. Der eingetriebene Kies, den die damaligen Spül-

schleusen nicht beseitigen konnten, wurde auf Karren geladen und mit Pferden abgefahren. Gegenwärtig findet dieses nicht mehr statt, und die Aenderung ist vorzugsweise dadurch herbeigeführt, daß man den Kies schon außerhalb des Hafens zwischen den am nördlichen Ufer der Seine ausgeführten Einbauten aufhängt. Diese Einbaue würden freilich ihre Wirksamkeit bald verlieren, indem von der See her so große Massen stets hinzugeführt werden, daß sie in wenig Jahren ganz verschüttet und vor ihnen ein geregelter Strand gebildet sein würde, der fernere Verflachungen im Hafen nicht weiter verhindern könnte. Dieses geschieht indessen nicht, weil der zwischen den Einbauten aufgefangene Kies immer abgefahren und als Ballast in die leer ausgehenden Schiffe verladen wird. Die Schiffer sind nach der dortigen Hafen-Ordnung verpflichtet, keinen andern Ballast, als den hier entnommenen Kies zu benutzen, und der überaus lebhafte Verkehr, der überwiegend auf die Einfuhr von Handelsgütern beschränkt ist, bedingt eine sehr starke Ausfuhr von Ballast. Nach Minard's Angabe werden in dieser Weise etwa 2700 Schachtruthen Kies jährlich beseitigt. Die Spülungen, die inzwischen hier noch bedeutend weiter ausgedehnt sind, als sie es früher waren, sind demnach für den Vorhafen selbst weniger nöthig geworden, und dienen vorzugsweise nur noch zur Offenerhaltung der Mündung und des Zugangs zu derselben, die allerdings noch starken Verflachungen ausgesetzt ist.

Ein andres und ohne Zweifel sehr wirksames Mittel zur Leitung und Regulirung des Spülstroms, das schon seit langer Zeit bekannt und mehrfach versucht worden ist, jedoch erst später zu wesentlichen Erfolgen geführt zu haben scheint, indem es in größerem Maasstabe zur Anwendung gebracht wurde, besteht darin, daß man den Strom durch gewisse bewegliche Bühnen und Parallelwerke begrenzt und leitet, die nach Bedürfnis bei jeder Spülung an der angemessenen Stelle benutzt werden. Von diesen Einrichtungen soll im Folgenden die Rede sein.

Endlich dient noch zur gehörigen Richtung des Spülstroms die Anlage mehrerer Spülbassins nebst Schleusen. Nur in sehr seltenen Fällen kann eine Spülschleuse in die Richtung des Hafen-Canals gelegt werden, gemeinhin befindet sie sich zur Seite desselben, und alsdann trifft die durch sie veranlaßte Strömung

die gegenüber stehende Ufermauer, und auf diese Art wird der Spülstrom schon bei seinem Eintritt in den Hafen zu ferneren Unregelmäßigkeiten veranlaßt. Diesem Uebelstande ist dadurch abzuhelpen, daß man auf der andern Seite gleichfalls ein Spülbassin mit Schleuse einrichtet, und indem beide Ströme unter einem spitzen Winkel zusammentreffen, so nehmen sie die Richtung nach der Mündung des Hafens an. Obwohl hierdurch der volle Erfolg nur sehr selten und vielleicht niemals erreicht wird, so läßt sich doch ein wesentlicher Gewinn dabei nicht verkennen. Vielfach ist das Bedürfnis zur Einrichtung eines zweiten und oft sogar eines dritten Spülbassins erst in späterer Zeit hervorgetreten, indem der gesteigerte Verkehr größere Schiffe dem Hafen zuführte, oder eine Eisenbahn erbaut wurde, deren Züge unabhängig von Fluth und Ebbe sich an ankommende oder abgehende Dampfschiffe anschließen sollten. In beiden Fällen mußte für Vergrößerung der Tiefe, also für Verstärkung der Spülung gesorgt werden, und wenn man alsdann auch keineswegs über die Umgebungen des Hafens behufs Anlage eines neuen Bassins frei disponiren konnte, in sofern die Plätze schon andre wichtige Verwerthung gefunden hatten, so ist man doch immer bemüht gewesen, die neue Spülschleuse so zu legen, daß die Strömung, welche sie veranlaßt, in angemessener Weise mit der aus dem ältern Bassin zusammentrifft, und nach der Verbindung beider der Spülstrom eine Richtung annimmt, welche der des Hafens mehr entspricht.

Wenn mehrere Spülanlagen in demselben Hafen bestehn, so ist bei gleicher Größe der Bassins und bei gleicher Weite der Schleusen diejenige am wirksamsten, welche der Mündung des Hafens am nächsten liegt, weil die von hier ausgehende Strömung auf dem Wege bis zu der Stelle, die sie vorzugsweise angreifen soll, am wenigsten geschwächt wird. Man pflegt aber bei verschiedenen Abständen der Bassins die betreffenden Schleusen nicht gleichzeitig zu öffnen, weil in diesem Fall die Wirkungen nicht zusammentreffen würden. Das aus einer Schleuse ausstürzende Wasser erzeugt nämlich nicht momentan in der ganzen Länge des Hafens die Strömung, die noch ruhende Wassermasse nimmt vielmehr nur nach und nach die Bewegung an. Es vergehn mehrere Minuten, bevor nach Oeffnung der Schleuse das

Wasser im Hafen-Canal in Bewegung kommt, man wartet daher bei jeder der weiter unterhalb belegenen Schleusen denjenigen Zeitpunkt ab, wo in Folge der Wirkung der obern bereits eine merkliche Strömung an dieser Stelle eingetreten ist. Nur hierdurch kann das nothwendige Zusammentreffen aller Spülströme in ihrer grössten Intensität erreicht werden. Minard erwähnt, dafs das grofse Spülbassin, welches auf der westlichen Seite des Hafens von Dünkirchen liegt, obwohl die zugehörige Schleuse nur etwa 170 Ruthen von der See entfernt ist, doch erst 15 Minuten nach der Eröffnung des Abflusses in der Hafen-Mündung die stärkste Strömung veranlafst.

Sehr wichtig ist die Frage, welche Geschwindigkeit der über eine Kies- oder Sandbank tretende Strom annehmen mufs, damit er diese angreift. Schon im II. Theil dieses Handbuchs (§ 21) wurden die Resultate der Beobachtungen mitgetheilt, welche Dubuat hierüber gemacht hat, die jedoch in so fern zweifelhaft sind, als die Geschwindigkeit unmittelbar über der Sohle nicht gemessen, sondern unter sehr unsichern Voraussetzungen aus der mittleren hergeleitet ist. Thomas Stevenson sagt, dafs nach verschiedenen Beobachtern die nachstehenden Erdarten bei folgenden Geschwindigkeiten in Bewegung gesetzt wurden:

feiner Thon bei	2 Zoll,
feiner Sand	6 „
grober Sand, von der Gröfse des Flachs-	
Samens	8 „
feiner Kies	1 Fufs,
grober Kies, bis 1 Zoll im Durchmesser	2 „
runde Steine, von der Gröfse eines Eies	3 „

William Swan stellte hierüber gleichfalls Versuche an und zwar in einer Rinne, worin der Wasserstand sehr niedrig war und selten mehr als einen halben Zoll mafs. Derselbe bezeichnet die Stärke des untersuchten Materials durch die Geschwindigkeit, womit dieses in stehendem Wasser herabsank.*) In der folgenden Tabelle giebt die erste Spalte A diese Geschwindigkeiten an,

*) Proceedings of the royal Society of Edinburgh. Vol. III. Edinburgh 1857. pag. 475.

und die zweite B diejenige Geschwindigkeit, welche das Wasser mindestens haben muß, um das Material in Bewegung zu setzen.

	A	B
	Zolle	Zolle
Thon, der vor einer halben Stunde aus dem Wasser niedergeschlagen war	0,11	4
Flufssand	2	8
Seesand	2,5	13
runde Kiesel von der Größe einer Erbse	12	24
vegetabilische Erde mit Sand vernischt	—	10
Beim Herabsinken in stehendem Wasser trennte sich die letzte Masse. Die feine Erde sank mit der Geschwindigkeit	0,1	
der Sand dagegen mit	6,7	—

Wenn der zuerst untersuchte Thon in seinem compacten, etwas feuchten Zustande in die Rinne gebracht war, so wurde derselbe von dem mit der Geschwindigkeit von 25,1 Zoll während einer halben Stunde darüber strömenden Wasser gar nicht angegriffen.

Es mag noch erwähnt werden, dafs im Hafen Sunderland die Sandablagerungen durch den Spülstrom, der im Maximum die Geschwindigkeit von 6 Fufs hat, beseitigt werden. Auf der Barre vor Dünkirchen, wo der Sand wohl etwas feiner ist, bleibt die Geschwindigkeit des Stroms meist unter 4 Fufs, während in Havre und in Fécamp bei 6 Fufs schon faustgroße Kiesel fortgespült werden. Uebereinstimmend mit dieser Thatsache werden auch am Rhein, oberhalb Strafsburg, bei einer ähnlichen Geschwindigkeit eben so große Steine fortwährend in Bewegung gesetzt, deren Rollen man deutlich hören kann. (Vergl. Theil II, § 21.)

In den vorstehend mitgetheilten Resultaten sind die Geschwindigkeiten an der Sohle nicht unmittelbar gemessen, vielmehr unter verschiedenen Voraussetzungen aus denen an der Oberfläche, oder aus den mittleren hergeleitet, oder letztere sind auch wohl unverändert dafür angenommen. Man darf nicht unbeachtet lassen, dafs es sich im vorliegenden Fall nicht um regelmäßige Strombetten handelt, dafs also das früher entwickelte Gesetz über die Abnahme der Geschwindigkeit in der Tiefe hier nicht Geltung hat. Wenn aber, was meist der Fall ist, einzelne

höhere Rücken aus der Sohle vortreten, so ist wohl anzunehmen, daß über diesen die verschiedenen Wasserschichten ziemlich gleiche Geschwindigkeit haben, während zugleich starke innere Bewegungen nicht fehlen, welche die Wirkung noch verstärken.

Indem die Wirksamkeit des Stroms von seiner Stärke an derjenigen Stelle abhängt, wo die Vertiefung beabsichtigt wird, so ergibt sich, wie bereits angedeutet worden, daß mit der zunehmenden Vergrößerung des Profils, also mit der Erhöhung des Wasserstandes oder auch mit der zunehmenden Vertiefung, die Einwirkung auf den Grund sich vermindert und endlich ganz aufhört. Einen sehr überzeugenden Beweis dafür lieferte der Hafen von Dover, bevor der weit vortretende Hafendamm oder Pier, der ihn gegenwärtig vor Verflachungen schützt, zur Ausführung gekommen war. Die Kiesmassen, welche der Küstenstrom vor und in seine Mündung trieb, konnten bei gewöhnlichen Witterungs-Verhältnissen mittelst der Spülung soweit beseitigt werden, daß die Schiffahrt nicht wesentlich dadurch behindert wurde. Wenn jedoch bei anhaltenden westlichen Winden die Wasserstände sowol bei der Fluth, als auch bei der Ebbe gehoben wurden, so zeigten sich die Spülungen fast ganz wirkungslos. Der Fluthwechsel, oder die Niveau-Differenz zwischen Hoch- und Niedrig-Wasser war alsdann dieselbe wie sonst, es floß also aus den Spülbassins eine gleiche Wassermenge eben so schnell ab, aber der Wasserstand über den Kies-Ab lagerungen hatte sich erhöht, daher das Querprofil der Rinne vergrößert, und demnach verminderte sich die Geschwindigkeit.

Hiermit hängt eine andre Erfahrung zusammen, die man bei allen Spülungen vielfach gemacht hat. Wenn nämlich eine neue und kräftige Spülanlage zur Ausführung kommt, oder die Benutzung einer ältern wegen nothwendiger Reparaturen lange ausgesetzt werden mußte, und sonach in der Zwischenzeit sehr bedeutende Verflachungen eingetreten sind, so ist die Wirkung der ersten Spülung überraschend groß, die Effecte der nächst folgenden vermindern sich aber sehr auffällig und bald hören sie ganz auf. Die Wirksamkeit der Spülung hat sonach eine ziemlich nahe liegende Grenze, die sich nicht überschreiten läßt, wenn man nicht etwa durch besondere Anordnungen den Spülstrom zu immer neuen Angriffen veranlaßt. Nach Minard wurden einst in den sechs

Spülungen einer Springfluth nicht weniger als 100 000 Cubikmeter oder 22 000 Schachtruthen Sand aus dem Hafen von Calais und aus dessen Mündung entfernt. Bei den regelmäsig wiederholten Spülungen stellen dieselben indessen nur eine bestimmte Tiefe dar, und es genügt daher, wenn man nur zur Zeit der Springfluthen davon Gebrauch macht, um das inzwischen abgelagerte Material zu beseitigen.

In einem besondern Fall läßt sich indessen die Verbesserung des Fahrwassers nach und nach viel weiter treiben. Wenn nämlich, wie oft geschieht, vor dem Kopf desjenigen Hafendamms, der vom Küstenstrom zunächst getroffen wird, die Ablagerung von Kies oder Sand in einer Zunge vortritt, die zum Theil die Mündung sperrt und von den Schiffen umfahren werden muß, so folgt auch der Spülstrom der tiefen Fahrrinne und wendet sich gleichfalls vor dieser Zunge seitwärts. Nichts desto weniger greift er den innern Rand derselben dennoch an, indem er von ihr abgelenkt wird. Dieser Angriff ist zwar nur mäsig, aber dieselbe Wirkung wird bei fortgesetzten Spülungen immer auf's Neue wiederholt und weiter ausgedehnt, bis endlich die Zunge durchbrochen ist, und nunmehr eine passendere Rinne sich eröffnet. Minard erwähnt, daß man in dieser Weise die Fahrwasser vor Dieppe und Fécamp in gerader Richtung herausgeführt und dadurch wesentlich verbessert habe. Besonders günstige Erfolge sind in gleicher Art mit Hülfe beweglicher Leitdämme bei Dünkirchen in neuester Zeit erreicht worden.

Wenn man solche Verbesserungen herbeiführen will, die nicht während einer Periode der Springfluth zu erreichen sind, so unterbricht man dennoch die Spülung bei gewöhnlichen und noch mehr bei todten Fluthen, da die Effecte alsdann gar zu unbedeutend werden, weil theils der Fluthwechsel geringer wird, und in gleichem Maasse auch die ausfließende Wassermenge sich vermindert, theils aber auch, weil nach der Ebbe ein zu hoher Wasserstand zurückbleibt, der gleichfalls die Kraft des Spülstroms schwächt.

Gemeinhin wird an jedem Tage während der Springfluthen nur eine Spülung ausgeführt, weil dabei manche Vorkehrungen getroffen werden müssen, die man nicht übereilen mag. Dazu kommt auch noch, daß das eine Niedrig-Wasser oft in der Nacht oder während der Dunkelheit eintritt. Eine Spülung ist

alsdann aber nicht mehr ausführbar, weil solche für die im Hafen liegenden Schiffe und für kleinere Fahrzeuge, die vielleicht gerade einkommen, gar zu gefährlich sein würde. Man beginnt gewöhnlich mit dem Spülen am Tage des Voll- oder Neumondes, also in einer Zeit, wo der Fluthwechsel noch nicht die volle Gröfse erreicht hat, und fährt damit sechs Tage nach einander fort. Wenn dagegen die Hafenzzeit nahe auf 12 Uhr fällt, wie auf der östlichen Seite des Canals von Calais bis Ostende, so lassen sich fast immer an demselben Tage zwei Spülungen, nämlich eine Morgens, und die andre Abends gegen 6 Uhr vornehmen, und man hat dabei den Gewinn, dafs man die stärksten Fluthwechsel vollständiger benutzt. Man beschränkt aber in diesem Fall die Anzahl der Spülungen wieder auf sechs, weil hierdurch die erreichbaren Wirkungen schon dargestellt werden, und sonach die weitere Wiederholung keinen Erfolg haben könnte.

In Betreff der Vertiefung der Hafenmündung wäre noch zu erwähnen, dafs ein heftiger Wellenschlag, besonders wenn er dem Spülstrom gerade entgegen gekehrt ist, denselben wesentlich schwächt, und zuweilen seine Wirksamkeit ganz aufhebt. Die Spülung ist daher bei ruhiger See am erfolgreichsten. Von nachtheiligem Einfluss ist auch eine heftige Küstenströmung, die den Spülstrom zwar nicht schwächt, wohl aber eine andre Richtung ihm mittheilt, so dafs er sich nicht der Hafenmündung entsprechend der offenen See zuwendet, vielmehr sich krümmt, und in dieser Richtung auch das Fahrwasser ausbildet. Um diesen Uebelständen möglichst zu begegnen, hat man vielfach und namentlich in den Französischen Häfen am Canal niedrige Hafendämme zur Ausführung gebracht, die nur über das niedrige Wasser vortreten. Sie haben allein den Zweck, den Spülstrom zusammen zu halten, und dessen Einwirkung auf das Fahrwasser zu verstärken. Bei steigender Fluth gehn sowol die Wellen, als auch die Küstenströmung über sie fort. Es ist nicht anzunehmen, dafs sie auf die Ausbildung und das weitere Vortreten des Strandes, oder der Uferlinie zur Zeit des niedrigsten Wassers weniger nachtheilig einwirken, als höhere Hafendämme dieses thun, aber jedenfalls sind sie mit viel geringern Kosten, als diese darzustellen, und wenn bei höherm Wasser Sand oder Kies hineintreibt, so läfst sich dieser durch den Spülstrom in gleicher Weise

entfernen, als wenn die Dämme die höchsten Fluthen überragten. Es ist schon früher erwähnt worden, daß solche niedrigen Dämme, die vom Hochwasser vollständig überdeckt werden, entweder überbrückt oder in anderer Weise kenntlich bezeichnet werden müssen, damit die einkommenden Schiffe nicht auf sie auflaufen.

Wenn auch der Hafen-Canal, soweit er durch hohe oder niedrige Dämme eingeschlossen ist, bis an deren Köpfe und sogar noch etwas über diese hinaus durch Spülung offen erhalten werden kann, so läßt sich doch hierdurch allein ein hinreichend tiefes Fahrwasser bis zur offenen See nicht immer erhalten. Verlängert man die Hafendämme soweit, daß sie bis über die erforderliche Tiefe hinaus sich erstrecken, so ist in der ersten Zeit freilich der Uebelstand gehoben. Wenn aber der Strand nach und nach den Hafendämmen folgt, und endlich ihre Köpfe erreicht, indem der vom Küstenstrom und von den Wellen herbeigeführte Kies und Sand in ihrem Schutz sich ablagert, außerdem aber noch bei jeder Spülung einige hundert Schachtrüthen desselben Materials aus dem Hafen wieder hinausgetrieben werden, so darf man wohl nicht annehmen, daß auf diese Art der Zugang zum Hafen dauernd gesichert werden kann. Die Wirksamkeit der Spülungen läßt sich indessen durch sorgfältige Behandlung der betreffenden Anlagen, und noch mehr durch Erweiterung der Spülvorrichtungen oft wesentlich verstärken.

Als die Eisenbahnen von Paris nach Calais und Boulogne erbaut waren, und die darauf ankommenden oder abgehenden Züge an Dampfboote angeschlossen werden mussten, welche ohne Aufenthalt, also unabhängig von Fluth und Ebbe, die Verbindung mit Dover und Folkestone darstellen sollten, entstand die Frage, in welcher Weise man diesen Häfen, die zur Zeit des niedrigen Wassers kaum mit Böten befahren werden konnten, die nöthige Tiefe geben sollte. Eine gemischte Commission sprach sich sogleich für die Verlängerung der Hafendämme aus, doch wurde Seitens der betreffenden Hafen-Ingenieure diesem Vorschlage auf das Bestimmteste widersprochen, und aus den früheren Erfahrungen der Nachweis geführt, daß bei jeder solchen Verlängerung auch der Strand eben so weit vorgeschoben, also das Uebel nur auf kurze Zeit beseitigt, aber keineswegs gehoben sei. Dagegen wurde darauf hingewiesen, daß die Spülvorrichtungen noch wesentlicher Ver-

besserungen fähig wären, und die Wirksamkeit derselben durch sorgsame und öftere Benutzung sich bedeutend verstärken lasse. Endlich wurde noch bemerkt, dafs wenn es gelänge, den Sand und Kies durch die Spülung einige hundert Meter weit vor die Hafenköpfe zu treiben, die Ablagerungen alsdann durch die starke Küsten-Strömung bei westlichen Winden fortgeführt werden würden, so dafs man in dieser Weise einen dauernden Erfolg erwarten dürfe, ohne den Hafen-Canal noch weiter zu verlängern und dadurch die Wirkung der Spülung zu schwächen. Diesen Ansichten schlofs sich die obere technische Behörde in Paris an und der Erfolg hat dieselben bisher bestätigt. In kurzer Zeit waren Tiefen dargestellt, welche die früheren weit übertrafen, und dem beabsichtigten Zweck, wenn auch nicht vollständig, doch nahe entsprachen. Nur in den Stunden des Niedrig-Wassers zur Zeit der Springfluthen können die 7 bis 8 Fufs tief gehenden Dampfboote nicht aus- und einlaufen. Die Hemmung tritt also nur selten ein und ist von so kurzer Dauer, dafs sie den Verkehr nicht wesentlich beeinträchtigt.

Schliesslich wäre noch einer eigenthümlichen Spülvorrichtung zu erwähnen, die nur einen sehr beschränkten Zweck hat und allein dazu dient, die starken Ablagerungen an solchen Stellen, wo Schiffe anlegen, zu beseitigen. Es dienen hierzu offene Gräben oder andre Bassins an der innern Seite der Kaimauer, die mittelst überwölbter Canäle mit dem äufsern Wasser, das dem Fluthwechsel unterworfen ist, in Verbindung stehn. Diese Canäle werden durch Schütze geschlossen, bis die Ebbe beinahe aufhört, alsdann läfst man das Wasser hindurchtreten, und um die Wirksamkeit der Strömung möglichst auf die ganze Länge der Anlegestelle auszudehnen, spaltet sich noch jeder Canal in vier bis sechs Arme, und jeder derselben tritt durch eine Oeffnung von etwa 2 Fufs Breite und 6 Zoll Höhe dicht über der beabsichtigten Sohlenhöhe des äufsern Wassers aus. Die einzelnen Canäle werden etwa in 40 Fufs Abstand von einander gelegt, und indem sie wegen ihrer geringen Dimensionen nur wenig Wasser abführen, auch sobald es nöthig ist, sogleich geschlossen werden können, so darf man ohne Nachtheil sie auch aus den dahinter belegenen Docks oder Flotthäfen speisen. Vor den Liverpooler Docks sieht man mehrfach diese Anordnung,

namentlich an den Stellen, wo die Dampfboote liegen, die nach Birkenhead und andern Orten gehn. Diese Anlagen stimmen mit derjenigen überein, welche zur Beseitigung der Ablagerungen vor dem Coburg-Dock dienen, die im II. Theil dieses Handbuchs § 72 beschrieben und in Fig. 346 auf Taf. II. dargestellt sind.

§ 44.

Spül-Bassins.

Unter den Anlagen zur Spülung eines Hafens ist das Spül-Bassin besonders wichtig, weil von der Gröfse und der Lage desselben der Effect vorzugsweise abhängt. Es kommt darauf an, dafs zur Zeit des Hochwassers eine sehr grosse Wassermenge abgefangen und in der möglichst kürzesten Zeit beim Eintritt des niedrigsten Wasserstandes in den Hafen gestürzt wird. Das Bassin mufs also an sich eine bedeutende Ausdehnung haben, das Wasser mufs darin, wenn die Ebbe aufhört, hoch über dem Niveau des Hafens stehn, es mufs also ein starker Fluthwechsel stattfinden, und endlich müssen in den Spülschleusen sehr weite Oeffnungen plötzlich frei werden, durch welche das Wasser sich in den Vorhafen oder in den Hafen-Canal ergiefsen kann.

Um die Dimensionen solcher Anlagen an einigen Beispielen zu zeigen, wird die nachstehende Tabelle dienen, die Minard mittheilt, deren Angaben jedoch auf unsre Maafse übertragen sind. Die darin bezeichneten Niveau-Differenzen zwischen dem Vorhafen und dem im Spülbassin aufgefangenen Wasser sind im Allgemeinen geringer, als die in § 7 mitgetheilten Fluthwechsel bei gewöhnlichen Springfluthen. Die Abweichungen scheinen zum Theil davon herzurühren, dafs die Bassins wegen ihrer grossen Ausdehnung sich nicht bis zur vollen Höhe des Hochwassers füllen, oder dafs vielleicht wegen der Untiefen im Vorhafen das Wasser darin nicht bis zum niedrigsten Niveau des Meers herabsinkt.

Was die Weiten der Spülschleusen betrifft, so sind nachstehend die Oeffnungen zwischen den beiderseitigen Mauern angegeben, es ist also davon noch die Stärke der Spülthore in Abzug zu bringen, und aufserdem ist auch darauf Rücksicht zu nehmen, dafs diese Thore sich etwas schräge stellen und dadurch die wirklichen Durchflufs-Oeffnungen noch mehr verengen.

	Größe der Spül- Bassins Morgen	Abstand der Schleuse von der Hafen- mündung Ruthen	Anzahl der Oeffnungen	Gesamt- Weite der Oeff- nungen Fufs	Anfäng- liche Niveau- Differenz Fufs
Ostende, erstes Bassin .	110	370	2	38	15,4
Ostende, zweites Bassin	195	370	4	73	15,4
Dünkirchen	120	290	6	65	15,9
Gravelines	60	960	1	19	17,2
Calais	160	220	4	43	18,5
Dover	25	80	4	21	15,9
Boulogne	235	460	1	19	26,0
Tréport	62	140	2	45	15,0
Dieppe	133	270	3	43	23,9
St. Valery-en-Caux .	23	180	2	37	—
Fécamp	110	110	2	32	15,7
le Havre	31	100	2	37	21,4

Das Verhältnifs zwischen der Größe des Spül-Bassins und der Gesamt-Weite der Durchflufs-Oeffnungen stellt sich hiernach sehr verschieden heraus, indem auf 10 Morgen bei Boulogne nur etwa 10 Zoll, bei St. Valery dagegen mehr als 16 Fufs Schleusenweite treffen. Im Allgemeinen sind die Ausflufsöffnungen verhältnifsmässig um so größer, je kleiner das Spülbassin ist, und dieses rechtfertigt sich dadurch, das geringe Wassermassen nur wirken können, wenn sie möglichst schnell durch die Hafenumündung strömen.

Wenn auch gewifs nicht angenommen werden darf, das man bei der Anlage dieser Spülvorrichtungen immer von gleichen Grundsätzen ausgegangen sei und jedesmal das richtige Verhältnifs getroffen habe, so versuchte ich dennoch, aus diesen Mittheilungen die Beziehung zwischen der Größe des Spülbassins (F) und der Weite (B) der Spülschleusen herzuleiten. Ich wählte die Form

$$B = x F^y$$

und fand als wahrscheinlichste, etwas abgerundete Werthe für x und y , und zwar, wenn B in Fufs und F in Morgen ausgedrückt wird,

$$B = 18 \sqrt[6]{F}$$

und wenn B in Metern und F in Hektaren gegeben ist,

$$B = 7 \sqrt[6]{F}.$$

Da es vielleicht befremden dürfte, das nur die Weite, nicht aber die Höhe der Ausströmungs-Oeffnung berücksichtigt ist, so muß noch darauf aufmerksam gemacht werden, das aus dem Spülbassin nur dasjenige Wasser abfließt, welches über dem äufsern Niedrig-Wasser sich befindet, und man daher dem Bassin nie eine gröfsere Tiefe giebt. Auch die Schwelle der Schleuse darf nicht tiefer liegen, weil sie sonst bei der Einströmung durch Ablagerungen überdeckt werden würde. Sie hat daher jedesmal die Höhe des Niedrig-Wassers bei Springfluthen und sonach bleibt nur der Fluthwechsel zu berücksichtigen, der in den benannten Häfen meist nahe gleiche Gröfse hat.

Bei Bestimmung der Schleusenweite für ein Spülbassin von gegebener Ausdehnung, wovon die Stärke der Strömung abhängt, ist auch die Beschaffenheit des Materials zu berücksichtigen, welches fortgetrieben werden soll. Je gröber und schwerer dasselbe ist, um so stärker muß der Strom sein, weil es bei geringer Geschwindigkeit des Wassers nicht in Bewegung gesetzt wird. Besteht dasselbe dagegen aus Thon oder sehr feinem Sande, so will man bemerkt haben, das solcher von einer gleichen darüber fließenden Wassermasse mehr angegriffen wird, wenn diese längere Zeit hindurch, also mit geringerer Geschwindigkeit darüber abfließt.

Die Umgebungen eines Hafens sind in der Regel durch verschiedne commercielle oder industrielle Anlagen, so wie auch oft durch fortificatorische Werke so vollständig in Anspruch genommen, das wenn es sich um eine neue Spül-Anlage handelt, man derselben keineswegs die passendste Stelle und Gröfse geben kann, vielmehr gezwungen ist, die Gelegenheit, die sich für solchen Zweck noch darbietet, so vortheilhaft zu benutzen, wie es irgend möglich ist. Man wird daher nicht leicht ein Spül-Bassin anlegen können, welches den Bedingungen vollständig entspricht, diese Bedingungen sind aber, das es sich unmittelbar neben dem Vorhafen und zwar möglichst nahe an seiner Mündung und an solcher Stelle befindet, von wo der Spülstrom direct gegen

diese Mündung gerichtet werden kann. Das Bassin sollte auch unbeschadet seiner Ausdehnung solche Form haben, daß die Wege, welche das Wasser zurückzulegen hat, um nach der Schleuse zu gelangen, möglichst kurz bleiben. Ein halbkreisförmiges Bassin, bei dem die Schleuse im Mittelpunkt liegt, würde dieser letzten Bedingung am vollständigsten entsprechen.

Indem die Spül-Bassins mit Ausnahme der nächsten Umgebungen der Schleuse einer starken Durchströmung nicht ausgesetzt sind, außerdem auch ihre Ausdehnung nicht so groß zu sein pflegt, daß ein heftiger Wellenschlag sich darin bilden kann, während die durch den Hafen aus der See eintretenden Wellen beim Durchgange durch die Schleusen sich schon sehr mäfsigen, so ist eine besondere Befestigung der Ufer meist entbehrlich. Eine solche ist auch nur selten zur Ausführung gebracht, wenn nicht etwa das Spül-Bassin zugleich als Liegeplatz für Schiffe benutzt wird, und zu diesem Zweck die Ufer so steil gehalten werden, daß die Schiffe unmittelbar daran anlegen können. Nichts desto weniger kann bei ganz freier und ungeschützter Lage des Bassins der Wellenschlag die Ufer dennoch angreifen, besonders wenn diese nur aus sehr lockerem Boden bestehn, und in solchem Fall geschieht es allerdings zuweilen, daß die Ufer an den Stellen, wo sie dem stärksten Angriff ausgesetzt sind, durch solide Deckungen geschützt werden. Dieses ist in dem neuen oder dritten Spül-Bassin in Ostende geschehn, das auf der östlichen Seite des Hafens auf dem bisherigen flachen Strande eingerichtet ist. Eine niedrige Pfahlreihe umgiebt die Ufer, und die etwa 3 Fufs weiten freien Zwischenräume zwischen den Pfählen sind durch zwei hochkantig dahinter gelegte Bohlen geschlossen. Gegen diese lehnt sich eine Ziegelböschung, die auf einer Unterlage von Kies ruht.

Die Ufer des Bassins in der Nähe der Schleuse pflegen jedoch einem heftigen Angriff ausgesetzt zu sein, wenn sie auch von der Strömung nicht unmittelbar getroffen werden. Besonders geschieht dieses, wenn neben der Schleuse das Bassin sich sogleich stark erweitert. Der hindurch gehende Strom reißt alsdann das daneben stehende Wasser mit sich fort, und es bilden sich heftige Wirbel, welche vor den Ufern große Tiefen erzeugen. Deckungen sind hier oft nothwendig, aber im Allgemeinen bemüht man sich

immer, solche plötzliche Profil-Erweiterungen zu vermeiden und vielmehr einen Canal darzustellen, der allmählich sich zur vollen Breite des Bassins erweitert.

Wenn das bei der Fluth eintretende Wasser Sand oder erdige Theilchen mit sich führt, so schlagen diese in dem Bassin nieder, und letzteres verliert dadurch nach und nach seine Tiefe. Besonders geschieht dieses, wenn ausgedehnte Wattgründe vor dem Hafen liegen, von denen erdige Theilchen sich lösen, die alsdann im Wasser schwebend durch den Fluthstrom fortgeführt werden. Indem diese beim Aufhören der Bewegung im Spül-Bassin zu Boden sinken, so verwandelt sich letzteres, wenn es auch ursprünglich eine gröfsere Tiefe hatte, im Laufe der Zeit in einen Sumpf, der freilich beim Hochwasser vollständig überfluthet wird, durch den aber bei kleinem Wasser nur einzelne tiefere Rillen sich hindurchziehn. Augenscheinlich wird hierdurch die Wirksamkeit der Spülung wesentlich geschwächt, insofern die aufgefangene Wassermasse sich verringert. Man ist daher vielfach gezwungen, von Zeit zu Zeit die ursprüngliche Tiefe durch Aufgraben wieder herzustellen. Wenn dieses aber nicht geschieht, so wird die Verflachung bei zunehmender Erhöhung des Bodens immer geringer, und dieses nicht nur insofern die darüber tretende Wasserschicht, und mit derselben die hineingeführte Menge der erdigen Theilchen sich vermindert, sondern vorzugsweise auch, weil im Beginn der Fluth, wo die Watten dem stärksten Angriff ausgesetzt sind, das flache Spül-Bassin sich noch nicht füllt und das später eintretende Wasser schon reiner ist. Wenn in dieser Weise auch kein vollständiger Beharrungsstand eintritt, so sind dennoch zuweilen die Aenderungen so geringe, dafs sie in langer Zeit nicht bemerkbar werden. Die Aufschlickung des Spül-Bassins kann indessen noch insofern nachtheilig werden, als dasselbe auf den Gesundheitszustand der Umwohner einen schädlichen Einflufs ausübt. Man wird wenigstens darauf Bedacht nehmen müssen, dafs bei grosfer Hitze, wenn auch Spülungen nicht statt finden, das Bassin nicht trocken wird, sondern mit Fluthwasser gefüllt bleibt.

Die erwähnten Niederschläge aus dem eintretenden Fluthwasser können auch dadurch nachtheilig werden, dafs sie nicht in dem Spül-Bassin, sondern schon in dem Vorhafen erfolgen. Hat letzterer bis zur Spülschleuse dieselbe Breite, wie die Hafen-

mündung, oder bildet er in seinem äufsern Theil einen schmalen Hafen-Canal, so ist die Verflachung daselbst weniger zu besorgen, weil das Fluthwasser darin nicht zur Ruhe kommt, sondern mit derselben Geschwindigkeit, mit der es eingetreten ist, bis zur Spülschleuse geführt wird. Anders verhält es sich jedoch bei einem Bassin-Hafen, der im Innern eine gröfsere Weite, als in seiner Mündung hat. In solchem vermindert sich wesentlich die Strömung, und die hineingeführten erdigen Theilchen bleiben grosentheils darin liegen, während das in das Spül-Bassin tretende Wasser schon mehr gereinigt ist. Durch die Spülung müssen alsdann auch diese Verflachungen beseitigt werden. Die Erfolge können sich alsdann so geringfügig herausstellen, dafs es zweifelhaft wird, ob die Tiefe im Hafen sich nicht durch Baggerung allein, die in solchem Fall doch nie ganz zu umgehen ist, besser erhalten liefsse, und die vollständige Beseitigung der Spülung sogar vortheilhaft sein möchte. Man kann den erwähnten Uebelstand in vielen Fällen umgehn, wenn man das Spül-Bassin nicht durch den Hafen, sondern durch besondere Einlafsschleusen unmittelbar aus der See füllt. Ein Project dieser Art wurde bei der beabsichtigten Verbesserung des Hafens von Cuxhaven in Aussicht genommen, woselbst man die sehr starken und nicht zu beseitigenden Verflachungen des Vorhafens gewifs mit Recht zum Theil den Niederschlägen zuschreibt, welche das in das Spül-Bassin tretende Fluthwasser bei seinem Durchgange durch den Hafen in diesem veranlafst.

Zuweilen werden die Ufer des Spül-Bassins als Lagerplätze für Holz und andre Güter benutzt, oder es entstehn daselbst industrielle Etablissements. Alsdann mufs dafür gesorgt werden, dafs die Schiffe zur Anfuhr des rohen Materials oder zur Abfuhr der fertigen Fabrikate dahin gelangen können. Ohne den eigentlichen Zweck des Spül-Bassins zu beeinträchtigen, kann man in demselben nicht dauernd einen so hohen Wasserstand erhalten, dafs die Schiffe stets schwimmen ohne den Grund zu berühren, aber es ist oft schon ein grosfer Gewinn, wenn auch nur flache Fahrzeuge hineinkommen können, welche bei der Ebbe sich auf den Grund aufsetzen. Man pflegt alsdann dafür zu sorgen, dafs diese Liegeplätze möglichst horizontal und eben, und von Steinen frei sind, damit der Boden des Schiffs beim Abfallen

des Wassers gleichmäfsig in das weiche Erdreich eindringt, bis er den hinreichenden Gegendruck erfährt. Wenn eine solche Ausgleichung vorgenommen ist, so pflegt dieselbe sich lange Zeit hindurch zu erhalten, weil weder heftige Strömung, noch auch eine sonstige äufsere Veranlassung eine Aenderung verursacht. Es mufs in diesem Fall aber noch für einen bequemen Zugang zum Bassin gesorgt werden. Die gewöhnlichen Spülschleusen sind hierzu nicht brauchbar, weil theils die Drehungs-Achse des Thors die Oeffnung sperrt, theils aber auch das Rahmstück, in welchem das Halsband für den obern Zapfen dieser Achse angebracht ist, zur Sicherung der ganzen Construction nicht zu hoch, vielmehr nur wenig über dem Hochwasser der Springfluthen liegen darf. Man pflegt daher zwischen, oder zur Seite der Spülschleusen noch eine gewöhnliche Kammerschleuse zu erbauen, und damit dieselbe gleichfalls als Spülschleuse benutzt werden kann, so bestehn die Stemmtore des einen Hauptes entweder in ihrer ganzen Höhe, oder wenigstens in den untern Theilen nur aus einfachen Rahmen, die jedesmal einen freien Raum offen lassen, der durch ein darin befindliches Spülthor geschlossen wird. Diese Anordnung ist bereits im zweiten Theil dieses Handbuchs § 74 beschrieben und in den zugehörigen Figuren 348 und 349 dargestellt. In der ersten dieser Figuren bemerkt man auch den mit einem Hebel versehenen sogenannten Königsstiel, der den längeren Flügel des Spülthors umfaßt und geschlossen hält, bis man denselben löst und dadurch das Spülthor plötzlich öffnet.

Man hat zuweilen den Flotthafen oder das Dock, in welchem das Hochwasser dauernd zurückgehalten wird, zugleich als Spül-Bassin benutzt. Dafs die Spülung in diesem Fall nur in sehr beschränktem Maafse statt finden darf, damit die Schiffe sich nicht auf den Grund stellen, bedarf kaum der Erwähnung. Indem die gewöhnlichen Spülthore, wenn sie beim Hochwasser geöffnet sind, nicht wieder geschlossen werden können, vielmehr so lange offen bleiben, als noch Wasser abfließt, so mufs man bei Benutzung des im Dock angesammelten Wassers eine andre Spülvorrichtung wählen, wodurch der Abflufs schon unterbrochen werden kann, ehe das Niveau sich soweit senkt, dafs die Schiffe den Grund berühren.

Jedes Dock mufs so tief ausgegraben sein, dafs die grössten Schiffe, für die es bestimmt ist, selbst beim kleinsten Hochwasser,

also bei dem der todten Fluthen, noch vollständig schwimmen. Wenn also zur Zeit der Springfluthen das Hochwasser auch nur etwa um zwei Fufs höher ansteigt, so könnte man diese obere Wasserschicht ohne Nachtheil zur Spülung des Vorhafens benutzen, und indem nach den bereits mitgetheilten Erfahrungen die Wirkungen des Spülstroms nur in der ersten Zeit, oder so lange das Wasser unter sehr starkem Druck ausströmt, von Bedeutung sind, und später beinahe ganz aufhören, so würde man in solchem Fall noch immer bedeutende Resultate erwarten können. Die Schwierigkeit besteht aber darin, daß man eine heftige Strömung nicht plötzlich unterbrechen kann. Mechanische Vorrichtungen, wodurch man etwa ein Spülthor schnell schliessen wollte, erweisen sich als ungenügend, wenigstens als unsicher und unzuverlässig, und gewiß darf man keinen starken Wasserdruck zu diesem Zweck in Anwendung bringen, weil das plötzlich zuschlagende Thor brechen würde. Durch Schütze kann man allerdings, wie auch in Rams-gate geschieht (§ 38), die Durchfluß-Oeffnungen frei machen und sicher schliessen, aber einerseits geschieht dieses sehr langsam, woher ein Theil der geringen disponiblen Wassermenge schon abgeflossen ist, bevor der Spülstrom in seiner vollen Stärke sich entwickelt, und andererseits darf ein Schütz auch nicht zu breit sein, weil es sonst unter dem starken Druck nicht mehr zu bewegen sein würde. Es lassen sich sonach in dieser Art nur kleine Oeffnungen benutzen, die aber den erforderlichen kräftigen Strom nicht darstellen. Nichts desto weniger werden in Birken-head nach dem 1843 von Rendel entworfenen Plan die zwanzig Spülöffnungen von je 5 Fufs 2 Zoll Weite durch Schütze geschlossen, die durch Wasserdruck zu heben sind. Der Sicherheit wegen befinden sich davor aber noch andre Schütze, die man benutzen kann, sobald die ersten brechen. Gewöhnliche Spülthore konnten hier nicht angewendet werden, weil das Wasser aus dem Flotthafen oder Dock entnommen wird, dessen Spiegel nur 2 bis 3 Fufs gesenkt werden darf.

Von andern Einrichtungen der Thore, die bei starker Durchströmung sich schliessen, ist bereits früher (im zweiten Theil dieses Handbuchs § 74) die Rede gewesen. Dieselben sind jedoch von zweifelhaftem Erfolg und haben für diesen Zweck sich noch nicht bewährt. Die Fächerthore, die an der Schleuse des

älteren Docks bei Bremerhaven angewendet sind, sind bereits Theil II § 74 ausführlich beschrieben, und zugleich mitgetheilt, mit welcher großen Vorsicht sie behandelt werden müssen, während man sie nur wirken läßt, wenn im Vorhafen noch ein hoher Wasserstand statt findet. Die Spülung muß hier schon vorgenommen werden, sobald sich eine Niveau-Differenz von etwa 3 Fufs dargestellt hat. Alsdann ist aber theils die Ausflugs-Geschwindigkeit noch geringe und theils der Wasserstand im Vorhafen noch so hoch, daß in beiden Beziehungen der Effect nur unbedeutend bleibt, und zeitweise Baggerungen nicht umgangen werden können. In den Niederlanden hat man sich von der Unbrauchbarkeit dieser Schleusen in neuerer Zeit überzeugt, und dieselben, wie es scheint, schon überall beseitigt, wo sie vor etwa 60 Jahren erbaut wurden.

Die Benutzung eines Flotthafens als Spül-Bassin ist noch in andrer Beziehung höchst bedenklich. Wenn nämlich bei der Spülung eine starke Wasserschicht abgelassen ist, so muß diese bei der nächsten Fluth wieder ersetzt werden, und wenn ausgedehnte Wattgründe vor dem Hafen liegen, so wird das immer auf's Neue hinzugeführte Fluthwasser auch starke Verflachungen in dem Dock veranlassen, die man nur durch Baggern beseitigen kann. Das Verhältniß wird hierdurch wesentlich ein andres, als wenn das Dock nur beim Eintritt des Hochwassers geöffnet wird. Es kann alsdann freilich auch nicht vermieden werden, daß neues Wasser einströmt, sobald das Hochwasser eine größere Höhe, als das vorhergehende erreicht, aber einerseits ist die hinzukommende Wassermenge viel geringer, als wenn das Niveau durch Spülung gesenkt war, und sodann tritt die Einströmung auch erst später ein, also zu einer Zeit, wenn die Fluthströmung schon beinahe aufgehört oder das Wasser sich schon mehr geklärt hat. Die Bagger-Arbeiten in einem Dock sind aber für den Schiffsverkehr höchst störend, weil der Raum meist beschränkt ist, und weil das Fortschaffen der Baggererde große Schwierigkeiten bietet, indem die gefüllten Prahme eben so wie andre Fahrzeuge nur zur Zeit des Hochwassers herausgebracht und wieder hineingelassen werden können. Dazu kommt noch, daß es in vielen Docks verboten ist, auf Schiffen Feuer zu machen, und hiernach auch die Benutzung von Dampfbaggern zwischen denselben nicht gestattet werden kann.

§ 45.

Spülschleusen.

Die Spülschleusen halten in den dahinter liegenden Spül-Bassins das während der Fluth aufgefangene Wasser bis zum Eintritt des niedrigsten Wasserstandes zurück, und lassen alsdann dasselbe in möglichst kurzer Zeit in den Vorhafen ausfliessen. Sie müssen deshalb so fest construirt sein, dafs sie nach Maafs-gabe des Fluthwechsels bei Springfluthen einem Wasserdruck bis zu 20 Fufs, und zuweilen sogar einem noch gröfsern, sicher widerstehn. Sodann müssen sie mit weiten Oeffnungen versehen sein, die sich plötzlich freistellen lassen, durch welche alsdann das Wasser mit der vollen Geschwindigkeit, die der Druckhöhe entspricht, hindurchstürzt. Auch gegen die Wirkungen dieser reifsenden Strömung müssen sie gesichert sein. Vergleicht man demnach die Spülschleuse mit einer Schiffschleuse, so ergiebt sich, dafs erstere theils wegen des höheren Wasserdrucks und theils wegen des starken hindurchgehenden Stroms einem viel gröfsern Angriff ausgesetzt ist, und daher mit besonderer Vorsicht ausgeführt sein mufs. Die Erfahrung ergiebt in der That, dafs die Spülschleusen zu denjenigen Bauwerken gehören, welche am häufigsten beschädigt und nicht selten vollständig zerstört werden.

Was die Anordnung der Spülschleusen betrifft, so ist dieselbe, wenn zunächst von den Vorrichtungen zum Schliessen und Oeffnen der Durchflufs-Oeffnungen abgesehen wird, höchst einfach. Ein Boden mit den Seitenmauern und gemeinhin noch mit einigen Mittelpfeilern, welche die einzelnen Durchflufs-Oeffnungen von einander trennen, bildet das ganze Bauwerk. Die Ausführung desselben wird insofern erleichtert, als der Boden mit den Schwellen der Oeffnungen gewöhnlich in der Höhe des Niedrig-Wassers der Springfluthen und oft sogar noch darüber liegt. Eine grofse Länge ist auch nicht erforderlich, da es sich nur um die Aufstellung der Spülthore handelt, doch werden die Seitenmauern und Pfeiler gemeinhin noch benutzt, um zugleich eine Brücke darüber zu legen. Wenn aber die Schleuse so nahe an der Hafenmündung sich befindet, dafs sie vom starken Wellenschlage getroffen wird, so müssen die Spülthore auch gegen diesen gesichert, und die Mauern und Pfeiler entsprechend verlängert werden.

Ueber die Ausführung des Bodens und Mauerwerks ist hier wenig hinzuzufügen, indem aber vorzugsweise die Unterspülung des Bodens besorgt werden muß, so ist dieser sorgfältig zu sichern. Holz-Constructionen, die sich gemeinlich schon mit Rücksicht auf den Bohrwurm verbieten, würden auch in Betreff der Unterspülung nicht passend sein. In neuerer Zeit wendet man allgemein eine starke Bétonbettung an, die in der eigentlichen Schleuse mit lagerhaften Bruchsteinen oder Werkstücken übermauert wird. Wenn indessen der Boden auch tief und sicher fundirt und wenigstens an beiden Enden mit dichten Spundwänden eingeschlossen ist, so bleibt noch immer zu besorgen, daß er durch starke Auskolkungen auf der einen oder der andern Seite gefährdet wird. Namentlich auf der Hafenseite pflegen sich solche fast jedesmal und zwar in großer Ausdehnung zu zeigen. Dieses darf auch nicht befremden, insofern der Sturz und die Geschwindigkeit des strömenden Wassers hier übermäßig groß ist. Auffallender ist es, daß nicht selten auch in dem Spül-Bassin oder in dem Canal zwischen diesem und der Schleuse sich gleichfalls weite Vertiefungen bilden. Um diese wie jene für die Schleuse unschädlich zu machen, muß letztere mit ausgedehntem Vorboden und Abschufsboden oder mit Sturzbetten an beiden Enden versehen werden. Diese dürfen aber wieder nicht in Holz ausgeführt werden, weil der Thon oder Kies, mit dem man den Bohlenboden unterfüllt, durch die heftige Strömung ausgewaschen und fortgespült wird. Die Anwendung des Bétons ist auch hier geboten. Minard empfiehlt, denselben wenigstens 6 Fufs hoch aufzubringen, und ihn vor wie hinter dem Schleusenboden auf 60 bis 100 Fufs weit auszudehnen. Zuweilen legt man über den Béton, soweit er das Sturzbette bildet, Querbalken, mauert die Zwischenräume aus und befestigt darauf einen Bohlenboden, um den Béton gegen den unmittelbaren Angriff des Stroms zu sichern. Sollten die Sturzbetten nicht die nöthige Ausdehnung haben und noch tiefe Auskolkungen davor sich zeigen, so müssen diese entweder mit Steinen verschüttet, oder mit Faschinen verfüllt und durch eine Lage großer Steine überdeckt werden.

Endlich wäre noch daran zu erinnern, daß man vor, wie hinter der Spülschleuse nicht gern eine plötzliche Erweiterung des Abflufs-Profiles eintreten läßt, weil dadurch unregelmäßige

Bewegungen und Wirbel im Wasser veranlaßt werden, die sowohl Auskolkungen verursachen, als auch einen großen Theil der lebendigen Kraft consumiren. Aus diesem Grunde ist es zweckmäfsig, noch Flügel an die beiderseitigen Mauern anzuschliessen, zwischen denen die Zu- und Ableitungs-Canäle sich allmählich erweitern.

Um die Durchflufs-Oeffnungen zu schliessen, wendet man zuweilen Schütze an, die zu jeder Zeit sich öffnen, wie auch schliessen lassen. Dieselben sind jedoch, wie bereits § 44 erwähnt, in so fern nicht zu empfehlen, als ihre Bewegung schwierig ist und sich nicht schnell genug ausführen läßt.

Die gewöhnliche Vorrichtung zum Verschliessen und Freistellen der Durchflufs-Oeffnungen in den Spülschleusen bildet das zweiflügelige Spülthor. Fig. 120 *A* zeigt ein solches in der vordern Ansicht, *B* im verticalen und *C* im horizontalen Durchschnitt. *a* ist die Wendesäule, um welche es sich dreht, und an den Enden der beiden Flügel befinden sich die beiden Schlagsäulen *e*, die jedoch in der Seitenansicht zum Theil durch die Drehpfosten *b* und *c* verdeckt werden. Von den mit einander fest verbundenen Flügeln ist der eine bedeutend länger, als der gegenüber stehende, das Thor hat demnach, wenn es auf einer Seite einem starken Wasserdruck ausgesetzt ist, die Tendenz, sich zu drehn, oder zu öffnen. Hieran wird es durch den Drehpfosten verhindert, gegen den die Schlagsäule des längern Flügels sich stützt. Die Drehpfosten *b* und *c*, welche Fig. 120 *D* und *E* besonders dargestellt sind, müssen wenigstens an einer Seite cylindrisch geformt sein, damit sie möglichst gut schliessend in den Wende-Nischen sich drehn lassen. Die hier gezeichnete Anordnung derselben ist diejenige, welche in den Französischen Spülschleusen gewählt wird. Der Querschnitt des Pfostens ist nämlich ein Kreis mit einem Abschnitt, der nahe bis an den Mittelpunkt reicht. Bei der Stellung der Drehpfosten, die in Fig. 120 *C* angegeben ist, treten diese in die Durchflufs-Oeffnung vor, und lehnen sich an beide Schlagsäulen. Sobald man sie zurückdreht, so legen sie sich vollständig in die Wendennischen, und das Thor wird frei. Der Wasserdruck, den das Thor auf der Bassin-Seite erfährt, veranlaßt eine starke Pressung gegen den Drehpfosten *b*. Letzterer muß also mittelst des an seinem

obern Ende angebrachten kleinen Hebels, der durch einen Haken gefasst wird, in seiner Stellung zurückgehalten werden. Sobald man diesen Haken löst, so dreht schon der vom Wasser gegen den längern Flügel des Thors ausgeübte Druck den Drehpfosten so weit zurück, daß die Schlagsäule hinreichenden Spielraum zum Ausweichen findet, und das ganze Thor stellt sich nahe in die Richtung des Stroms, wodurch die Oeffnung frei wird. Der Drehpfosten *c* auf der Seite des kürzern Flügels unterstützt nicht das Thor, weil dieses bei der eintretenden Drehung sich von ihm entfernt. Dennoch wird er bis zum Moment der Spülung an die betreffende Schlagsäule fest angelehnt, wie Fig. 120 *A* und *C* zeigen, um den Spielraum zwischen dem Thor und der Mauer möglichst zu schließsen.

Nach dieser allgemeinen Darstellung der Anordnung der Wirksamkeit der gewöhnlichen Spülthore gehe ich zur Beschreibung der Einzelheiten derselben über.

Das in Fig. 120 dargestellte Thor, welches in Boulogne ausgeführt ist, gehört wohl zu den größten, die überhaupt vorkommen, indem die lichte Weite der Schleuse 20 Fufs 9 Zoll mißt. Gewöhnlich ist diese Weite bedeutend geringer und beträgt meist nur 13 Fufs. Das Verhältniß der Längen der beiden Flügel ist in diesem Beispiel wie 5 zu 9. Auch dieses ist ungewöhnlich, da sonst der Unterschied geringer zu sein pflegt. Häufig wählt man das Verhältniß 5 zu 7, oder man vergrößert dieses bis auf 7 zu 8. Wenn aber Schütze in einem Flügel angebracht werden, so giebt man auch wohl beiden dieselbe Länge.

Die Thore werden verschiedenartig construirt. Bei dem in Rede stehenden Thor fehlt jede Verstrebung und jedes Zugband. Das Sacken wird also nur durch die Steifigkeit der Verbandstücke verhindert. Die Wendesäule nebst sieben andern Mittelstielen und den beiden Schlagsäulen sind oben und unten, und zwar zu beiden Seiten des Thors, durch starke, etwas gekrümmte Zangen mit einander verbunden, und zwischen diesen ist auf jeder Seite in der ganzen Höhe des Thors ein dichter Bohlenbelag aufgebracht. Der obere wie der untere Rahm des Thors besteht nicht nur aus den erwähnten etwas gekrümmten Zangen, sondern zwischen diesen liegen noch, wie Fig. *B* zeigt,

zwei Balken, welche die Wendesäule umfassen, und in welche die Stiele und Schlagsäulen verzapft sind. Diese vier Verbandstücke sind durch Schraubenbolzen verbunden. An beiden Seiten ist das Thor 12 Zoll, in der Mitte dagegen 21 Zoll stark. Es wird sonach die Durchfluß-Oeffnung durch das Thor nicht unbedeutend verengt.

Eine andre Zusammensetzung, welche mit der der gewöhnlichen Schleusenthore mehr übereinstimmt, ist Fig. 121 *A* in der Ansicht von der Hafenseite und *B* im verticalen Durchschnitt dargestellt. In die Wendesäule sind die beiden Rahmstücke so wie auch die Mittel-Riegel eingelassen und außerdem greifen Streben mittelst Versatzung ein, welche zu beiden Seiten bis gegen die obern Enden der Schlagsäulen hinaufreichen. Ein einseitiger Bohlenbelag überdeckt das Ganze.

Wesentlich verschieden ist die Construction, welche Fig. 122 *A* in der Seiten-Ansicht und *B* in der Ansicht von oben zeigt, wobei statt des Bohlenbelags eine dichte Wand aus starken verticalen Stielen gebildet ist, die mit Federn und Nuthen in einander greifen. Dieselben sind durch verschiedene darüber gelegte, etwas gekrümmte schwache Zangen verbunden, welche jedesmal durch die Stiele hindurch mit einander verbolzt sind. Um das Sacken der Thorflügel zu verhindern, sind meist noch Zugbänder über die Riegel gezogen, wie die Seiten-Ansicht erkennen läßt.

Was die Befestigung der Thore betrifft, so kommt zunächst die Schwelle in Betracht, gegen welche ein möglichst dichter Schluß stattfinden muß. Dabei tritt der Uebelstand ein, daß der längere Flügel in der Richtung des Wasserdrucks aufschlägt, also hier ein vortretender Anschlag, gegen welchen er lehnen könnte, sich nicht anbringen läßt. Beim kürzern Flügel ist dieses nicht der Fall, hier hindert also nichts, eine Erhöhung in der Schwelle darzustellen, gegen welche dieser Flügel sich lehnt. Auch neben dem längeren Flügel kann man eine solche anbringen, wie auch wirklich zuweilen geschieht, jedoch ist dieses nur an der Bassin-Seite möglich, so daß das Thor durch das Wasser nicht dagegen gedrückt, sondern vielmehr davon entfernt wird. Es läßt sich sonach ein so sicherer Schluß, wie bei gewöhnlichen Schleusenthoren, die vom Wasserdruck gegen die Schlagschwellen gepreßt werden, nicht darstellen.

Die hieraus entspringende Undichtigkeit ist indessen nicht von Bedeutung, insofern es nur darauf ankommt, den hohen Wasserstand während einiger Stunden zu erhalten. Der unvermeidliche Wasserverlust beeinträchtigt daher nicht merklich die Wirksamkeit der Spülung, und aus diesem Grunde unterläßt man es gemeinlich auch ganz, den erwähnten Anschlag vor den Flügeln darzustellen. Man giebt alsdann der Schwelle, wie Fig. 120 B zeigt, in ihrer obern Fläche eine flache cylindrische Krümmung, und sorgt dafür, daß der freie Spielraum, der zur ungehinderten Bewegung nothwendig ist, sich auf das geringste noch darzustellende Maafs beschränkt. Eine sichere Verbindung des Thors, wodurch das Sacken verhindert wird, ist dabei aber dringend geboten.

Sollte das Thor mit der Zeit in Folge der unvermeidlichen Sackung nicht die leichte Beweglichkeit behalten, oder andererseits der Spielraum zu groß werden und merkliche Wasserverluste veranlassen, so muß ein Abarbeiten des Thors oder eine Aenderung des untern Zapfens oder der Pfanne statt finden. Hierzu bietet sich immer die Gelegenheit, ohne daß die Spülung deshalb behindert wird, da diese, wie erwähnt, nur zur Zeit der Springfluthen statt findet, und selbst alsdann auch ohne Nachtheil an einem Tage ausfallen darf.

Wenn die Schwelle mit keinem Anschlage versehen ist, so erreicht man noch den Vortheil, daß das Thor auch eine entgegengesetzte Stellung annehmen kann. Man braucht es alsdann während der Füllung des Spülbassins, also wenn der eingehende Strom den längern Flügel trifft, nicht festzustellen. Dieser Strom dreht das Thor soweit, daß der längere Flügel sich gegen das Spülbassin richtet. Wenn nunmehr der Wärter gegen das Ende der Fluth den Drehpfosten zur Seite des längern Flügels einstellt, so legt sich dieser Flügel beim Beginn der Ebbe schon von selbst dagegen und das Thor ist wieder in die Lage gekommen, welche es vor der Spülung einnehmen muß. Dabei ist nur darauf zu achten, daß nicht etwa das Thor über die Richtung der Schleusen-Achse hinaus sich dreht, weil sonst der längere Flügel auf die für den kürzern bestimmte Seite kommen, und hier gegen die Mauer schlagen würde, während gegenüber ein weiter Raum offen bleibt.

Um einen möglichst geringen Spielraum unter dem Thor darzustellen, pflegt man die Schwelle oftmals nicht massiv, sondern in Holz zu construiren. Die Balken, aus denen sie besteht, sind unter sich und gegen den massiven Boden verbolzt. Außerdem greifen ihre Köpfe auch unter die Seitenmauern oder die Mittelpfeiler, und erhalten dadurch eine gesicherte Lage.

Um den untern Zapfen gegen Sand zu schützen und seine Beweglichkeit zu sichern, pflegt man, wie bei Schleusenthoren, ihn auf die Schwelle zu befestigen, und die Pfanne, in welche er eingreift, in die Wendesäule des Thors einzulassen.

Am obern Ende ist die Wendesäule jedesmal cylindrisch geformt, und wird hier durch ein Halsband umfaßt, in welchem sie sich dreht. Eingelassene Schienen oder eine Verkleidung mit Blech verhindern die Abnutzung des Holzes. Gemeinhin führt eine Laufbrücke über die Spülschleuse und oft wird diese zur sichern Befestigung des Halsbandes benutzt, doch bedarf sie alsdann einer hinreichenden Verstrebung, damit nicht etwa durch den starken Wasserdruck gegen das Thor die Brückenbalken gebogen werden. Dabei ist auch zu beachten, daß durch die Köpfe der beiden Drehpfosten, und zuweilen selbst durch den der Wendesäule, wenn dieser noch über das Halsband ausreicht, die Passage auf der Brücke erschwert wird. Man zieht es daher vor, die Laufbrücke seitwärts zu legen und für die Befestigung des Halsbandes in andrer Art zu sorgen. Am häufigsten geschieht dieses durch eine einfache horizontale Verstrebung, wie Fig. 123 zeigt. Man läßt in die Seitenmauern zwei kurze Schwellen ein, und auf diese wird zunächst in schräger Richtung ein starker Balken verkämmt und verbolzt, der das Halsband trägt. Auf der Seite des kürzern Flügels wird derselbe gegen den Druck des Halsbandes verstrebt, während auf der andern Seite noch eine zweite Strebe angebracht ist, die jedoch ihrer Richtung nach vorzugsweise nur zur Gewinnung der nöthigen Steifigkeit in der ganzen Verbindung dienen kann.

Man läßt zuweilen, und namentlich geschah dieses in früherer Zeit, den Kopf der Wendesäule hoch vortreten, und versah denselben mit den nöthigen Oeffnungen zum Einsetzen langer Hebel. Mittelst der letztern wird alsdann das Thor, wenn es beim vollen Hochwasser wieder geschlossen werden soll, in die

passende Stellung gebracht. Gegenwärtig pflegt man dagegen an den Kopf der Schlagsäule des längern Flügels Taue zu befestigen, die bei *a* und *b* über Rollen laufen, und auf der andern Seite der Schleuse bei *c* in entgegengesetzter Richtung über eine Erdwinde geschlungen sind. Hierdurch wird derselbe Zweck, ohne die Verbindung des Thors zu sehr anzugreifen, vollständiger erreicht. Zuweilen bringt man auch auf beiden Seiten der Schleuse Winden an, die zugleich dazu dienen sollen, das Thor während der starken Ausströmung des Spülstroms parallel zu den Seitenmauern zu stellen.

Den Drehpfosten, der den längern Flügel stützt, pflegte man in früherer Zeit aus einem besonders hochkantigen Balken auszuarbeiten, so daß der Querschnitt desselben die in Fig. 124 dargestellte Form hatte. Beim Zurückschlagen legte er sich vollständig in die Mauernische. Derselbe erfüllte sonach gleichfalls seinen Zweck, doch verdient der kreisförmige Querschnitt mit dem darin angebrachten Abschnitt wohl den Vorzug, in sofern ein solcher Pfosten, während er das Thor unterstützt, sich fest an die Wendenische lehnt, und sonach der Druck nicht allein den Zapfen und das Halsband trifft. Außerdem wird im letzten Fall auch das sehr starke Holz entbehrlich.

Die Einrichtung dieser letzten Drehpfosten ergibt sich mit hinreichender Deutlichkeit aus Fig. 120 *C* und *D*. Der gußeiserne Schuh mit dem abwärts gekehrten Zapfen am untern Ende des Drehpfostens ist Fig. 125 *B* in der Ansicht von oben und *A* im verticalen Durchschnitt dargestellt. Die Befestigung erfolgt durch einige seitwärts eingelassene starke Holzschrauben. Am obern Ende wird der Drehpfosten wie die Wendensäule eines Schleusenthors (Fig. 120. *D* u. *E*) von einem Halsbande umfaßt. Darüber ist er aber noch mit einem etwa 5 Fuß langen eisernen oder hölzernen Hebel versehen, und damit dieser den Kopf des Pfostens nicht spaltet, so wird auf den letztern ein starker eiserner Ring aufgetrieben, an welchen seitwärts noch zwei Stützen befestigt sind, die bis an das Ende des Hebels reichen. Hier befindet sich ein Bolzen, in welchen ein wenig gekrümmter Haken eingreift, der sich leicht lösen läßt. Damit die Auslösung schnell und sicher erfolgt, so bildet der erwähnte Haken gemeinhin den kurzen Arm eines zweiten Hebels, und es bedarf daher am Ende

des langen Arms dieses letztern nur einer mäfsigen Kraft, um den Haken zurückzuziehn und dadurch das Thor zu öffnen. Dieser längere Arm wird aber angeschlossen, damit nicht etwa durch Vorübergehende der Haken gelöst werde. Wenn die Spülung erfolgen soll, so wird jedesmal zuerst der Drehpfosten an der Seite des kürzern Thorflügels in die Wendenische gedreht, damit an dieser Stelle keine Verengung des Durchflufsprofils statt findet.

Zuweilen werden zwei Spülthore, welche in ihrer ganzen Anordnung mit den so eben beschriebenen übereinstimmen, neben einander gestellt, um eine weitere Oeffnung zu schliessen. Fig. 126 zeigt diese Anordnung. Die Thore werden alsdann so gestellt, dafs die kürzern Flügel nach ausen und die längern nach der Mitte der Oeffnung gerichtet sind. Die letztern berühren sich nicht, sondern lehnen sich an einen gemeinschaftlichen Drehpfosten, der einen solchen Querschnitt hat, dafs er in der Stellung, welche die Figur zeigt, beide Thore zurückhält. Sobald er aber um einen Quadrant gedreht wird, wobei er mit seiner geringeren Breite sich zwischen die Thore stellt, läfst er hinreichenden Raum zur Bewegung derselben, und beide schlagen gleichzeitig auf. Man bemerkt, dafs die Drehung des Pfostens in diesem Fall nicht von selbst erfolgen kann, wie bei dem einfachen Thor, weil er auf beiden Seiten dem gleichen Druck der längern Flügel beider Thore ausgesetzt ist. Man mufs daher den Drehpfosten mit einem längern Hebel *a* versehen, der seinen Kopf umfaßt und über die Laufbrücke reicht. Dieser Hebel wird durch mehrere Arbeiter oder eine Winde soweit gedreht, dafs die Thore frei werden. Um die Bewegung möglichst zu erleichtern, vermindert man dabei den Anschlag oder die Berührung der Schlagsäulen gegen den Pfosten auf das geringste zulässige Maafs. Man kann auch bei dieser Anordnung an die Schlagsäulen der kurzen Flügel die oben beschriebenen ausgeschnittenen cylindrischen Drehpfosten lehnen, um den nothwendigen Spielraum vor den Thoren möglichst zu schliessen, die Figur zeigt dagegen die ältere Anordnung, wobei dieses nicht geschieht, vielmehr die betreffenden Schlagsäulen möglichst breit gehalten und übereinstimmend mit den Nischen in den Mauern, worin sie sich bewegen, cylindrische Flächen sich bilden, deren Achsen in den Drehungs-Achsen der Thore liegen.

Diese Verbindung zweier Thore wählt man, wenn beide nur mäßige Dimensionen haben, es ergiebt sich auch, daß die Aufstellung des mittlern Drehpfostens, der oben noch durch eine Verstrebung, wie Fig. 123 zeigt, gehalten werden muß, weniger solide und seine Einstellung weniger leicht ist. Der Vortheil, daß man in dieser Weise eine größere Oeffnung darstellen kann, wird aber zum Theil wieder dadurch aufgehoben, daß der Pfosten nicht zu beseitigen ist, und sonach die ganze Oeffnung nicht nur durch die beiden Thore, sondern auch durch ihn unterbrochen, also in vier einzelne Theile zerlegt wird. Bei neuern Spülschleusen bemerkt man diese Anordnung nicht mehr, und es werden im Gegentheil größere Thore angewendet, welche die ganze Weite jeder einzelnen Oeffnung umfassen.

Man kann in diesem Fall auch eine Anordnung wählen, mittelst deren die Spülthore zu beiden Seiten eines Pfeilers gleichzeitig frei werden. Dieses ist zum Beispiel bei der neuen Spülschleuse in Ostende geschehn, wie Fig. 127 *A* in der Ansicht von oben und *B* im verticalen Durchschnitt durch die Mittellinie des Pfeilers zeigt. *a* und *a* sind die Drehpfosten, gegen welche sich die längern Flügel der beiden Thore lehnen. Die Köpfe der Pfosten sind mit starken eisernen Ringen versehen, an welchen sich jedesmal ein Ansatz befindet, der einige Zolle weit vortritt. Gegen jeden derselben drückt der kurze Arm eines eisernen Hebels, der die Drehung des Pfostens verhindert und das Thor geschlossen hält. Die längern Arme dieser Hebel sind gegen einander gekehrt und lassen nur einen Zwischenraum von etwa 3 Zoll zwischen sich frei, sie lehnen sich aber beide gegen einen kurzen eisernen Riegel, der an einem Charnier *b* befestigt ist und aufgehoben werden kann. Die gußeiserne, auf den Pfeilern befestigte Platte, woran die beiden Wangen angegossen sind, worin der Riegel sich bewegt, ist rückwärts noch mit einem gleichfalls angegossenen Stege *c* versehen. Sollen die Durchfluß-Oeffnungen freigestellt oder die Drehpfosten nicht mehr gehalten werden, so schiebt man eine Brechstange *d* über den Steg fort unter den Riegel, und sobald man das hintere Ende der Stange herabdrückt, so hebt sich der Riegel. Die beiden Hebel verlieren dadurch ihre Stütze und unter dem Druck, den sie von den Ansätzen der Drehpfosten erleiden, schlagen sie

zurück und lösen zugleich die Drehpfosten. Letztere legen sich nunmehr in die Wendenischen, und die Thore werden frei.

Insofern die Spülthore nicht wie gewöhnliche Schleusenthore an feste Schlagschwellen sich lehnen, außerdem auch der Anschlag der beiden Schlagsäulen nicht so sicher ist, und endlich auch der obere Zapfen der Wendensäule nur durch Verstrebenungen gehalten werden kann, die frei über der Durchfluß-Oeffnung liegen, so ist leicht zu ersehn, daß diese Thore nicht im Stande sind, einem starken Wellenschlag zu widerstehn. Diese Rücksicht tritt aber noch um so mehr hervor, als die Spülschleusen vorzugsweise auf die Hafenmündungen wirken sollen, und soviel es irgend geschehn kann, in die Nähe derselben gelegt und direct gegen sie gerichtet werden. Die Spülschleusen werden daher von den in den Hafen einlaufenden Wellen im Allgemeinen stärker, als andre Schleusen, getroffen, und bedürfen demnach auch einer besonderen Sicherung. Zu diesem Zweck wird gemeinlich jede Durchfluß-Oeffnung derselben unmittelbar vor dem Spülthor noch durch ein Paar Stemthore geschlossen. Indem diese, wenn sie geöffnet sind, in den Thor-Nischen liegen, so hindern sie nicht die Wirkung der Spülung, soll aber das Fluthwasser in das Bassin treten, so muß man sie in den Nischen befestigen, damit sie nicht zuschlagen. Bei starkem Wellenschlage werden sie geschlossen, weil sie alsdann das Spülthor schützen müssen. In solchem Fall wird aber gewöhnlich auch die Spülung ausgesetzt, weil sie doch von keinem bedeutenden Erfolg sein würde. Die Stemthore bieten außerdem die Gelegenheit, das Fluthwasser vom Bassin abzuhalten, wenn nicht gespült wird, und dadurch das fortwährende Ein- und Ausströmen zu verhindern. Besonders wichtig sind sie aber, wenn Ausbesserungen oder Erneuerungen einzelner Theile an den Spülthoren oder am Boden der Schleuse nothwendig werden, weil sie alsdann den niedrigen Wasserstand der See im Bassin dauernd erhalten.

In manchen Fällen hält man selbst die Stemthore zur Sicherung der Spülthore nicht für ausreichend, und alsdann verlängert man die Seitenmauern und Pfeiler noch weiter, und schließt sie durch große Schütze, die bei besonders heftigem Seegange herabgelassen werden. Dieses ist vor der neuen Spülschleuse in Ostende geschehn, die wegen der großen Nähe an

der Hafenmündung auch ganz besonders der Sicherung bedurfte. Das Heben der Schütze ist freilich nicht leicht, doch wird dieses nur selten erforderlich, da die Schütze nur ausnahmsweise herabgelassen werden, und man sie beim Wiedereintritt der ruhigen Witterung mit Musse ziehn kann. Vortheilhaft ist es, zu diesem Zweck eine bewegliche Winde zu benutzen, die auf einer Eisenbahn über die Schütze der verschiedenen Ausfluß-Oeffnungen der Spülvorrichtung gestellt werden kann. Auch fortificatorische Rücksichten fordern zuweilen die Anbringung von Schützen, damit das ausgedehnte Spülbassin bei einer Belagerung stets mit Wasser gefüllt bleibt. In diesem Fall dürfen die Schütze auch nicht frei stehn, sondern müssen gegen feindliche Geschosse gesichert sein.

Diese Spülthore mit zwei Flügeln stellen sich beim Oeffnen nicht parallel zur Achse der Schleuse, sondern mehr oder weniger schräge gegen diese, wie Fig. 126 und 128 zeigt. Minard,*) der sich hierüber ausführlich äußert, sagt, die geringste Abweichung, die er je bemerkt, habe 7 Grade betragen, gewöhnlich fand er sie viel größer.

Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung sucht Minard vorzugsweise in manchen Zufälligkeiten, welche die Richtung des zuströmenden Wassers bedingen, doch erwähnt er auch der sehr bedeutenden Niveau-Differenzen, die er zuweilen an beiden Seiten derselben Stelle eines Thors gemessen habe und deutet an, daß auch hierin Veranlassung zu dem starken Druck gegen den kürzern Flügel liegen dürfe.

Ohne Zweifel steht diese Erscheinung in naher Beziehung zu derjenigen, die Herr Kummer an verschiedenen Körpern, und namentlich auch an Planscheiben beobachtet hat, die um horizontale Achsen sich drehn konnten, während sie in weiten Kreisen durch die Luft bewegt wurden.***) Befand sich die Drehungs-Achse in ihrer Mitte, so bildete das Gleichgewicht sich nur, wenn die Scheibe rechtwinklig gegen die Richtung der Bewegung

*) Cours de Construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer. Paris 1846. pag. 194.

***) Ueber den Luftwiderstand gegen Ebenen. In den Abhandlungen der Academie der Wissenschaften in Berlin. 1876.

sich stellte. Der Winkel, den sie gegen diese annahm, wurde aber immer um so kleiner, je weiter man die Achse von der Mittel-Linie entfernte, und wenn sie endlich am Rande der Scheibe sich befand, so wurde der Winkel gleich Null, oder die Scheibe stellte sich in die Richtung ihrer Bewegung.

Ich habe ähnliche Beobachtungen mit oblongen Planscheiben gemacht, die um verticale Achsen sich drehn konnten und der Strömung des Wassers ausgesetzt wurden. Zunächst geschah dieses in einer 4 Zoll weiten Blechrinne, die nur mit der Geschwindigkeit von nahe 2 Zoll durchströmt wurde, demnächst in dem 12 Fufs breiten Abzugsgraben aus dem Gothen-See bei Heringsdorf in der Nähe von Swinemünde. Die Geschwindigkeit war hier, so oft die Schöpfmühlen im Gange waren, bedeutend gröfser, und steigerte sich, nachdem einst die Wiesen in der Nähe hoch unter Wasser gesetzt waren, sogar bis auf 8 Fufs. Endlich stellte mein Sohn, der Ober-Maschinenmeister C. Hagen, vielfache Beobachtungen in der Neisse bei Guben an, und zwar bei Geschwindigkeiten von 2 bis 3 Fufs.

Diese bei sehr verschiedenen Geschwindigkeiten und mit grofsen und kleinen Scheiben angestellten Messungen, deren Anzahl fünf und sechzig betrug, führten zunächst zu einem sehr einfachen Gesetz. Nennt man die Länge des kürzeren Flügels, der sich jedesmal stromaufwärts stellt, a , und die des längern b , und bezeichnet φ den Winkel, den die Scheibe mit der Richtung des Stroms macht, so ergab sich

$$\frac{a}{b} = \sin \varphi.$$

Bei Vergleichung dieses Ausdrucks mit den einzelnen Messungen war der wahrscheinliche Fehler $6\frac{1}{2}$ Grade. Diese grofse Unsicherheit erklärte sich zum Theil durch die starken Schwankungen, welche in allen Beobachtungen ohne Ausnahme die Scheiben fortwährend machten. Legte ich indessen ein andres Gesetz zum Grunde, nämlich

$$90 \cdot \frac{a^2}{b^2} = \varphi,$$

wobei φ in Graden ausgedrückt ist, so verminderte sich der wahrscheinliche Fehler auf 4 Grade.

Die Veranlassung zu dem stärkern Druck, den vergleichungs-

weise der kürzere Flügel erfährt, darf man nicht in dem Umstand suchen, daß an der dem Strom zugekehrten Seite der Scheibe eine Strömung sich bildet, welche den Stofs des Wassers aufhängt und denselben am hintern Theil der Scheibe weniger wirksam macht, weil bei dieser Erklärung die relative Verminderung des Drucks von dem Winkel φ ganz unabhängig wäre, und die Scheibe bei jeder beliebigen Richtung im Gleichgewicht bleiben würde. Die nähere Untersuchung der Bewegungen, die das Wasser annimmt, wenn es eine Scheibe trifft, die schräge gegen die Richtung des Stroms gestellt ist, zeigte indessen deutlich, in welcher Weise der stärkere Druck gegen den stromaufwärts gerichteten Flügel der Scheibe sich bildet. Läßt man durch eine fein ausgezogene Röhre schwarze Tusche in das Wasser treten, so giebt ein dunkler Faden sehr auffallend die Bewegung des letztern zu erkennen. Das Wasser fließt zu beiden Seiten der Scheibe ab. Auf der vom Strom getroffenen Seite fließt es neben derselben, auf der entgegengesetzten verfolgt es aber die allgemeine Richtung des Stroms und reißt sogar das im Schutz der Scheibe stehende Wasser mit sich fort. Die hier entstehende Senkung wird durch Rückströmung dauernd gemäßigt und zwar erfolgt letztere unmittelbar hinter der Scheibe. Es ergibt sich hieraus, daß die Niveau-Differenz und mit derselben auch der Druck auf jedem Punkt der Scheibe um so größer sein muß, je näher der Punkt dem stromaufwärts gekehrten Rande sich befindet.

Diese Erscheinung ist ohne Zweifel dieselbe, wie bei den Spülthoren, ob indessen das mitgetheilte Gesetz in Betreff der Richtung auf diese noch Anwendung findet, muß dahin gestellt bleiben, da diese Thore nicht im offenen Strom, sondern in einem sehr beschränkten Gerinne stehn.

Zuweilen hat man versucht, durch unmittelbares Einstellen dem Spülthor die Richtung des Stroms zu geben, und namentlich wurden an der darüber führenden Laufbrücke zu diesem Zweck gewisse Vorrichtungen angebracht, doch ist es theils überaus schwierig, das Thor in diese Lage zu bringen, und theils bleibt es, wenn dieses geschehn ist, vorübergehend einem so starken Seitendruck ausgesetzt, daß der Verband desselben leicht gefährdet wird. Minard erwähnt, daß ein Thor, welches nur 7 Grade aus der Richtung des Stroms abwich, dennoch nur mit der

äußersten Anstrengung durch drei an eine Erdwinde gestellten Arbeiter parallel zur Achse der Schleuse gestellt werden konnte.

Man hat zuweilen beiden Flügeln gleiche Länge gegeben, in einem derselben aber besonders große Oeffnungen angebracht, die durch Schütze geschlossen waren, die zunächst gezogen wurden. Der Erfolg war jedoch in Betreff der Stellung der Thore keineswegs befriedigend. Wichtiger ist die bei einer neuern Schleuse in Ostende angebrachte Anordnung, wobei die Längen der beiden Flügel wenig verschieden sind, die des kürzern aber beim Aufschlagen des Thors in seinem untern Theil sich um mehr als die Hälfte verkürzt. Fig. 129 deutet diese Einrichtung in der Seitenansicht *A* und im horizontalen Durchschnitt *B* an. Der dortige Hafen-Ingenieur Crepin hat nämlich, statt eine Schütz-Oeffnung im Thor anzubringen, den ganzen untern Theil des kürzern Flügels abgeschnitten und diesen durch eine leichte Klappe ersetzt, die mittelst einiger Charnier-Bänder sich um eine verticale Achse dreht und sich beim Aufgehn des Thors flach auf die Bohlen-Verkleidung des längern Flügels auflegt. Beide Figuren stellen das Thor dar, während es geschlossen ist, und sich mit beiden Schlagsäulen an die Drehpfosten lehnt. Auch die erwähnte Klappe *a* wird, wie Fig. *B* zeigt, durch den Drehpfosten gehalten, und ersetzt sonach in dieser Stellung den fehlenden Theil des kurzen Flügels. Letzterer ist in der obern Hälfte wie gewöhnlich construiert, auch mit einer Schlagsäule versehen, welche die punktirten Linien in *B* angeben. Soweit dagegen die Klappe reicht, fehlt die Schlagsäule mit allen sonstigen Verbandstücken und der Bohlen-Verkleidung. Das Thor bildet also einen vollständigen Schlufs, wenn auch vielleicht die Fugen neben der Klappe einiges Wasser durchlassen. Sobald der Drehpfosten vor dem längern Flügel in die Wendenische zurücktritt, und letzterer in der Richtung des Pfeils sich dreht, so wird zwar der feste Theil des kurzen Flügels sogleich gegen den Strom gestellt, die Klappe lehnt sich aber Anfangs noch gegen den Drehpfosten, und bei der fortgesetzten Drehung des Thors schlägt sie zurück und nimmt nicht nur die in *b* dargestellte Lage an, sondern legt sich sogar flach an das Thor an. In dieser Weise verschwindet der untere Theil des kürzeren Flügels und der Wasserdruck auf denselben hört auf, so dafs das Thor, wie eine Windfahne, vor

dem längern Flügel sich nahe in die Richtung des hindurchgehenden Stroms stellt.

Bisher war nur von zweiflügeligen Spülthoren die Rede, die auch am häufigsten und mit seltenen Ausnahmen immer gewählt werden. Nichts desto weniger kommen auch einflügelige Spülthore vor, die in mancher Beziehung, und namentlich insofern sie die Durchfluß-Oeffnungen gar nicht beschränken, vor jenen den Vorzug haben. Sie sind, wie gewöhnliche Schleusenthore, an der einen Seite mit der Wendensäule und an der andern mit einer Schlagsäule versehen. Die erstere befindet sich in der Wendenische und das ganze Thor legt sich, wenn es geöffnet ist, in eine Thornische der Mauer ein. Die Schlagsäule lehnt sich dagegen vor dem Eintritt der Spülung an einen Drehpfosten, der am passendsten wieder von cylindrischer Form und auf einer Seite flach abgeschnitten ist. Der große Uebelstand bei Anwendung dieses Thors besteht aber darin, daß wenn es beim Drehn des Pfostens unter dem starken Wasserdruck plötzlich geöffnet wird, es mit großer Heftigkeit in die Thornische schlägt, und durch die Erschütterung seine Verbindung gelöst, oder auch wohl der Zapfen und das Halsband zerbrochen wird. Der Stofs wird indessen vollständig aufgehoben, und obwohl das Thor mit großer Gewalt sich öffnet, so legt es sich doch sehr sanft in die Wendenische, wenn auf der äußern Seite noch ein Wasserstand von einigen Fussen statt findet. Das Thor drängt nämlich alsdann bei seiner Drehung das Wasser, welches davor steht, in die Wendenische, und dieses in Verbindung mit dem darin befindlichen kann nicht momentan von hier entweichen. Es bildet sich also ein starker Gegendruck, der erst beim Zurückfließen des Wassers aufhört, und sonach das plötzliche Zurückschlagen des Thors verhindert.

Der Gegendruck kann augenscheinlich nur den untern Theil des Thors treffen, und sonach würde, wenn auch die Schwelle hinreichend tief gesenkt wäre, ein hohes Thor, welches plötzlich aufschlägt und nur unten zurückgehalten wird, leicht sich stark krümmen und dadurch in seiner Verbindung leiden. Um dieses zu verhindern, hat der Hafen-Ingenieur Leblanc in Calais die sogenannte Citadellen-Schleuse, durch welche der hintere Theil des Vorhafens gespült wird, mit zwei Thoren überein-

ander versehn, von denen das untere noch nicht bis zur niedrigsten Fluthhöhe hinaufreicht, und über welchem sich das obere Thor befindet. Beim Spülen wird nur das untere geöffnet. Im ersten Moment beschränkt das obere allerdings den Abfluss des Wassers, nach wenig Secunden tritt indessen im Wasserspiegel schon eine so starke Senkung ein, daß das obere Thor nicht mehr eintaucht, und sonach auch keinen nachtheiligen Einfluß ausübt. Dieses war hier um so mehr der Fall, als kein ausgedehntes Spülbassin, vielmehr nur der nach St. Omer führende Schifffahrts-Canal und einige Festungsgräben das Wasser liefern. Der Wasserspiegel senkte sich daher sehr schnell vor der Schleuse.

Das obere Thor lehnt sich hier nicht gegen das untere, sondern beide stehn lothrecht über einander, und die dazwischen befindliche Fuge, die keinem starken Wasserdruck ausgesetzt ist, wird durch eine Gardine von getheerter Leinwand geschlossen, die an das obere Thor befestigt ist. Die Schlagsäulen beider Thore lehnen sich gegen denselben Drehpfosten, doch können die beiden Theile dieses Pfostens besonders gedreht werden, indem der untere mit einer starken eisernen Achse verbunden ist, die durch den obern hindurchgreift. Sowohl diese Achse, als auch der obere Pfosten sind mit besondern Hebelsarmen zum Feststellen und Lösen der Thore versehn, und sonach ist auch die Gelegenheit geboten, die Oeffnung in ihrer ganzen Höhe frei zu machen. Fig. 130 zeigt diese Anordnung, und zwar *A* im Grundriss und *B* in der Ansicht vom Unterwasser aus. Das obere Thor ist dabei geschlossen und das untere geöffnet. Die beiden Theile des Drehpfostens nebst den zugehörigen Hebeln haben daher verschiedene Stellungen.

Von den Spülthoren, die man zuweilen in den Stemthoren der Schiffsschleusen anbringt, wäre nur noch zu bemerken, daß die Strömungen, welche sie veranlassen, ungefähr normal gegen die Thorflächen gerichtet sind, also von der Richtung der Schleuse abweichen und bei ihrem Zusammentreffen unregelmäßige Bewegungen veranlassen. Ihr Effect pflegt wegen der geringen Größe der Oeffnungen auch nicht bedeutend zu sein. Wenn die Schiffsschleuse zwischen zwei Spülschleusen liegt, so haben die kleinen Spülthore in der ersteren häufig nur den

Zweck, den Sand oder Schlamm zu beseitigen, den die Spülschleusen seitwärts aufwerfen und der den Durchgang der Schiffe verhindern würde.

§ 46.

Bewegliche Richtwerke.

Es ist bereits erwähnt worden (§ 43), dafs man den Spülstrom durch Eröffnung neuer Rinnen oder durch Abschließung bestehender Seitenwege mehrfach so zu leiten versucht hat, dafs er diejenigen Untiefen im Hafen oder in dessen Mündung angreift, welche vorzugsweise der Schifffahrt nachtheilig sind, und welche er, wenn er sich selbst überlassen wäre, nicht mit voller Kraft treffen würde. Es giebt außerdem noch ein andres Mittel, ihm eine beliebige Richtung anzuweisen, und ihn zugleich in dieser zu concentriren, so dafs er die schädlichen Untiefen sicher und schnell beseitigt. Hierzu dienen die beweglichen Richtwerke (guideaux), deren man sich in Französischen Häfen schon seit langer Zeit zuweilen bedient hat, und die mit manchen wesentlichen Verbesserungen auch noch, und zwar mit überraschendem Erfolg, in einzelnen Häfen angewendet werden. Eine nähere Beschreibung derselben rechtfertigt sich dadurch, dafs der Gegenstand, wenn auch den Hafen-Baumeistern nicht ganz unbekannt, doch von denselben gewöhnlich wenig beachtet, und oft zu denjenigen Erfindungen gerechnet wird, die niemals zu einem bedeutenden Resultat geführt haben.

Wollte man die Richtwerke einzeln anwenden, so würden sie nur Unregelmäßigkeiten im Fahrwasser veranlassen, ähnlich denjenigen, welche etwa nach dem vollständigen Durchbruch einer Buhne der zurückgebliebene isolirte Kopf derselben im Strombette erzeugt. Die Wirkung ist jedoch eine ganz andre, wenn man eine große Anzahl derselben verbindet und dadurch ein Parallelwerk darstellt, welches den Strom vollständig auffängt und ihn zwingt, es seiner Länge nach zu verfolgen.

Der Spülstrom unterscheidet sich von allen übrigen Strömungen, wenn man von denjenigen in den Sieltiefen absieht, wesentlich dadurch, dafs er nur zur Zeit des niedrigen Wassers statt findet, also wenn die Schifffahrt unterbrochen ist. Ein viel höherer Wasserstand geht ihm voran und ein solcher folgt ihm nach wenigen

Stunden. Man kann also die Richtwerke vorher, und zwar ohne Beeinträchtigung der Schifffahrt, einzeln oder auch in ihrer Zusammensetzung schwimmend an ihre Stelle bringen, und nachdem sie gewirkt haben, wieder schwimmend zurückziehen, während sie in der kurzen Zeit, wo sie den Spülstrom auffangen, beim niedrigen Wasser sicher auf dem Grund stehn. Das Herausbringen und Zurückführen derselben wird aber dadurch erleichtert, dafs im ersten Fall die Ebbe- und im zweiten die Fluth-Strömung dabei benutzt wird, wenn beide, da sie nur durch die Entleerung und Anfüllung des Vorhafens veranlaßt werden, nicht besonders stark sind. Endlich ist noch der günstige Umstand zu erwähnen, dafs wenn vielleicht, während die Werke ausgebracht sind, plötzlich ein Sturm entstehn sollte, derselbe, so lange der Wasserstand noch niedrig ist, nicht hohe Wellen treibt. Man darf also, wenn man nicht etwa vor der Mündung, und zwar unmittelbar neben dem tiefen Wasser der offenen See, die leichten Constructionen aufgestellt hat, nicht besorgen, dafs sie von dem Wellenschlage zerstört werden, vielmehr bleibt bei gehöriger Aufmerksamkeit hinreichende Zeit, Alles in Sicherheit zu bringen, bevor höhere Wellen in den Hafen einlaufen.

Wie sehr die Wirksamkeit des Spülstroms sich verstärkt, wenn derselbe einen festen Gegenstand trifft, der vor ihm nicht ausweicht, und welche bedeutenden Tiefen in solchem Fall stellenweise entstehn, zeigt sich an allen Stellen im Hafen, wo der Strom scharf gegen ein Ufer gerichtet ist. Es lag daher der Gedanke sehr nahe, fest construirte und angemessen geformte Fahrzeuge, oder auch wohl nur einfache Holzwände, vor dem Eintritt des niedrigsten Wassers auf die zu beseitigende Untiefe zu bringen, so dafs sie bei dem fallenden Wasser sich hier fest stellen, nachdem sie aber die Wirkung auf den Spülstrom ausgeübt haben, und bei beginnender Fluth wieder aufschwimmen, sie in den Hafen zurück zu führen.

Von Versuchen dieser Art spricht schon Belidor*), und zwar beschreibt er zwei wesentlich verschiedne Apparate. Ueber den einen, der in Dünkirchen zur Ausführung gekommen war, sagt er nur, dafs man mit den Wirkungen zufrieden gewesen sei. Bei

*) Architecture hydraulique. II. Partie. Livre III. Chap. VII. Sect. III.

demselben wurden Prahme mit senkrechten Seitenwänden und ebenen Böden benutzt, welche die Form eines Rhombus hatten. Fig. 131 *A* und *B* zeigt einen solchen Prahm. Die längere Diagonale, die zugleich die Achse des Fahrzeugs bildete, war 36 Fufs lang, die kürzere dagegen 18 Fufs. An den Enden der letztern, also an den in der Mitte des Prahms vortretenden beiden Ecken befanden sich Steuerruder, die dazu dienten, das Fahrzeug während es noch schwamm und vor Anker lag, genau auf diejenige Stelle zu bringen, wo es aufgestellt werden sollte. Der Boden war 3 Fufs hoch mit Steinen bedeckt, während die Seitenwände sich noch 5 Fufs darüber erhoben. Es wird erwähnt, der Ballast sei so abgemessen gewesen, dafs man beim Hochwasser die Prahme noch sicher über die Untiefen fortbewegen konnte, und dafs man mehrere derselben neben einander stellte.

Weshalb man die bezeichnete Form wählte, durch welche sich keine regelmäfsige Streichlinie darstellen liefs, wird nicht mitgetheilt: die gewöhnliche oblonge Form der Prahme dürfte sich hierzu mehr geeignet haben. Doch auch in diesem Fall bleibt das Bedenken, dafs die Anordnung theils wegen ihrer Kostbarkeit und theils wegen des Widerstandes, den die Fahrzeuge in Folge ihres grossen Querschnitts der leichten Bewegung entgegensetzen, nicht als zweckmäfsig angesehen werden kann.

Augenscheinlich kommt bei diesen vollständigen Fahrzeugen nur diejenige Seitenwand zur Wirksamkeit, welche vom Strom getroffen wird, und es empfahl sich daher, diese Seitenwand allein darzustellen und zu benutzen. Dabei blieb nur fraglich, in welcher Weise die Aufstellung und hinreichende Befestigung derselben erfolgen solle. Diese Aufgabe hatte Castain im Havre gelöst, und zwar wesentlich in derselben Art, die man auch gegenwärtig noch beibehalten, und die sich vollständig bewährt hat. Schon Belidor sagt, dafs bewundernswürdige Erfolge durch diese Vorrichtung erreicht seien, wie er selbst gesehn habe.

Der damals benutzte Apparat, der in einem Flofs bestand, ist Fig. 132 *B* in der Ansicht von oben dargestellt, und zwar ist in dem obern Felde der Bohlenbelag fortgelassen, um die Construction deutlicher zu zeigen. *A* ist die Seitenansicht vor der Aufstellung, und *C* der Querschnitt durch eine der Stützen, während das Flofs aufgestellt und in Wirksamkeit ist. In der nach-

stehenden Beschreibung sind die von Belidor angegebenen Maafse, also Pariser Fufse *), beibehalten, da bei dem geringen Unterschiede gegen Rheinländisches Fufsmaafs die Uebertragung auf letzteres entbehrlich war.

Jedes dieser Richtwerke besteht in einem Flofs von 72 Fufs Länge nud 12 Fufs Breite. Dasselbe wird gebildet durch vier starke Balken, welche in der ganzen Länge hindurchgehn, ohne dafs sie gestofsen sind. Die beiden äufsern Balken sind 18 Zoll, die beiden innern nur 12 Zoll breit und alle etwa 14 Zoll hoch. Da jedoch die Stämme nicht genügende Stärke hatten, um ihnen in der ganzen Länge diese Dimensionen zu geben, so wurden sie abwechselnd in entgegengesetzter Richtung verlegt, man sah daher abwechselnd die Zopf- und die Stammenden vortreten. An der Seite, wo die Stützen sich befinden, liegen zwei dieser Balken nur 10 Zoll von einander entfernt. Die sämtlichen Längsbalken sind durch Querbalken verbunden, die abwechselnd Zwischenräume von 1 Fufs und 8 Fufs zwischen sich frei lassen. Die Querbalken sind 12 Zoll hoch und breit, und werden wie die Langbalken 4 Zoll tief eingeschnitten. An den Enden sind sie durch Bügel oder Bolzen mit den letztern verbunden. Der Bohlenbelag, der das ganze Flofs überdeckt, ist 4 Zoll stark, schliesst sich also an die Oberfläche der Querbalken an. Endlich sind noch in Abständen von 4 zu 4 Fufs unter die Langbalken Querbohlen von 4 Zoll Stärke genagelt. Diese müssen so vertheilt werden, dafs sie die Oeffnungen, durch welche die Stützen hindurchreichen, frei lassen.

Das Flofs besteht in allen Theilen aus Kiefern- oder Tannenholz, die Stützen *a* dagegen, welche sich auf den Grund aufstellen, aus Eichenholz. Letztere sind 12 Fufs lang und 12 Zoll breit und hoch. Sie greifen zwischen je zwei neben einander liegende Querbalken und die beiden äufsern Langbalken hindurch. Der stärkere von diesen ist daher noch 2 Zoll tief eingeschnitten. Die Oeffnungen im Flofs müssen sorgfältig ausgearbeitet und so erweitert sein, dafs die Stützen, ohne zu klemmen, leicht gehoben und herabgelassen werden können, während auch nicht zu viel

*) Der Pariser Fufs verhält sich zum Rheinländischen annähernd wie 29 zu 28.

Spielraum bleiben darf. Um die Stützen bei der Aufstellung des Flosses noch sicherer zu halten, sind Knaggen *b* aus Eichenholz auf den Bohlenbelag befestigt.

So lange das Floss schwimmt und während es an seine Stelle gebracht und vor Anker gelegt, oder gegen die andern Flöße befestigt wird, sind die Stützen so hoch gehoben, daß sie nur wenig vor die Bodenfläche des Flosses vortreten, wie die Ansicht *A* zeigt. Sie werden in dieser Stellung durch kurze eiserne Hebel *c* gehalten. Letztere greifen mittelst eines vortretenden Zahns in eine Oeffnung einer Schiene, die an die Stütze befestigt ist. Eine gleiche Schiene befindet sich auch am obern Ende jeder Stütze, und zwar ist diese mit verschiedenen Oeffnungen über einander versehen, so daß man sie in beliebiger Tiefe feststellen kann. Zum Herablassen wie auch zum Heben der Stützen bedient man sich einer einfachen Hebelade, welche den Bolzen *d* am obern Ende der Stütze faßt. Diese Lade wird von einer Stelle zur andern verschoben, um damit die sämmtlichen acht Stützen eines Flosses einzustellen.

Die Stützen werden schon herabgelassen, während der Wasserstand noch so hoch ist, daß sie auch, nachdem dieses geschehn ist, den Grund noch nicht berühren, doch stellen sie sich beim weitem Fallen des Wassers bald fest und die Flöße nehmen nunmehr eine schräge Stellung an, bis schliesslich am Ende der Ebbe die Ränder der langen Seiten, wie Fig. 132 *C* zeigt, sich auf den Boden legen. In dieser Lage werden sie vom Spülstrom getroffen und veranlassen denselben, seine Richtung zu verändern und dadurch den Grund anzugreifen.

Die verschiedenen Flöße, die gleichzeitig wirken sollen, werden an ihren schmalen Seiten miteinander verbunden, und stellen alsdann ein längeres Parallelwerk dar, neben welchem der Strom vorbeistreichet. Belidor sagt, man müsse die Wirkungen aufmerksam beobachten, um ein sicheres Urtheil darüber zu gewinnen, an welche Stelle diese Streichwerke am passendsten zu legen sind. Die stärkste Vertiefung pflegt unmittelbar am Fuße der Flöße einzutreten, beim wiederholten Gebrauch derselben werden sie daher weiter zurückgelegt, wodurch sich endlich das Fahrwasser in der erforderlichen Breite ausbildet. Beim Eintritt der Fluth wurden sie aber jedesmal in den Hafen zurückgebracht, weil sie sonst den Schiffsverkehr behindert hätten.

Streichwerke, den so eben beschriebenen sehr ähnlich, wurden auch in neuer Zeit sehr vortheilhaft in Dünkirchen benutzt. Der dortige Hafen-Ingenieur Plocq hat dieselben in mancher Beziehung verändert, so daß sie theils fester verbunden, theils aber auch in der Benutzung bedeutend bequemer geworden sind. Ihre Einrichtung ist in Fig. 133 angedeutet.

Das Floß hat eine gröfsere Breite erhalten, damit es auch an solchen Stellen benutzt werden kann, wo beim kleinsten Wasserstande noch eine gröfsere Tiefe bleibt. Diese Breite maßt anfangs 19, und später 24 Fufs, die Länge ist dagegen auf 32 Fufs beschränkt, da die Beschaffung längerer Hölzer zu kostbar war. Die Flöße sind wesentlich verstärkt worden, und an die Enden der Querbalken sind gusseiserne Spitzen befestigt, welche in den Grund eingreifen und dadurch ein Zurückschieben des Floßes durch den Strom verhindern. Die Bohlen, welche den Belag bilden, sind sämmtlich etwas abgescrägt, damit die vortretenden Kanten ein sicheres Auftreten gestatten, wenn auch das Floß eine starke Neigung angenommen hat. Zur bequemen Handhabung der Winden sind auferdem noch zwei Bohlen schräge gegen das Floß befestigt, die, während der Apparat in Wirksamkeit ist, eine beinahe horizontale Laufbrücke bilden. Die Zeichnung zeigt dieselben unmittelbar unter dem Rade, mit welchem die Stütze gehoben wird.

Die gröfsere Breite des Floßes machte die Anwendung längerer Stützen nothwendig, zu deren Hebung kräftigere Winden erforderlich waren, die wegen ihres gröfsern Gewichts nicht füglich von einer Stütze an die andre verschoben werden konnten. Hiernach ist neben jeder der fünf Stützen eine besondere Winde mit dem zugehörigen Bock angebracht. Die Winde besteht aus einer Trommel, um welche sich ein Seil schlingt, und ist mit einem gezahnten Rade verbunden. Letzteres wird durch ein Getriebe mittelst zweier Kurbeln bewegt. Diese Windevorrichtung ist so eingerichtet, daß dadurch nicht allein die Stütze gehoben, sondern auch herabgedrückt werden kann. Dieses ist aber besonders in sofern von Wichtigkeit, als man dadurch die sämmtlichen Stützen des einzelnen Richtwerks gleichmäfsig zum Tragen bringt, und sonach das ganze Floß bei der Unebenheit des Grundes sicher unterstützt wird. Die Zeichnung weist nach, in welcher Weise

die Stütze herabgedrückt wird. In ihren Kopf ist nämlich eine Scheibe eingelassen, und um diese wird ein starkes Tau geschlungen, dessen eines Ende an die Winde befestigt, das andre dagegen mit einem Haken versehen ist. Wenn letzterer in die eiserne Oese auf dem Balken am Rande des Flosses eingehakt und die Winde angezogen wird, so erfolgt ein starker Druck auf die Stütze, wodurch theils diese in den Boden gestossen und theils das Floß etwas gehoben wird. Will man dagegen die Stütze heben, so schlingt man das Tau um eine Rolle, die an den Streben des Windebocks angebracht ist, und läßt den Haken in einen Bolzen an der Stütze eingreifen. Bei Drehung der Winde in gleicher Richtung wie früher wird alsdann die Stütze gehoben.

Indem theils durch die schweren Winden, theils aber auch durch die längeren Stützen das Floß an der einen Seite übermächtig belastet ist, so daß es nicht mehr horizontal schwimmen würde, wenn es allein durch die Verbandstücke getragen wäre, so ist noch in der ganzen Länge des Flosses, und zwar unter den Winden, ein abgedichteter Luftkasten aus Bohlen angebracht, der mittelst Pumpen entleert werden kann, so oft etwa Wasser in denselben eingedrungen ist.

Was die mittelst dieses Apparats erreichten Erfolge betrifft, so muß zunächst bemerkt werden, daß die zuletzt beschriebenen Flöße vorzugsweise vor der Hafenumündung benutzt werden, während man in dem Hafen-Canal kleinere Streichwerke anwendet, welche, von der Länge abgesehen, in ihrer ganzen Zusammensetzung mit den von Belidor beschriebenen nahe übereinstimmen. Letztere kann man indessen außerhalb der Hafendämme nicht mehr gebrauchen, weil sie theils nicht die erforderliche Höhe haben, theils auch bei unruhiger Witterung nicht schnell genug zu heben sind. Von den größern Richtwerken waren im Jahr 1863 fünf und zwanzig Stück vorhanden, die also, indem sie an ihren Enden verbunden wurden, einen Streichdamm von 66 Ruthen Länge darstellten.

Das bedeutendste in dem benannten Jahr durch sie erreichte Resultat ist die bessere Richtung des Fahrwassers außerhalb des Hafens. Vor der Mündung des Hafens von Dünkirchen liegen nämlich mehrere Sandbänke oder Riffe, die dem Ufer parallel, also nahe von Westen nach Osten sich hinziehen. Die dazwischen

befindlichen tiefern Rinnen schliessen sich aber an der östlichen Seite, so dafs gröfsere Schiffe nur von Westen her zum Hafen gelangen können, in welcher Richtung auch das mit Tonnen bezeichnete Fahrwasser liegt. Die Hafendämme sind nach Nord-West zum Nord gekehrt, indem sie auf der westlichen Seite mit der Nordlinie einen Winkel von 34 Graden bilden. Diese Richtung ist dem äufsern Fahrwasser angemessen. Die starke Küstenströmung, welche den Sand vorzugsweise herbeiführt, kommt aber von Westen, und es legt sich daher an den Kopf des westlichen Hafendamms, der von ihr zuerst getroffen wird, ein Haken an, dem die Schiffe nur ausweichen können, indem sie nahe in nördlicher Richtung aus der Hafenmündung auslaufen. Diese Abweichung von dem Curs, den sie unmittelbar darauf verfolgen müssen, ist höchst störend, und oft geschieht es, dafs der Wind entweder das Auslaufen oder die weitere Fortsetzung der Fahrt nicht gestattet. Noch übler ist dieser Umstand beim Einkommen der Schiffe. Es war demnach von der äufsersten Wichtigkeit, dem Fahrwasser vor dem Hafen eine andre Richtung, und zwar diejenige zu geben, die es weiter seewärts hat. Dieses ist mittelst der beschriebenen Streichwerke im Jahre 1862 erreicht. Dieselben wurden im Mai und Juni neunmal aufgestellt und sie beseitigten dadurch den Haken so vollständig, dafs die Schiffe in der Richtung des Hafens bis zur Rhede oder dem breiten und tiefer westwärts gekehrten Fahrwasser gelangen konnten. Auferdem war dieses neue Fahrwasser auch ungefähr um 1 Fufs tiefer, als das frühere.

Während des nächsten Winters liefsen sich die beweglichen Richtwerke vor dem Hafen nicht benutzen, und eben so wenig auch im folgenden Frühjahr, da vom Anfange November 1862 bis Anfang Juni 1863 bei allen Springfluthen das Meer zu unruhig war, als dafs man sie hätte ohne Gefahr aufstellen können, doch wurden auch während dieser Zeit die freien Spülungen, so oft es geschehn konnte, fortgesetzt. Die 1863 angestellten Messungen ergaben, dafs allerdings die Tiefen im neuen Fahrwasser sich etwa um 1 Fufs wieder vermindert, dafs aber letzteres noch unverändert die ihm künstlich gegebene Richtung behalten hatte. Die Tiefe war noch so grofs geblieben, dafs selbst beim Hochwasser der todten Fluthen Schiffe von 17 Fufs Tiefgang einlaufen konnten.

Auch im Innern des Hafens erwies sich die Benutzung der Streichwerke sehr vortheilhaft. Wo eine Untiefe sich bildete, welche der Schifffahrt nachtheilig oder lästig war, wurde dieselbe leicht und sicher beseitigt, indem man die Flöße als Parallelwerke, zuweilen aber auch buhnenartig aufstellte. Wenn man die dadurch veranlafsten Vertiefungen mit den Kosten der starken Bemannung der Flöße, so wie mit denen der Reparatur und Ausrüstung derselben verglich, so ergab sich, dafs im Innern des Hafens die Beseitigung einer Schachtruthe Sand 4 Silbergroschen 4 Pfennige, vor dem Hafen dagegen 6 Silbergroschen 1 Pfennig kostete. Die einmalige Benutzung der fünf und zwanzig Richtwerke vor dem Hafen verursachte aber mit Einschluss der Unterhaltung und nothwendigen Erneuerungen durchschnittlich einen Kosten-Aufwand von 270 Thaler.

Obwohl durch Benutzung der Richtwerke bei den Spülungen der Zugang zum Hafen von Dünkirchen wesentlich verbessert war, so genügte die dargestellte Fahrtiefe doch nicht, als später gröfsere Schiffe in den Hafen einliefen, und namentlich als hier eine Station der Kriegsmarine eingerichtet wurde. Zwischen dem tiefen Wasser der See und den Köpfen der Hafendämme liegt eine etwa 160 Ruthen breite Sandbank, auf der beim Niedrig-Wasser der Springfluthen die Tiefe nur etwa 3 Fufs mafs. Es war also eine Vertiefung um mehr als 6 Fufs nothwendig, damit Schiffe von 21 bis 22 Fufs Tiefgang bei jedem Hochwasser sicher ein- und auslaufen konnten. Dazu kam noch, dafs diese Fläche bei ihrer ganz freien Lage einem sehr heftigen Seegange ausgesetzt war, und dafs bei westlichen Winden nicht selten in der Zwischenzeit zwischen zwei Springfluthen 7000 bis 9000 Schachtruthen Sand in das Fahrwasser trieben.

Zunächst kam es darauf an, den Spülstrom zu verstärken. Zu diesem Zweck wird gegenwärtig noch ein neues Spül-Bassin ausgehoben, dessen Flächeninhalt eben so grofs ist, wie derjenige der sämtlichen älteren. Die Wassermasse, welche den Spülstrom darstellt, wird sich also verdoppeln, oder während der Dauer der Spülung von drei viertel Stunden sich auf 65 Millionen Cubikfufs stellen. Hierdurch hofft man bis über die Mitte der Bank die beabsichtigte Tiefe dauernd zu erhalten. Der letzte Theil der Rinne soll aber durch einen Kreiselbagger, so oft es nöthig ist,

vertieft werden. Die Gesellschaft Fives-Lille, die schon bei der Aushebung des Suez-Canals theilhaftig war, hat diese Baggerarbeiten übernommen, mit denselben auch bereits den Anfang gemacht.*) Manche Eigenthümlichkeiten dieses Baggers sollen später mitgetheilt werden.

§ 47.

Die Häfen Calais und Boulogne.

Als Beispiel für Anordnung der Spülvorrichtungen ist vorzugsweise der Hafen von Calais geeignet. Aus den bereits mitgetheilten Beschreibungen und Situations-Zeichnungen der Häfen Dieppe (§ 33) und Ramsgate (§ 38) ergibt sich die Wirksamkeit der gewöhnlichen Spülung zwar schon im Allgemeinen, doch sind die Anlagen dieser Art in andern am Canal belegenden Häfen vollständiger und zweckmäßiger eingerichtet.

Die Verbindung zwischen Calais und Dover durch Dampfboote, welche beiderseitig an Eisenbahnen sich anschließen, gab Veranlassung, den Hafen von Calais dadurch wesentlich zu verbessern, daß selbst zur Zeit der niedrigsten Wasserstände die Personen-Boote mit sehr seltenen Ausnahmen stets ein- und ausgehn können. Durch die große Gefälligkeit des dortigen Hafen-Ingenieurs Leblanc, der mir wiederholentlich seine interessanten Ausführungen gezeigt, und auf deren Wirkungen mich aufmerksam gemacht hat, bin ich in den Stand gesetzt, über die hier erreichten Erfolge mich eingehend zu äußern.

Der Fluthwechsel bei Calais, obwohl bedeutend geringer, als bei Dieppe und selbst bei Boulogne (§ 6), ist dennoch sehr erheblich, indem er bei gewöhnlichen Springfluthen 19 Fufs 11 Zoll und bei gewöhnlichen todten Fluthen 11 Fufs 11 Zoll beträgt. Bezeichnet man die Höhe des Niedrig-Wassers bei gewöhnlichen Springfluthen mit Null, so fällt das Niedrig-Wasser der gewöhnlichen todten Fluthen auf 3 Fufs 10 Zoll, das Hochwasser der letztern steigt auf 15 Fufs 9 Zoll, und das Hochwasser der gewöhnlichen Springfluthen, wie bereits angegeben, auf 19 Fufs

*) Notices sur les modèles, cartes et dessins relatives aux travaux des ponts et chaussées. Exposition universelle à Paris 1878, pag. 166.

11 Zoll. Bei ungewöhnlichen Springfluthen steigt das Wasser bis 22 Fufs 7 Zoll und sinkt bis 2 Fufs 3 Zoll unter Null, so dafs der Fluthwechsel alsdann 24 Fufs 10 Zoll misst.

Die Meeresufer und der Strand bestehn hier nur aus Sand, obwohl westwärts etwa in der Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Deutschen Meilen das steile Kreide-Ufer, bei Blancnez, an das Meer tritt. Nach einer kurzen Unterbrechung setzt sich ein solches weiterhin auf eine gröfsere Länge fort, und die nördliche Spitze desselben, das Vorgebirge Grisnez, springt weit in den Canal hinein und übt wesentlichen Einflufs auf die Strömung und die Ablagerung des Sandes von Calais. Minard macht darauf aufmerksam, dafs die früheren Verlängerungen der Hafendämme von Calais nicht, wie sonst zu geschehn pflegt, ein weiteres Vorrücken der Tiefenlinien zur Folge gehabt haben, letztere vielmehr zwei Jahrhunderte hindurch und zwar in derselben Zeit, während diese Verlängerungen erfolgten, unverändert geblieben sind. Durch das Vorgebirge Grisnez und die vor Dünkirchen liegenden Sandbänke wurde die Richtung der Strömungen und der Sandablagerungen bestimmt, und eine Störung dieses Verhältnisses konnte nicht eintreten, so lange die Hafendämme innerhalb des flachen Wassers blieben. Bei den verschiedenen Verlängerungen der Hafendämme, und so auch bei der 1841 ausgeführten, ist jedoch jedesmal der Strand oder die Grenze des niedrigen Wassers, weiter seewärts und zwar stets bis zu den neuen Hafenköpfen vorgedrungen.

Der kleine Ort Pétresse, oder die jetzige Vorstadt St. Pierre, auf der Südseite von Calais, wurde 881 von den Normannen verbrannt und wenige Jahre später kommt der Name Calais bereits vor. Es war ursprünglich wohl ein Fischerdorf, in einer Niederung belegen, in welche die Fluthen nicht nur durch die tiefere Rinne zwischen *L* und *K* (Fig. 134 auf Taf. XXIV), sondern auch zwischen den Dünen des westlichen Strandes eindringen. Die erste Anlage zur Sicherung der hier liegenden Fahrzeuge war der kleine, noch existirende Hafen Paradis, den man wahrscheinlich schon 997 ausgrub und theilweise umschlofs. Bei der bedeutenden Wassermasse, die in jeder Fluth und Ebbe ein- und auslief, und bei der grofsen Nähe der Englischen Küste wurde Calais bald ein wichtiger Punkt, wiewohl die Kunst aufser jenem kleinen Hafen nichts für die Verbesserung und Sicherung des Schiffahrts-

betriebes gethan hatte. 1217 sammelte sich hier die Französische Kriegsflotte, die England erobern sollte.

Erst im 14. Jahrhundert wurden unter Englischer Hoheit einige wichtige Anlagen ausgeführt. Zum Schutz des Hafens wurde das Fort Risban erbaut, und von hier aus ein wasserfreier Deich in westlicher Richtung bis zum höhern Meeresufer geführt, wodurch die unmittelbare Verbindung zwischen dem Meer und der ausgedehnten Wasserfläche, dem jetzigen Spülbassin, geschlossen wurde. Die Rinne zwischen dem letztern und der Hafenmündung neben dem Fort Risban konnte nunmehr als Liegeplatz für Schiffe benutzt werden und man nannte sie Grand Paradis, während jener alte Hafen noch lange Zeit hindurch Petit Paradis hiefs.

Nachdem 1558 Calais wieder unter Französische Herrschaft kam, wurde es fortificatorisch durch bedeutende Werke geschützt, ohne dafs für die Verbesserung des Hafens etwas geschah. Erst unter Vauban wurde hierauf Bedacht genommen. 1673 veranlafste derselbe die Verlängerung der Hafendämme, wie solche auch wohl schon früher von Zeit zu Zeit erfolgt sein mag, und zugleich entstanden damals die Binnen-Canäle, welche theils zur Entwässerung der daneben befindlichen Niederungen und theils zur Schifffahrt dienten, und die in ihrer weitem Ausdehnung sich bis Paris und bis nach der Maas fortsetzten. Dieselben erstreckten sich indessen nicht bis zum Hafen, vielmehr mußten die Güter bei der Schleuse Crucifixe (in den Festungsgräben auf der Südseite der Stadt) über Land bis zum Hafen gefahren werden. Auch soll Vauban vorgeschlagen haben, den Hafen Grand Paradis durch eine Schleuse abzuschließen und in einen Flotthafen zu verwandeln, der aber auch als Spülbassin zur Vertiefung des Vorhafens zu benutzen sei. Letzteres unterblieb jedoch, da nach Verlängerung der Hafendämme im Jahr 1681 zur Zeit der Springfluthen der Wasserstand zwischen den Köpfen noch über 20 Fuß betrug.

Ohne wesentliche Aenderung verblieb der Hafen in diesem Zustande bis zum Anfange des 19. Jahrhunderts. Zur Zeit der Revolution wurden freilich manche Verbesserungen angeregt, doch kamen solche nicht zur Ausführung. Seit 1811 sind aber verschiedene Kais erbaut und namentlich das für den Verkehr am bequemsten belegene Quai d'Orléans, vor der spätern Eisenbahnstation.

1819 wurde die Erlaubniß erteilt, von der Fläche, die bisher dem Eintritt jeder Fluth ausgesetzt war, 168 Morgen einzudeichen. Hierdurch wurde die Ein- und Ausströmung, und mit dieser zugleich die Spülung des Vorhafens so sehr vermindert, daß letzterer wie auch das Fahrwasser davor wesentlich an Tiefe verloren, und nunmehr bedeutende Anlagen zur Sicherung der Schifffahrt sich nicht mehr umgehn ließen. Namentlich wurden solche nothwendig, indem die Beziehungen zu England sich inniger gestalteten und ein starker Verkehr zwischen beiden Staaten sich bildete, wobei vorzugsweise der kürzeste Seeweg zwischen Calais und Dover benutzt wurde. *)

Der Ober-Ingenieur Raffeneau entwarf nunmehr die Pläne zu verschiedenen Verbesserungen des Hafens, die auch bis zum Jahr 1843 zur Ausführung kamen. Dieselben bezogen sich:

- 1) auf die Verlängerung der Hafendämme um etwa 55 Ruthen, nämlich bis zur Grenze des niedrigen Wassers;
- 2) auf die schiffbare Verbindung der binnenländischen Canäle mit dem Hafen durch die sogenannte Citadellen-Schleuse (bei *M* Fig. 134), und vorzugsweise
- 3) auf die Spaltung des mehrfach erwähnten breiten Schlauches durch einen Mitteldamm, wobei der nördlich belegene Theil in ein Spülbassin verwandelt wurde, dessen Abfluß nahe in die Richtung des Hafen-Canals fiel, während der südliche Theil Dock oder Flotthafen wurde, und weiterhin Vorhafen blieb, wie die Zeichnung angiebt.

Es darf nicht befremden, daß die Ausführung dieser Arbeiten, verbunden mit der Darstellung der dabei gewonnenen Kais und mancher sonstigen Anlagen zur Erleichterung des Schiffsverkehrs, einen längern Zeitraum in Anspruch nahm. Der Hafen verbesserte sich dadurch aber so sehr, daß im Jahr 1854 die im Krimkrieg für die Ostsee bestimmte Flotte in Calais vereinigt wurde.

*) In der vierten Ausgabe des *Cours de construction* von Sganzin, die 1840 erschien, enthält die Situationszeichnung des Hafens weder den Flotthafen, noch die Spülvorrichtung. Sie zeigt nur den offenen breiten Schlauch, worin die größern Schiffe liegen mußten, während die kleinern im Paradis-Hafen wenigstens gegen Wellenschlag geschützt waren. Nach dieser Zeichnung erstreckten sich damals die beiderseitigen Hafendämme nur etwa bis *A* und *B* in Fig. 134.

Zunächst mag von den Erfolgen die Rede sein, welche durch die neu eingerichtete Spülung erreicht wurden.

Das Spülbassin hat eine Flächen-Ausdehnung von 226 Morgen. Der Spülschleuse *L*, ecluse de Raffeneau genannt, gab man drei Oeffnungen, von denen die beiden äußern von 12 Fufs 9 Zoll lichter Weite durch je ein gewöhnliches zweiflügeliges Spülthor geschlossen wurden. Die mittlere Oeffnung von 31 Fufs 10 Zoll Weite wurde dagegen als Kammerschleuse behandelt und mit zwei Paar Ebbethoren und einem Paar Fluththoren versehen, damit gelegentlich auch Schiffe in das Spülbassin gelangen könnten. Die äußern Ebbethore bestanden indessen in ihren untern Theilen nur aus Rahmen von 14 Fufs 4 Zoll lichter Weite, und hierin befanden sich wieder Spülthore mit ungleichen Flügeln. Mit Rücksicht auf die Querschnitte der vier Spülthore, die einen großen Theil der freien Oeffnung einnahmen, stellten die drei Schleusen, sobald alle Spülthore aufschlugen, Ausflußöffnungen dar, die zusammen etwa 48 Fufs weit waren.

Die Wirkung der ersten Spülungen ergab sich sogleich als sehr zufriedenstellend. Minard theilt ein Längen-Profil mit, das durch die Mittellinie des Hafen-Canals gelegt ist, woraus sich die Veränderungen der Tiefen ergeben. Bevor die erste Spülung vorgenommen wurde, Ende December 1843, war der ganze Hafen-Canal nahe bis zur Höhe des Niedrigwassers bei gewöhnlichen Springfluthen versandet. An keiner Stelle dieses Profils blieb eine Wassertiefe von mehr als 6 Zoll zurück und an einer Stelle war sie sogar gleich Null. Zwischen den Köpfen der Hafendämme erhob sich die Sandablagerung etwa $1\frac{1}{2}$ Fufs über diesen Wasserstand. Weiter seewärts nahm die Tiefe sehr schnell zu, so daß sie im Abstände von 35 Ruthen von den Köpfen schon 6 Fufs, und im Abstände von 66 Ruthen 12 Fufs betrug.

Im März 1844, also nach den Spülungen, fand sich dagegen in der ganzen Länge des Hafen-Canals bei gleichem Wasserstande die Tiefe von nahe 3 Fufs vor. Dasselbe war auch in seiner Mündung oder zwischen den Hafenköpfen der Fall. Die bei der Spülung herausgetriebene Sandmasse hatte sich indessen auswärts so hoch abgelagert, daß im Abstände von etwa 60 Ruthen vor den Hafenköpfen, wo die Tiefe früher 8 Fufs gewesen war, dieselbe sich gegenwärtig etwa bis auf 8 Zoll vermindert hatte. Bei

fortgesetzter Spülung wurde auch diese Bank bald angegriffen und fortgeschoben, und im October 1844 hatte man sowohl im Hafen-Canal selbst, als auch vor der Mündung desselben, überall wenigstens die Tiefe von 3 Fufs dargestellt.

Die in jener Zeit erbaute Spülschleuse hatte jedoch nicht lange Bestand. Im Jahre 1853 wurde sie durch Unterspülung vollständig zerstört. Man half sich zunächst durch provisorische Anlagen, die zwar eine gänzliche Wiederversandung des Hafen-Canals verhinderten, jedoch den bereits erreichten günstigen Zustand keineswegs erhalten konnten. Die Schleuse mußte an derselben Stelle, wo eine übermäßige Auskolkung erfolgt war, wieder erbaut werden. Ein Bétonbette, das in einzelnen Theilen über 20 Fufs stark war, bildete die Fundirung. Die Anordnung der Schleuse blieb unverändert dieselbe wie früher, woher die angegebenen Dimensionen sich auch auf den neuen Bau beziehen.

Endlich im Sommer 1856 war die Schleuse fertig geworden, und gerade damals stellte sich das Bedürfnis zur Verbesserung des Hafens um so dringender heraus, als nunmehr die Dampfböte nach England sich an die Eisenbahnzüge anschließen sollten. Die Spülvorrichtungen waren indessen inzwischen auch in anderer Weise noch wesentlich verbessert worden, so daß nunmehr bedeutend größere Effecte als früher erreicht werden konnten. Vorzugsweise kam jetzt das Fahrwasser aufserhalb des Hafens in Betracht, da man im Hafen-Canal durch Baggern die nöthige Tiefe darstellen konnte, was jedoch stets entbehrlich war.

Fig. 135 zeigt das Längen-Profil des Fahrwassers vor der Hafendämme, und zwar in der Richtung der Mittellinie gemessen. Die nur aus Punkten bestehende Linie giebt die Tiefen an, die am 16. Juni 1856, also vor der ersten Spülung, vorhanden waren. Um die Ablagerungen und deren Ausdehnungen noch deutlicher darzustellen, sind in Fig. 136 bis 139 Situations-Zeichnungen derselben mit Angabe der Tiefen-Linien beigefügt. Diese vier Aufnahmen, so wie auch das Längen-Profil Fig. 135, beginnen vor den Köpfen der Hafendämme, die auf denselben auch jedesmal angedeutet sind, und dehnen sich so weit zu beiden Seiten der Mittellinie aus, als die Wirkung des Spülstroms sich noch bemerklich machte. Die Tiefen zur Zeit des Niedrigwassers bei gewöhnlichen Springfluthen sind durch verschiedene Schraffirungen

und zwar in Abstufungen von ein halb zu ein halb Meter oder 1,6 Fufs bezeichnet. Fig. 136 weist diese Ablagerungen nach, wie sie vor dem Beginn der Spülungen sich gebildet hatten, sie entspricht also der punktierten Linie in Fig. 135. Es ergibt sich, dafs in geringem Abstände vor der Hafenmündung die Wassertiefe nur etwa 1 Fufs betrug, und die Situations-Zeichnung zeigt, dafs hier in geringem Abstände von der Mittellinie, und zwar auf der östlichen Seite, der Sand sogar trocken lag.

Nunmehr wurden neun Spülungen vorgenommen, bei deren Beginn in der Schleuse die nachstehenden Niveau-Differenzen zwischen den Wasserständen im Spülbassin und im Vorhafen beobachtet wurden:

22. Juni	14	Fufs
23. Juni	14 $\frac{1}{4}$	-
4. Juli	14 $\frac{1}{4}$	-
5. Juli	15 $\frac{1}{4}$	-
20. Juli	15 $\frac{1}{4}$	-
21. Juli	18 $\frac{1}{2}$	-
3. August Morgens	14 $\frac{3}{4}$	-
3. August Abends .	17 $\frac{3}{4}$	-
18. August	15 $\frac{1}{4}$	-

Die hierdurch veranlafste Umgestaltung des Fahrwassers zeigt Fig. 137 in der Situation, und das Längen-Profil weist dieselbe in der zweiten Linie nach, die abwechselnd durch einen Punkt und einen Strich markirt ist. Die hohe Ablagerung vor der Hafenmündung war in grosser Breite und Tiefe durchbrochen, oder vielmehr weiter seewärts geschoben. Etwa 80 Ruthen von den Köpfen der Hafendämme entfernt hatte sich jedoch eine neue Bank gebildet, die noch nicht 2 Fufs unter Wasser lag, auch zeigt das Profil, wie in gröfserer Tiefe die Sandmasse weiter hinaus gerückt ist.

Die nächsten acht Spülungen vom 2. September bis zum 3. October geschahen durchschnittlich bei etwas gröfsern Niveau-Differenzen.

Hierauf hatte sich, wie die Situation Fig. 138 zeigt, das Fahrwasser über die ganze Sandbank fort in sehr gerader Richtung ausgebildet, und nur unmittelbar vor der Hafenmündung befand sich darin eine flachere Stelle, während zwei solche auch weiter-

hin, und zwar auf der östlichen Seite, noch geblieben waren. In dem Längen-Profil Fig. 135 ist die Sohle des Fahrwassers, wie dasselbe sich nunmehr gestaltet hatte, durch die mit kurzen Strichen bezeichnete Linie dargestellt.

Die folgenden siebzehn Spülungen vom 19. October bis 12. Februar 1857, die jedoch während des Novembers und grofsentheils auch während des Decembers durch starke nördliche Winde unterbrochen waren, führten endlich zu so günstigen Resultaten, wie solche hier überhaupt nur zu erreichen waren. Sie erfolgten bei eben so grofsen Niveau-Differenzen.

Fig. 139 zeigt die Verbesserung des Fahrwassers, welche diese Spülungen verursacht hatten. Das Längen-Profil Fig. 135 giebt in der ausgezogenen Linie dieselben zu erkennen. Nach dem letztern war nunmehr überall die Tiefe von $4\frac{1}{2}$ Fufs unter Niedrigwasser bei gewöhnlichen Springfluthen dargestellt. Das Fahrwasser hatte zugleich an Breite zugenommen und namentlich war die auf der Westseite vortretende Untiefe stark angegriffen. Das Längen-Profil giebt ausserdem zu erkennen, dafs in der Zwischenzeit vom 5. October 1856 bis zum 17. Februar 1857 die Sandablagerung sich nicht weiter vorgeschoben hatte, sondern im Gegentheil zurückgetreten, oder der vordere Theil derselben vielmehr von dem Wellenschlage und der Küstenströmung fortgetrieben war.

Dieser günstige Erfolg hatte jedoch nicht vollständig einen dauernden Bestand, denn die fünfzehn darauf folgenden Spülungen konnten nicht die inzwischen eingetretenen neuen Verflachungen ganz beseitigen, vielmehr hatte nach der im Juni 1857 vorgenommenen Messung das Fahrwasser stellenweise wieder um mehr als 1 Fufs an Tiefe verloren.

Während des Winters von 1856 auf 1857 nahmen die Ablagerungen keine gröfsere Höhe und Ausdehnung an, weil sie der vollen Einwirkung der West-Stürme ausgesetzt waren. Letztere veranlassen, insofern dabei zugleich heftige Strömungen von Westen nach Osten eintreten, einen kräftigen Angriff des Fufses der Sandbänke. Die gelösten Massen werden alsdann in östlicher Richtung fortgetrieben. Während der Monate März, April und besonders im Mai sind dagegen die Ostwinde an dieser Küste die vorherrschenden, und bei diesen ist die Küstenströmung nicht gegen

die Sandbänke gerichtet. Letztere dehnen sich also weiter aus, und mit ihnen bilden sich höhere Ablagerungen in solchem Abstände von der Hafenmündung, daß der Spülstrom darauf nicht mehr kräftig einwirken kann. Die Springfluthen der Herbst-Aequinoctien, wobei die größten Fluthwechsel eintreten, sind daher zum Spülen am günstigsten.

Die Spülvorrichtungen beschränken sich hier keineswegs allein auf die beschriebene große Spülschleuse *L*, vielmehr ist eine solche von 16 Fufs lichter Weite auch noch in dem Schiffahrts-Canal, und zwar nahe vor seiner Mündung in den Vorhafen bei *M* erbaut. Dieses ist die sogenannte Citadellen-Schleuse, die mit dem einfügeligen Spülthor geschlossen wird, das schon oben (§ 45 und Fig. 130) beschrieben wurde. Das zu ihr gehörige Spülbassin wird durch den untern Theil des anschließenden Schiffahrts-Canals, nebst den damit in Verbindung stehenden Festungsgräben gebildet, dasselbe kommt aber an Ausdehnung nicht entfernt dem Bassin der ersten Spülschleuse gleich. Damit der Wasser Spiegel in der ganzen Canalhaltung sich nicht zu tief senken, noch auch später das Fluthwasser in dieselbe hineintreten kann, welches die Culturen beeinträchtigen würde, so ist weiter aufwärts, etwa in der Entfernung von einer Viertel-Meile eine andre Schleuse erbaut, die in dem weiter aufwärts belegenen Theil des Canals den Wasserstand zurückhält.

Die zweite Spülschleuse dient vorzugsweise zur Vertiefung des hintern Theils des Vorhafens, außerdem lenkt sie den Spülstrom aus der ersten Schleuse, wenn sie mit dieser gleichzeitig in Thätigkeit gesetzt wird, etwas westwärts, also nach der Mittellinie des Hafen-Canals. Sie hat aber noch einen andern Zweck. Wenn nämlich die Schleuse *L* allein geöffnet würde, so müßte das aus ihr austretende Wasser auch den hintern Theil des Vorhafens füllen, und durch die alsdann sich bildende, rückwärts gekehrte Strömung würde der Effect der Spülung wesentlich geschwächt werden. Wenn man dagegen zuerst die Citadellen-Schleuse, die Hauptschleuse aber nicht früher öffnet, als bis jene vor dieser bereits eine kräftige ausgehende Strömung dargestellt hat, alsdann wendet sich der Strom von dieser sogleich der Hafenmündung zu.

Die Citadellen-Schleuse ist sehr schräge und beinahe recht-

winklig gegen den hintern Theil des Vorhafens gerichtet. Der daselbst austretende Strom trifft daher unmittelbar das gegenüber liegende Ufer. Um ihn einigermaßen von hier abzulenken, ist auf der andern Seite bei *N* noch eine dritte Spül-Vorrichtung angebracht, die aus dem großen Spülbassin gespeist wird und in einem überwölbten Canal besteht, den ein Schütz schließt.

Diese verschiedenen Anlagen erhalten zwar in dem Vorhafen und dem Hafen-Canal so vollständig die Tiefe, daß Baggerungen daselbst entbehrlich sind, nichts desto weniger stellt sich keineswegs eine gleichmäßige Tiefe überall dar, vielmehr treten die Sandablagerungen bei der Ebbe an manchen Stellen zu Tage, während andre so tief unter Wasser bleiben, daß selbst größere Schiffe daselbst liegen können, ohne den Grund zu berühren. Vor dem scharf concaven Ufer zwischen dem Vorhafen und dem Hafen-Canal und selbst vor dem Kai, welches den ersten von dem Paradis-Hafen trennt, können die Dampfböte gewöhnlich anlegen. Dieser Platz war auch vorzugsweise für dieselben bestimmt, insofern er sich in der unmittelbaren Nähe des Bahnhofs befindet. Eine etwas geringere Tiefe, und zwar von 6 Fuss beim kleinsten Wasser, erhält sich dauernd an derjenigen Stelle des östlichen Hafendamms, die mit *HI* bezeichnet ist und von dem Haupt-Spülstrom vorzugsweise getroffen wird. Der Hafendamm ist daher hier für den Verkehr verbreitet und erhöht. Hier legen die Dampfböte an, wenn sie bei niedrigem Wasser einkommen oder ausgehn.

Gegenüber dieser tiefen Rinne hat sich eine hohe Sandbank *F*, le banc du diable, gebildet, die vom Spülstrom nicht angegriffen wird. Weiter aufwärts bis zur großen Spülschleuse ist der Schlauch so tief, daß größere Schiffe während des niedrigen Wassers daselbst vor Anker liegen.

Außer den bisher erwähnten Spülungen sind noch einige andre eingerichtet, die zum Theil nur den Zweck haben, die Anlegestellen der Fahrzeuge vor den Kaimauern vor Verflachung zu sichern. So ergießt sich durch drei überwölbte Canäle *P* das Wasser aus dem Festungsgraben in den Paradis-Hafen. In gleicher Weise wird auch der Flotthafen auf der südlichen Seite bei *Q* aus dem Festungsgraben und auf der nördlichen Seite bei *R*

aus dem großen Bassin gespült. Diese Oeffnungen sind durch Schütze geschlossen.

Es bleibt noch übrig, die sonstigen Anlagen und Einrichtungen in diesem Hafen kurz zu beschreiben*).

Die Annäherung an den Hafen wird dem Schiffer durch die beiden Küstenfeuer erster Ordnung auf Cap Grisnez und in Calais bezeichnet. Ersteres, gegenwärtig elektrisches Licht, brennt 188 Fufs über den höchsten Fluthen, und verschwindet nahe vollständig von 30 zu 30 Secunden. Das Feuer in Calais brennt auf dem bei S in der Situations-Zeichnung angegebenen Thurm 184 $\frac{1}{2}$ Fufs über den höchsten Fluthen. Von 4 zu 4 Minuten blitzt es besonders hell auf, während eine kurze Verdunkelung dem Blick folgt und vorangeht. In der übrigen Zeit zeigt es sich in derjenigen Stärke, welche der gleichmäßigen Verbreitung der Strahlen um den ganzen Horizont entspricht.

Außerdem ist nahe eine Meile ostwärts vom Hafen die am weitesten vortretende Ecke des Strandcs durch ein kleines, auf eisernen Stützen ruhendes Feuer, phare du Walde, bezeichnet. Dieses ist nur III. Ordnung und zeigt von 20 zu 20 Secunden rothe Blicke. Endlich liegt noch ein Feuerschiff mit 2 festen weissen Lichten neben der Bank Out-Ruytingen, Gravelines gegenüber.

Um die Lage der Hafemündung dem ankommenden Schiffer kenntlich zu machen, brannte früher auf dem Fort rouge ein rothes Licht. Nach Verlängerung der Hafendämme war es aber nothwendig, dasselbe weiter hinauszurücken. Zu diesem Zweck sind auf beiden Molenköpfen kleine Thürmchen errichtet, die rothes und weisses Licht zeigen, jedoch nur angezündet werden, so lange das Wasser 8 Fufs über Null oder darüber steht. Daneben befinden sich Signal-Vorrichtungen, wodurch bei Tage der jedesmalige Wasserstand bezeichnet wird. Es geschieht indessen zuweilen, dafs wegen heftigen Wellenschlags die äufsern Theile der Hafendämme nicht betreten und daher die Feuer nicht angezündet werden können. In solchen Fällen wird der kleine

*) Die im Folgenden enthaltenen Notizen, und namentlich die speciellen Maass-Angaben, sind zum Theil entnommen aus dem sehr wichtigen Werke „Ports maritimes de la France.“ Tome I. Paris 1874.

Thurm auf Fort rouge wieder benutzt. Die Thürme auf den Hafenköpfen bestehn aus Eisenblech, und auf dem östlichen befindet sich eine große Glocke, die als Nebel-Signal benutzt wird, und im Brennpunkt einer gußeisernen parabolischen Scheibe hängt.

Die Hafendämme sind streckenweise sehr verschiedenartig construirt. Zum Theil darf man sie kaum Dämme nennen, da sie nur aus durchsichtigem Holzbau bestehn. Dieses ist vorzugsweise bei dem etwa 6 Ruthen langen östlichen Kopf der Fall, unter dem sich nur bis zur Höhe des niedrigsten Wassers eine Faschinen- und Steinpackung befindet. Dasselbe gilt auch von der 108 Ruthen langen, sich hieran anschließenden Strecke (bis zum Punkt *H*), neben der aber seeseitig ein Steindamm liegt, dessen Krone sich 16 Fufs über Null, oder Niedrigwasser bei Springfluthen, erhebt und sich landwärts so weit erstreckt, bis der Strand diese Höhe erreicht. Demnächst folgt der 58 Ruthen lange und gegenwärtig nahe 50 Fufs breite, schon im vorigen Jahrhundert gebaute Theil, aus einer geschlossenen Holzkiste bestehend, die mit Steinen gefüllt ist, und sich über das höchste Wasser erhebt. Darüber befindet sich eine Brücke, die auf beiden Seiten mit Handlehnen eingefasst ist. Diese Brücke ist in neuerer Zeit noch mit einem Geleise versehen, damit die mit dem Dampfboot ankommenden Reisenden unmittelbar auf die Eisenbahn gelangen können. Wegen des wechselnden Wasserstandes mußten aber in verschiednen Höhen drei Brücken angebracht werden, die durch Treppen mit einander verbunden sind. Diese Anlegestelle befindet sich auf der Hafenseite zwischen *H* und *I*. Der kleine Ausbau, den die Zeichnung auf der Seeseite zeigt, dient zur Lootsenwache. Die letzte, 40 Ruthen lange Strecke, ist von derselben Construction, nur hat sie geringere Breite.

In den Jahren 1858 und 1859 hat man diesen Damm unter Beibehaltung seiner Richtung noch landeinwärts verlängert. Er besteht hier aus durchsichtigem Pfahlwerk und trennt das dahinter liegende Bassin von dem Hafen. Dieses Bassin dient theils zur Abstillung des Wellenschlags, wovon bereits § 33 die Rede war, theils können aber auch durch eine weitere Oeffnung Schiffswracke eingebracht, und darin zur Verwerthung des Holzes auseinandergenommen werden. Die Eisenbahn, die vom Bahnhof aus über eine durch dieses Bassin gelegte Brücke auf den öst-

lichen Damm führt, ist in der Figur durch die starke Linie bezeichnet.

Der äußere, 64 Ruthen lange Theil des westlichen Hafendamms ist in gleicher Weise wie der gegenüberliegende in durchsichtigem Holzwerk ausgeführt und gleichfalls auf der Seeseite durch einen niedrigen Steindamm geschützt. An diesen schließt sich auf 62 Ruthen bis zur Grenze des Hochwassers eine mit Steinen gefüllte Kiste an, die in der Krone $7\frac{1}{2}$ Fufs breit ist. Schon früher hatte man diese Kiste bei *E* mehrfach unterbrochen, und durch die so gebildeten Oeffnungen mußten die ohne Ladung ausgehenden Schiffe den Ballast vom Strande entnehmen, um hier eine zu starke Anhäufung des Sandes zu verhindern. Im Jahr 1856 wurde aber ein $16\frac{1}{2}$ Fufs breiter kleiner Canal hindurchgeführt, auf dem in flachen Prahmen bei passendem Wasserstande der Ballast den im Hafen liegenden Schiffen zugefahren wird.

Auf dem Kopf jedes Hafendamms befindet sich eine kräftige *W i n d e*, womit die Schiffe angeholt werden. Die starke Küstenströmung erschwert nämlich das Einlaufen um so mehr, als die Schiffe dieser nicht entzogen werden, wenn sie auch bereits zwischen den Dämmen liegen. Letztere sind nämlich, wie schon erwähnt, noch nicht bis zur halben Fluthhöhe massiv, und das höhere Wasser fließt quer durch den vordern Theil des Hafens in der Richtung der Küstenströmung. Diese Anordnung ist dem Verkehr sehr nachtheilig, und die Schiffe müssen daher beim Ein- und Auslaufen möglichst die kurze Zwischenzeit wahrnehmen, in welcher die östliche Strömung in die westliche umsetzt.

Die Fahrrinne in der Barre vor der Hafenmündung hat bei gehörigem Gebrauch der Spülschleuse gewöhnlich die Tiefe von etwa 5 Fufs unter Niedrigwasser, doch vermindert sich dieselbe bei anhaltenden Ostwinden bis auf 3 Fufs. Ihre Richtung ist gegen die der Hafenstrafse 6 bis 10 Grade nach Osten gekehrt. Der Abstand der beiden Hafendämme von einander mißt 320 Fufs, Vertiefung durch Baggern ist hier entbehrlich, da der Spülstrom das Fahrwasser offen erhält, doch liegt dauernd bei *F* eine Untiefe, die man auch nicht beseitigen mag, um gegenüber, wo die Dampfböte anlegen, eine solche Tiefe zu erhalten, dafs diese bei der Ebbe den Grund nicht berühren.

Der Vorhafen vom Flotthafen bis zu den Hafendämmen ist

190 Ruthen lang, und durchschnittlich 225 Fufs breit, seine Fläche misst $22\frac{1}{2}$ Morgen. Er ist mit Einschluss des Paradies-Hafens mit massiven Kais eingefasst, deren ganze Länge 5900 Fufs beträgt, und zwar sind davon 4550 Fufs zum Anlegen von Schiffen zu benutzen. Vor dem Eingange in den Flotthafen bei *T* befindet sich eine Kielbank, oder eine auf Pfählen ruhende und mit Bohlen abgedeckte Rüstung, die nur wenig über gewöhnlichem Niedrigwasser liegt. Schiffe, die einer geringen Reparatur bedürfen, führt man bei Hochwasser darüber. Während der Ebbe stehn sie alsdann ganz trocken, so dafs sie vollständig besichtigt, gereinigt, auch wohl kleine Ausbesserungen daran vorgenommen werden können.

Der Flotthafen oder das Dock ist 67 Ruthen lang, 20 Ruthen breit und umfasst $7\frac{1}{2}$ Morgen in seiner Fläche. Von den umgebenden Kais dienen 1640 laufende Fufs als Anlegestellen für Schiffe. Dieser Hafen wurde 1869 durch Dampfbugger bis zur Höhe der Schlagschwelle der Eingangsschleuse oder bis 2 Zoll unter Niedrigwasser bei Springfluthen ausgetieft. Die Schleuse ist eine Dockschleuse ohne Kammer und nur in einem Haupt bestehend. In diesem befindet sich aber aufser dem einen Paar Ebbethore, die das Hochwasser zurückhalten, noch ein Paar Strebethore, die vorzugsweise die erstern unterstützen, damit sie bei der grofsen Weite der lichten Oeffnung von 54 Fufs 2 Zoll, im Beginn der Ebbe das Auf- und Zuschlagen verhindern, theils dienen sie aber auch dazu, bei besonders hohen Fluthen die Thore noch geschlossen zu halten, damit die Kais im Dock nicht unter Wasser treten. Sie sollen einen um etwa 3 Fufs höheren äufseren Wasserstand noch sicher abhalten und das Aufgehn der Thore verhindern. Im Folgenden werden diese Strebethore näher beschrieben werden.

Am Ende des Flotthafens, oder an seiner westlichen Seite, wird derselbe von einer geneigten Rampe begrenzt, die für die Reparatur der Schiffe bestimmt ist. Von einem Privatmann ist daneben auch eine Kielbank erbaut, die jedoch höchst unbequem und für gröfsere Schiffe nicht nutzbar ist, weil sie zu steil ansteigt. Ueberhaupt wird es als ein sehr fühlbarer Mangel empfunden, dafs in dem Hafen von Calais für Reparatur gröfserer Schiffe nicht genügend gesorgt ist.

Was endlich die Entwässerung der anschließenden Niederungen betrifft, so erfolgen diese durch Siele sowol in den Vorhafen durch die Citadellen-Schleuse (bei *M*), wie auch in das Spülbassin. So oft jedoch gespült werden soll, muß die Entwässerung unterbrochen werden.

Es mögen nunmehr noch einige Mittheilungen über den etwa 4 Meilen westlich von Calais belegenen Hafen Boulogne gemacht werden, der gleichfalls durch Dampfboote, die sich an Eisenbahnzüge anschließen, mit der englischen Küste, nämlich mit dem Hafen Folkestone verbunden ist. Diese Verbindung ist sogar die nächste zwischen Paris und London, und wenn der Canal hier auch breiter, also der Wasserweg länger als zwischen Calais und Dover ist, so pflegt die See hier doch meist ruhiger zu sein, woher viele Reisenden diese Tour vorziehn.

Der Fluthwechsel bei gewöhnlichen Springfluthen beträgt in Boulogne 25 Fufs, bei todten Fluthen dagegen nur 15 Fufs. Die Mündung des Hafens ist nach Nord-West gerichtet, während südwestliche Winde hier die häufigsten und heftigsten sind.

Boulogne wurde vom Römischen Feldherrn Quintus Pedius 50 Jahre vor dem Beginn unserer Zeitrechnung gegründet, und hiefs Bononia. Der daselbst ausmündende Fluß, die Liane, muß schon in damaliger Zeit einen brauchbaren Hafen gebildet haben, denn unter dem Kaiser Caligula wurde hier ein Leuchthurm erbaut, der sich sehr lange erhielt und erst im Jahre 1644 beim Zurückweichen des Strandes von der See zerstört wurde. Ueber sonstige Anlagen zur Einrichtung und Sicherung des Hafens ist bis zum vorigen Jahrhundert nichts bekannt. Ums Jahr 1740 wurden auf den davor liegenden Kreideklippen zu beiden Seiten der Flußmündung kurze Hafendämme erbaut.

Als Napoleon I. im Jahr 1800 eine Landung in England beabsichtigte, bestimmte er Boulogne zum Ausgangspunkt der Flotte. Die beiderseitigen Ufer der Liane wurden damals in großer Ausdehnung mit hölzerner Bohlwerken eingefast und auf der westlichen Seite des Flusses fing man an, ein großes halbkreisförmiges Bassin auszugraben, dessen diametrale Seite 162 Ruthen lang und nur durch ein Kai vom Fluß getrennt war. Dasselbe sollte vorzugsweise die Kriegsflotte aufnehmen, während man einen Theil derselben in einen zweiten Flotthafen im Bette

der Liane verlegen wollte, nachdem dieses durch einen Damm, worin eine Dockschleuse zu erbauen, abgeschlossen wäre. Dieses zweite Bassin sollte aber zugleich zum Spülen des Vorhafens benutzt werden. Die Situations-Zeichnung Fig. 145 *B* auf Taf. XXX zeigt bei *O* die Lage dieser ältern, im Jahr 1804 erbauten Spül- und Dock-Schleuse, deren Pfeiler gegenwärtig eine Brücke tragen. In dieser Zeichnung sind die Grenzen des Wasserstandes in der Art angegeben, wie dieselben bei den höchsten Fluthen sich darstellen. Bei den niedrigsten Ebben bleiben dagegen im Vorhafen und im Spülbassin nur diejenigen tiefen Stellen mit Wasser gefüllt, welche in der Zeichnung mit Schraffirung umgeben sind.

Der erste Flotthafen oder jenes große Seitenbassin wurde indessen damals keineswegs vollständig dargestellt, es blieb vielmehr lange Zeit hindurch nur eine mit dem Vorhafen in freier Verbindung stehende Wasserfläche, die bei jeder Ebbe trocken lief, und worin man nur Fischerböte und andre kleine Fahrzeuge liegen sah. Endlich im Jahr 1829 wurde die Regierung wieder auf diesen Hafen aufmerksam, und seitdem ist er nach und nach wesentlich verbessert.

In der Mündung des Hafens treten zwei Dämme in die See. Der südwestliche, der im Ganzen 186 Ruthen lang ist, von dem jedoch 53 Ruthen gegenwärtig Uferumfassung bilden, besteht aus Holzkisten, die bis zum höchsten Wasserstande mit Steinen gefüllt und überbrückt sind. Der nordöstliche ist auf 57 Ruthen Länge, nämlich bei *I*, in gleicher Weise construirt, er setzt sich aber auf 81 Ruthen bis *L* als niedriger Steindamm mit durchsichtiger Holzüberbrückung fort. 1835 hat man, um den Spülstrom besser zusammenzuhalten, den niedrigen Steindamm noch bis *G* um 120 Ruthen verlängert. Obwohl das äußere Ende desselben durch eine weit sichtbare Buoye bezeichnet ist, so wird dennoch dieser Damm, der bei Hochwasser hoch überfluthet und von dem heftigen Küstenstrom zugleich überströmt wird, vielfach als gefährlich angesehen. Im Uebrigen ist die Einfahrt in den Hafen sehr günstig, da der erste Damm die Schiffe, sobald sie den Kopf desselben erreicht haben, dem Küstenstrom entzieht. Aus diesem Grunde wird der Hafen vielfach als Nothhafen benutzt.

Zur Bezeichnung seiner Einfahrt brennt auf dem nordöst-

lichen Damm bei *L* ein rothes Licht, auf dem südwestlichen dagegen bei *B* sind zwei Feuer unter einander angebracht. Das obere derselben wird bei halber Fluth angezündet und bei halber Ebbe ausgelöscht, während zur Zeit des Hochwassers zugleich das untere Licht brennt.

Die Hafenstrasse zwischen den Dämmen ist 220 Fufs weit, und die Sohle der durch Spülung eröffneten Rinne liegt 3 Fufs unter dem bekannten niedrigsten Wasser. Vor der Mündung im Uebergange über die Barre ist die Tiefe jedoch etwa 6 Fufs geringer, und diese Untiefe ist auch durch den Spülstrom nicht zu beseitigen. Als nach Eröffnung der Eisenbahn von Paris nach Boulogne der Dienst der Dampfschiffe in der Art eingerichtet werden sollte, das diese unabhängig von der Fluth, an bestimmter Tagesstunde sich an die Züge anschliessen sollten, entstand die Frage, wie die erwähnte Untiefe zu beseitigen sei, und es wurde zunächst vorgeschlagen, die Hafendämme wieder zu verlängern. Der Ober-Ingenieur Béguin wies indessen aus den Archiven der Stadt nach, das ohnerachtet aller nach und nach vorgenommenen Verlängerungen seit dem Jahr 1695 diese Untiefe, wenn auch weiter hinausgeschoben, doch niemals beseitigt oder vermindert sei, das aber, abgesehen von den zwecklos verwendeten Kosten, durch die übermäfsige Verlängerung der Dämme der Hafen nur gelitten habe. Einen gleichen Erfolg müsse man bei Ausführung dieses Projects wieder erwarten. Hiernach gab man diese Idee auf, versuchte aber noch durch Aufräumung des Fahrwassers zwischen den Dämmen die Wirkung des Spülstroms auf die Barre zu verstärken. Namentlich wurde, als ich 1863 dort war, eine vor der Dünen-Batterie belegne sehr feste Mergelbank ausgebrochen. Der bekannte Bau-Unternehmer A. Castor, dem diese Arbeit übertragen war, benutzte dazu einen besonders stark construirten eisernen Dampfbagger. Gewöhnlich brachten die Eimer kein Material herauf, doch zuweilen auch kleinere Stücke und nicht selten grofse Blöcke, die nicht in den Eimern, sondern auf diesen und der Kette lagen. Beim Lösen derselben von der zusammenhängenden Masse tauchte der Bagger wohl 1 Fufs tiefer ein, und sprang alsdann plötzlich in die Höhe. Auch das Herabstürzen der Klumpen aus der grofsen Höhe setzte die Prahme in augenscheinliche Gefahr. Nichts desto weniger war

die Arbeit dennoch bedeutend wohlfeiler, als wenn man die Baugrube mit Fangedämmen umschlossen und während der kurzen Zeit des niedrigen Wassers den Mergel gesprengt hätte.

In der Erwartung, dafs es gelingen würde, ein hinreichend tiefes Fahrwasser darzustellen, wurden damals auch in verschiedenen Höhen drei Landebrücken vor dem nordöstlichen Damm bei *H* ausgeführt, doch ging diese Erwartung nicht in Erfüllung, und häufig mufs das Dampfboot vor dem Hafen und aufserhalb der Barre bleiben, indem die Reisenden mit ihrem Gepäck wie auch die Post in Böten zugeführt oder abgeholt werden.

Vor der südwestlichen Mole befindet sich ein etwa 8 Morgen haltendes Seitenbassin *K*, mit einer durchsichtigen Holzwand geschlossen, das zur Mäfsigung der Wellenbewegung dient (§ 33). Dasselbe ist mit der zur Ausbesserung und zum Neubau bestimmten Schiffsbaustelle verbunden. Unmittelbar neben der letzten befindet sich der Eingang zu dem grofsen Flotthafen oder Dock, der an derselben Stelle liegt, wo im Anfange dieses Jahrhunderts die Anlage des halbkreisförmigen Bassins begonnen wurde. Derselbe hat indessen eine andre durch gerade Linien begrenzte Form erhalten. Er ist 93 Ruthen lang und durchschnittlich halb so breit. Seine Fläche mifst 27 Morgen. Massive Kais umgeben ihn. In den Ecken befinden sich Treppen, auch ist eine Rampe *M* darin angebracht zum Aufziehn des Holzes, da die Einfuhr von Balken und Bohlen aus der Ostsee für Boulogne einen wichtigen Handels-Artikel bildet. Die *Kammerschleuse*, die diesen Hafen mit dem Vorhafen verbindet, ist 67 Fufs weit und 320 Fufs lang. Es können sonach die gröfsten Schiffe durch dieselbe hindurchgehn, und zwar, wenn im Vorhafen bereits das Wasser etwas gesunken ist, oder noch nicht den Wasserstand im Dock erreicht hat. Beide Thorpaare schlagen nach innen auf, um das Hochwasser im Dock zurückzuhalten; damit aber ungewöhnlich hohe Fluthen nicht eintreten, so befindet sich vor jedem Flügel ein *Strebethor*. Ursprünglich sollte zu demselben Zweck im Eingange der Schleuse noch ein Paar Fluth-Thore angebracht worden, doch sind diese noch nicht zur Ausführung gekommen.

Der Vorhafen ist von den Wurzeln der Hafendämme bis zu den Flügeln der gegenwärtigen Spülschleuse bei *N* 240 Ruthen

lang und 25 bis 50 Ruthen breit. Er ist rings mit Kaimauern umgeben und an der westlichen Seite, unmittelbar vor dem mit Mauern eingefassten Damm, worin die Spülschleuse liegt, ist in gleicher Weise wie in Calais in der Höhe des gewöhnlichen Niedrigwassers eine nahe 200 Fufs lange Kielbank *P* erbaut, worauf die Schiffe zur Zeit des höchsten Wassers gebracht werden, wenn sie untersucht oder leichte Ausbesserungen daran vorgenommen werden sollen.

An den Vorhafen schließt sich endlich noch das Spülbassin an, das 260 Morgen umfaßt. Der vordere Theil des Bassins, nämlich zwischen der jetzigen und der alten Spülschleuse, der 60 Ruthen lang und 25 Ruthen breit ist, wird, wenn nicht gespült wird, gleichfalls als Flotthafen benutzt. Das Spülbassin ist bis gegen sein oberes Ende mit Kaimauern eingefast und auf einer 80 Ruthen langen Brücke ist die Eisenbahn nach Calais darüber geführt.

Die Spülschleuse *N*, nur aus einem Haupt bestehend, hat zwei Oeffnungen von 19 Fufs Weite, die durch gewöhnliche Spülthore geschlossen werden. Zwischen diesen befindet sich aber die Dockschleuse von 38 Fufs Weite. Ein Paar Stemthore schließt dieselbe, in jedem Flügel der letztern sind aber fünf Schütze angebracht, die beim Spülen gleichfalls geöffnet werden.

§ 48.

Der Hafen von Dover.

In den beiden Häfen an der Englischen Küste, welche mit Calais und Boulogne durch Dampfschiffe verbunden sind, nämlich in Dover und Folkestone, stellte sich in gleicher Weise das Bedürfnis heraus, unabhängig von Fluth und Ebbe an bestimmten Tagesstunden die Passagiere und Güter von den Schiffen auf die Eisenbahn und umgekehrt übergehn zu lassen. Es mußten also hinreichend tiefe und zugleich geschützte Anlegestellen für die Dampfboote dargestellt werden. Diese Aufgabe ist indessen hier in ganz andrer Weise gelöst worden, als in den beiden Französischen Häfen. Während man dort, wie vorstehend mitgetheilt,

die vorhandenen Häfen durch Spülung zu vertiefen sich bemühte, und auf diese Weise auch nahe das Ziel wirklich erreicht hat, so hat man hier durch einzelne in das Meer hinausgeführte Dämme oder Piers Anlegestellen für die Schiffe gebildet, und indem man zugleich dafür sorgte, daß diese Bauwerke an beiden Seiten zugänglich waren, so können dieselben auch den nöthigen Schutz gegen den Wellenschlag gewähren, wenn der Wind von Osten oder von Westen kommt.

Bei Vergleichung mehrerer der beiderseitigen Häfen fällt es auf, daß die Französischen mehr im Innern des Landes liegen, indem man dieselben in natürlichen Buchten einrichtete, während die Englischen durch Erbauung weit vortretender Hafendämme im Meere selbst dargestellt wurden. Es zeigt sich hier derselbe Unterschied, wie im Alterthum zwischen den Römischen und Griechischen Häfen *). Letztere befinden sich in natürlichen geschützten Buchten, die Römischen dagegen zwischen Hafendämmen in der See. Ohne Zweifel haben die örtlichen Verhältnisse vorzugsweise diese Verschiedenheit veranlaßt, und in Frankreich giebt die erwähnte Eigenthümlichkeit keineswegs sich allgemein zu erkennen, vielmehr sind auch hier, wie beispielsweise bei Cherbourg und Marseille, durch die großartigsten Dammschüttungen geschützte Bassins in der See selbst dargestellt. Die Anlagen von ausgedehnten Spülbassins, die bei den am Canal gelegenen Häfen nothwendig ist, war an der Englischen Küste unmöglich, indem die unmittelbar am Meere sich hinziehenden hohen und steilen Kreideufer nirgend durch weit geöffnete und tiefe Thäler durchbrochen sind. Es wurden freilich auch hier kleinere Spülungen eingerichtet und zum Theil in eigenthümlicher Art angeordnet, woher von denselben gleichfalls die Rede sein muß. In neuerer Zeit hat man dagegen den Verflachungen in andrer Art, nämlich durch jene einzelnen Dämme, zu begegnen sich bemüht. Ob dadurch wirklich Anlegeplätze geschaffen sind, neben welchem die Tiefe, deren die Schifffahrt bedarf, sich dauernd erhalten wird, ist gewiß eine wichtige Frage. Die bisherigen Erfahrungen geben bereits einige Andeutungen über die zu erwartenden Er-

*) Curtius, in einer Dissertation: *Commentatio de portibus Athenarum*. Halle 1841, pag. 29.

folge, und wenn diese auch noch keineswegs hinreichend ausgedehnt sind, um ein sicheres Urtheil über den Vorzug des einen oder des andern Systems zu begründen, so dürfen sie doch nicht unerwähnt bleiben, wenn von der Erhaltung der Tiefe vor den Häfen die Rede ist.

Die Ansichten der beiderseitigen Ingenieure über den Werth der von ihnen befolgten Methoden sind sehr verschieden. Durch die Französische Methode ist die erforderliche Tiefe des Fahrwassers, wenn auch nicht vollständig, doch nahe und zwar vergleichungsweise mit dem Anlagen vor den Englischen Häfen auch mit geringeren Kosten dargestellt. Die Piers an der Englischen Küste werden an ihrer westlichen Seite unbedingt nach und nach verlanden. Man erwartet auch nur, daß dieses bei Dover erst in später Zukunft geschehn werde. Als die vom Parlament zur Untersuchung der verschiedenen Constructions-Arten der Hafendämme im Jahr 1860 niedergesetzte Commission den Ingenieur James Walker hierüber befragte, so erklärte derselbe, daß die Spülung bei Dover viel wirksamer, als die bei Calais gewesen sei, aber dennoch nicht genügt habe. Diese Aeußerung läßt vermuthen, daß Walker die Wirkungen bei Calais in letzter Zeit nicht kannte. Der Augenschein zeigte die wesentliche Verschiedenheit der Rinnen, die vor beiden Häfen bei Niedrigwasser noch übrig bleiben.

Bevor die bei Dover ausgeführten grofsartigen Bauten beschrieben werden, mag noch des kleinern benachbarten Hafens Erwähnung geschehn, der in Betreff der Verbindung mit dem Festlande in neuster Zeit sehr wichtig geworden ist. Folkestone war früher nur ein Fischerdorf. Erst seit dem Bau der Eisenbahn von London nach Dover, und namentlich seit der Eröffnung der Dampfschiffahrt nach Boulogne, hat es seine gegenwärtige Bedeutung erhalten.

Bei Folkestone bestand ein kleiner Hafen, der in seiner gröfsten Ausdehnung von Osten nach Westen etwa 80 Ruthen lang und ungefähr halb so breit war. Durch Steindämme, welche ihn auf der östlichen und südlichen Seite begrenzten, war er von dem Meer getrennt. Seine Mündung befindet sich auf der südöstlichen Seite, indem die erwähnten Dämme zwischen sich eine Oeffnung lassen. Im Westen wie im Osten liegen vor dem Hafen

ausgedehnte Klippen, die zur Zeit des Niedrigwassers trocken sind. Der Hafen hatte eine sehr gesicherte Lage, auch konnten die Schiffe meist sehr bequem ein- und auslaufen, aber überaus erschwert wurde die Schifffahrt durch den vorbeitreibenden Kies, der nicht nur die Mündung sperrte, sondern auch in den Hafen trat, und hier große Ablagerungen bildete, die zum Theil selbst vom Hochwasser nicht überdeckt wurden. Um dieselben einigermaßen an ihrer weitem Ausdehnung zu verhindern, und wenn auch nur ein schmales Fahrwasser offen zu erhalten, hatte man in dem kleinen Flüschen, Pent genannt, welches von dem hohen Ufer sich in den Hafen ergießt, vor dem Eintritt in den letztern ein Stauwerk erbaut, und indem man dieses am Ende der Ebbe öffnete, so stellte man eine schwache Spülung dar, deren Wirkung man durch Aufkratzen und selbst durch Abgraben des Kiesel zu verstärken suchte.

Der Fluthwechsel beträgt hier bei Springfluthen 15 Fufs, bei todten Fluthen 9 Fufs, wenn man daher die Mündung und die Anlege-Plätze der Schiffe so weit aufräumt, daß sie beim gewöhnlichen Niedrigwasser nicht ganz trocken werden, so kann man beim Hochwasser Schiffe von 10 Fufs Tiefgang einbringen. Bei der Ebbe stellen sich dieselben aber auf den Grund, und stehn beinahe ganz trocken. Man muß also dafür sorgen, daß der Kies an diesen Stellen möglichst horizontal abgegraben wird. Bei Niedrigwasser liegt der ganze Hafen trocken. Ein Flotthafen existirte hier nicht, dagegen war ein Patent-Slip zum Aufbringen und Ausbessern der Schiffe in der nordöstlichen Ecke erbaut.

Im Jahr 1838 wurde die Concession zur Verbesserung des Hafens nachgesucht. Man beabsichtigte, den westlichen Theil des Hafens in einer Breite von etwa 20 Ruthen durch einen von Norden nach Süden gerichteten Damm abzuschließen, und dieser Theil sollte sowol Flotthafen, als auch Spülbassin sein. Diese Anlage wurde darauf ausgeführt, und auf dem Damm beginnt die Eisenbahn, die sich auf der viel höher belegenen Station an die Bahn von London nach Dover anschließt.

Unmittelbar neben der südlichen Hafenmauer befindet sich die Dockschleuse, und außerdem sind behufs der Spülung einige Oeffnungen in dem Damm angebracht, welche durch Schütze geschlossen werden. Der Vorhafen und die Hafenumündung scheinen

indessen durch diesen Bau nicht wesentlich verbessert zu sein, und augenscheinlich entsprach der Hafen in diesem Zustande nicht den Bedürfnissen einer regelmässigen Dampfschiffahrt. Schon früher hatte man neben der Hafeneinfahrt in südwestlicher Richtung einen massiven Pier hinausgebaut, den man das Horn nannte. Der Zweck desselben war ursprünglich wohl nur, den Kies vom Hafen abzuhalten, doch hatte er sehr schnell den Kies so vollständig und so massenhaft aufgefangen, daß der Strand sich auf der westlichen Seite bis an den Kopf des Horns hinzog, und nunmehr vor diesem der Kies wieder in den Hafen trieb. Eine Reihe von Jahren hindurch hatte man das Horn jährlich etwa um 1 Ruthe verlängert, und jedesmal folgte der Strand dem neuen Bau und die Verhältnisse blieben dieselben, die sie früher gewesen waren.

Man überzeugte sich daher, daß auf diesem Wege keine hinreichend tiefe Anlegestelle für Dampfschiffe zu beschaffen sei. Die Eisenbahn-Gesellschaft schritt daher zu einer andern eigenthümlichen Anlage, und erbaute im Jahr 1860 vom Kopf dieses Piers aus in südöstlicher Richtung aus alten Eisenbahn-Schienen, die zu zwei Gittern verbunden wurden, einen durchsichtigen Damm von 37 Ruthen Länge. Derselbe ist an seinem Kopf noch mit einem kurzen ostwärts gerichteten Flügel versehen, und tritt so weit vor, daß er die Tiefe von 12 Fuß bei Niedrigwasser erreicht. Auf diesen Damm legte man nunmehr die Eisenbahn, und brachte darunter noch eine zweite Landebrücke an, damit die Reisenden, wenn sie bei Niedrigwasser ankamen, daselbst aussteigen und auf einer Treppe zu den Eisenbahn-Wagen gelangen konnten.

Man war von der Ansicht ausgegangen, daß durch diesen offenen Damm der Kies hindurchtreiben, also nicht die Anlegestelle verflachen würde. Der Damm liefs indessen nicht nur den Kies, sondern auch die Wellen hindurchgehen, und sonach waren die Dampfböte, wenn sie auch auf der Seite anlegten, die vom Winde abgekehrt war, einer sehr heftigen und gefährlichen Bewegung ausgesetzt. Man hatte gehofft, daß die auf der westlichen Seite belegenen weit ausgedehnten hohen Klippen diese Bewegung wenigstens bei niedrigeren Wasserständen hinreichend mässigen würden, während beim höchsten Wasser die Schiffe in

der Nähe der Hafenmündung anlegen könnten. Diese Erwartung bestätigte sich indessen nicht, und man hat später den Damm bis zum niedrigsten Hochwasser mit großen Steinen ausgefüllt. Augenscheinlich ist hierdurch die Absicht, den Kies durchtreiben zu lassen, vereitelt, und die Gefahr der Verflachung der Anlegestellen ist keineswegs gehoben.

Der Hafen war ursprünglich dadurch gebildet, daß man auf seiner südlichen Seite einen Steindamm über den noch unter Wasser liegenden Kies führte. Gegenwärtig lehnt sich auf der Seeseite an denselben ein breites und hohes Plateau, und dieses ist entstanden, indem der von Westen her angetriebene Kies vor dem Horn sich ablagerte. Man hat die Ablagerung aber noch dadurch befördert, daß man eine Reihe von buhnenartigen Einbauten davor ausführte, die, wie es scheint, immer verlängert werden, sobald der Kies sie überdeckt und vor ihren Köpfen die Tiefe vermindert. Ohne Zweifel haben diese Einbaue auch den Zweck, die kleine Eisenbahn-Station zu sichern, welche sich auf dieser Ablagerung befindet, aber jedenfalls befördern sie wesentlich das weitere Hinausrücken des Strandes, und sind sonach dem Hafen und dem Damm, woran die Dampfschiffe anlegen, nachtheilig. Letzteres würde in geringerem Maße der Fall sein, wenn man sie weiter westwärts gelegt, also den Kies schon in größerer Entfernung von dem Hafen aufgefangen, und hier die Bucht erhalten hätte.

Die Eisenbahn-Station in Folkestone liegt, wie erwähnt, nicht unmittelbar an der Süd-Ost-Bahn, die von London nach Dover führt, vielmehr ist sie über eine Viertel Deutsche Meile davon entfernt, doch ist sie durch eine Zweigbahn mit derselben verbunden. Letztere überschreitet auf einer Drehbrücke die Dockschleuse, verfolgt alsdann den oben erwähnten Damm, und erhebt sich mit starker Steigung, zum Theil auf hohen Bogenstellungen zum Niveau der Hauptbahn.

Eine viel größere Bedeutung, als Folkestone, hat der Hafen von Dover. Derselbe befindet sich an derjenigen Stelle des Canals, wo dieser die geringste Breite hat. Die Englische Küste nähert sich hier der Französischen bis auf $4\frac{3}{4}$ Deutsche Meilen. Gewiß gab dieser Umstand dem Hafen sowol in Bezug auf die Verkehrsverhältnisse, als auch noch mehr in militärischer Be-

ziehung, besonders in früherer Zeit, eine große Wichtigkeit. Hierzu kam aber noch, daß die Natur bereits eine Bucht im Ufer gebildet hatte, in welche die Schiffe zwar nur bei Hochwasser einlaufen konnten, worin sie aber gegen westliche Winde geschützt lagen.

Die Ufer bilden hier den Abhang des hohen Plateaus, welches aus Kreide mit eingeschlossenen Lagen von Feuersteinen besteht. Wie sehr dieses in seiner ganzen Höhe durch Regen und Frost, und an seinem Fuß durch den Wellenschlag angegriffen wird, davon ist schon früher die Rede gewesen (§ 13), und zugleich erklärt worden, in welcher Weise die herabstürzende Kreide sich zertheilt und endlich im Wasser schwebend fortgeführt wird, während die Feuersteine am Fuß des Ufers zurückbleiben und, durch Küstenstrom und Wellen in Bewegung gesetzt, vorzugsweise in der Richtung von Westen nach Osten getrieben werden.

Ein kleines Flüschen, der Dour, ergießt sich in die Bucht auf der östlichen Seite von Dover. Diese Bucht und der später darin eingerichtete Hafen wird aber nicht nur durch den eintretenden Kies verflacht, sondern es findet darin auch ein starker Niederschlag von Schlamm statt, der in jedem Jahr eine Schicht von 6 bis 9 Zoll Höhe bilden soll. Gewöhnlich enthält das eintretende Wasser in einem Rheinländischen Cubikfuß nur 2,9 Gramme erdiger Theilchen, wenn dagegen zur Zeit der höchsten Fluthen starker Seegang stattfindet, so steigert sich dieser Gehalt bis auf $27\frac{1}{2}$ Gramme, und dieses rührt ohne Zweifel davon her, daß alsdann die vor dem Ufer liegende Kreide am stärksten angegriffen und so fein zertheilt wird, daß sie in dem Wasser schwebt.

So lange diese Bucht sich selbst überlassen und ganz ungeschützt war, scheint der Zugang zu ihr eine größere Tiefe gehabt zu haben, als später. Bei südlichen und östlichen Winden traten die Wellen unbehindert hinein, und bei der Ebbe mochte eine starke Strömung durch sie gegangen sein, die neben dem höhern Ufer an der westlichen Seite eine tiefere Rinne offen erhielt. Rennie*) sagt, daß um das Jahr 1500 John Clark, der Geistliche an dem dortigen Hospital, Maison Dieu, einen Thurm an

*) Theory, formation and construction of harbours. p. 112 ff.

der Stelle errichtet habe, wo später das Fort Archcliff angelegt wurde, und in seine Mauern seien Ringe eingelassen worden, um die davor liegenden Schiffe zu befestigen. Der westliche Theil der Stadt, soweit er im Thal liegt, war daher in jener Zeit Liegeplatz für die Schiffe, die hier gegen westliche Stürme geschützt waren, und vielleicht auch hier das tiefste Wasser fanden. Wegen der großen Sicherheit wurde diese Stelle das kleine Paradies genannt, und der Name hat sich eben so, wie in Calais, bis auf die neuere Zeit erhalten, indem der kleine, nordwestlich von der jetzigen Hafenmündung belegene Flotthafen, wenn er seitdem auch weit zurückgezogen ist, noch diese Benennung führt.

Bald darauf ging man zu ausgedehnten Bauten über, um einen gesicherten Hafen darzustellen. John Thompson, der Vorsteher des Kirchspiels, legte 1533 Heinrich VIII den Plan zur Abschließung des Hafens durch zwei Dämme an der Südseite vor, wodurch den Schiffen auch bei östlichen und südlichen Winden der nöthige Schutz gegen Seegang geboten werden sollte. Der König ging darauf ein, und mit einem Aufwande von 50 bis 80 Tausend Pfund wurden die beiden Dämme ausgeführt, von denen der westliche ungefähr in der Richtung des jetzigen Eisenbahnhofs vom hohen Ufer sich zur gegenwärtigen Hafenmündung hinziehn mochte. Diesem gegenüber setzte sich ein anderer Damm ungefähr in gleicher Richtung weiter ostwärts fort, der, wenn er auch nicht die ganze Bucht umschloß, doch wahrscheinlich höhere Kies-Ablagerungen erreichte, die sich hier gebildet hatten. Diese Dämme waren 26 Fufs breit und bestanden aus zwei Reihen Pfählen, die mit Pfahlschuhen versehen und oben mittelst Gurtungen und hölzernen und eisernen Zangen verbunden waren. Der freie Zwischenraum wurde mit großen Kreideblöcken, die vorzugsweise bei Folkestone gebrochen waren, ausgefüllt. In dem British Museum befindet sich eine alte Zeichnung, welche diese Bauten, wie auch die Küste bei Dover darstellt. Rennie hat dieselbe im Allgemeinen in seinem Werke: *Theory etc. of Harbours* wiedergegeben, eine vollständige Copie derselben befindet sich aber in dem *Journal Engineering**).

In solcher Art gab man schon damals dem Hafen die Be-

*) *Engineering* 1873. II. pag. 185.

grenzung gegen die See, die er auch später behalten hat. Dem Eintritt der Wellen war dadurch freilich, so lange der Damm bestand, vorgebeugt, aber eine unmittelbare Folge davon war auch, daß die bisherige Bewegung und Strömung des Wassers aufhörte, und nunmehr sowol die Mündung als auch der Hafen in der nachtheiligsten Weise sich mit Kies anfüllte. Zur Verbesserung des Hafens wurden sogleich Vorschläge gemacht, und nach den Mittheilungen des Ingenieur Redman *) begann im Jahr 1533 ein großartiger Bau, der vor dem Hafen eine ausgedehnte Rhede umschloß. Erst 1583 unter der Königin Elisabeth war dieser Bau beendigt. Der Zugang zur Rhede befand sich auf der östlichen Seite. Der westliche Damm begann ungefähr an derselben Stelle, wo jetzt der Admiralitäts-Pier sich an das Ufer anschließt, der östliche war 250 Ruthen davon entfernt, und in sanfter Krümmung wand sich der westliche nach dem Kopf des östlichen hin. Diese Bauten, die im Lauf der Zeit vollständig verschwunden sind, deutet die Situations-Zeichnung Fig. 146 B auf Taf. XXXI in den Linien *aa* an.

Außerdem wurden noch im sechszehnten Jahrhundert mehrere wichtige Anlagen gemacht, welche dem Hafen seine gegenwärtige Gestaltung im Allgemeinen gaben. Bei der starken Ablagerung des Kieses fand der Dour keinen freien Abfluß mehr, er ergoß sein Wasser in das abgeschlossene natürliche Becken, der Pent genannt, das auch heutiges Tags noch diesen Namen führt, und jetzt den östlichen Flotthafen bildet. Durch dieses Bassin wurde im Jahre 1583 ein Querdamm aus Faschinen, Kies und Kalksteinen aufgeführt, der den östlichen Theil oder den großen Pent von dem westlichen oder dem kleinen Pent trennte. Letzterer wurde noch durch einen zweiten eben so construirten Damm von dem Vorhafen geschieden. Diese Trennung besteht noch, wie Fig. 119 auf Taf. XXI zeigt. Die Mittheilungen, die Rennie über diese Anlagen macht, lassen nicht sicher erkennen, zu welchem Zweck diese Zerlegung des Hafens in einzelne Theile vorgenommen wurde, und ob die für den Durchgang der Schiffe bestimmten Oeffnungen in den Dämmen durch Schleusen geschlossen waren. Es wird nur erwähnt, daß aus dem kleinen

*) Engineering 1873. II. pag. 130.

Pent ein Canal mit einer Spülschleuse nach dem Paradies-Hafen gezogen, und letzterer durch die hindurchgehende Strömung gereinigt wurde.

Im Jahre 1594 führte man die Köpfe der beiden Hafendämme etwas weiter seewärts hinaus, um über die Kiesbank fort ein tieferes Fahrwasser zu bilden, also schon in damaliger Zeit hoffte man von der Verlängerung der Molen denselben günstigen Erfolg, den man später von solchen erwartete. 1597 wurde, wie Rennie mittheilt, eine Schleuse, also wohl eine gewöhnliche Schiffschleuse, von 16 Fufs Weite und 80 Fufs Länge zwischen dem kleinen Pent und dem Vorhafen erbaut, die zugleich als Spülschleuse zur Vertiefung des letztern benutzt sein soll. Der Paradies-Hafen, in welchem die Spülung wohl wenig von Erfolg gewesen war, hatte sich damals schon so verflacht, daß gröfsere Schiffe nicht mehr hineingebracht werden konnten.

Während einer langen Zwischenzeit scheinen keine wesentlichen Aenderungen oder Verbesserungen ausgeführt zu sein, obwohl über den Verfall des Hafens wiederholentlich geklagt und Vorschläge zu neuen Anlagen gemacht wurden, um das Einkommen gröfserer Schiffe zu ermöglichen. Nichts desto weniger stellte sich gegen das Ende des siebenzehnten Jahrhunderts mehrfach die Bedeutung dieses Hafens heraus, indem bei heftigen Stürmen bis hundert Schiffe gleichzeitig in denselben einliefen und darin Schutz fanden.

Sehr wichtig ist der Bericht, den John Smeaton*) am 17. Juni 1769 über den Hafen von Dover erstattete, indem der Lord Warden der Cinque Ports ihn zur Besichtigung desselben und zur Abgabe eines Gutachtens über die möglichen Verbesserungen veranlafst hatte.

Der Vorhafen, der damals nur eine geringe Breite hatte, war durch eine Dockschleuse von 38 Fufs Weite mit dem Flotthafen oder dem kleinen Pent verbunden. Die Dockschleuse bestand nur aus einem Paar Stemmtoren, die nach innen aufschlugen, also den Wasserstand der Fluth zurückhielten. Eine zweite Schleuse von geringerer Weite verband den kleinen mit dem grofsen Pent. Hier konnte also gleichfalls das Hochwasser gehalten werden,

*) Reports of the late J. Smeaton. London 1837. Vol. II. p. 229 ff.

wenn auch der vordere Flotthafen bei der Ebbe trocken lief. Diese drei Bassins, nämlich die beiden Pent und der Vorhafen, stellten zusammen noch die Form des natürlichen Flussthals dar, das aus der Richtung von Ost nach West in die von Nord nach Süd übergang, und überall ungefähr gleiche Breite hatte. Der kleine Hafen, das Paradies genannt, war von bedeutend größerer Ausdehnung, als später, stand aber nur durch einen Canal, über den eine Brücke führte, mit dem Vorhafen in Verbindung. Derselbe ist in Fig. 119 mit *B* bezeichnet.

Der Fluß Dour trat, wie auch noch gegenwärtig geschieht, in den großen Pent, und zwar in die östliche Ecke desselben, und lieferte zum Theil das zur Spülung des Vorhafens erforderliche Wasser. Smeaton sagt, der Pent füllt sich auf diese Weise gewöhnlich in vier Tagen, man kann also eben so oft eine Spülung vornehmen, ohne das trübe Fluthwasser einlassen zu dürfen. In der Wirklichkeit geschah dieses aber wohl nicht, denn die Ebbethore der Schleuse konnten das äußere Hochwasser von den Binnenhäfen nicht abhalten. Zur Spülung dienten einige Canäle neben den Schleusen. Solche waren theils in dem Querdamm zwischen dem großen und kleinen Pent, theils zwischen dem letztern und dem Vorhafen angebracht. Ueber jene wird nichts Näheres mitgetheilt, diese befanden sich zu beiden Seiten der Schleuse, nämlich an jeder Seite einer. Sie waren 12 Fuß weit und wurden durch Schütze geschlossen. Der Effect derselben war nach der eigenen Wahrnehmung Smeaton's ganz zufriedenstellend, doch empfahl er die Anwendung zweiflügeliger Spülthore statt der Schütze, und hielt es für zulässig, diese in den Stemmtoren selbst anzubringen, wie er es in Hellevoetsluis und andern Niederländischen Häfen gesehn hatte. Dafs in solchem Fall der Flotthafen trocken wird, so oft man die Spülung vornimmt, mochte in damaliger Zeit nicht als besonderer Uebelstand erscheinen, da die Schiffe weniger scharf, als jetzt, gebaut wurden, also das Aufsetzen auf den Grund ihnen weniger nachtheilig war, und in den meisten andern Häfen, die sie besuchten, sie gleichfalls beim Niedrigwasser nicht flott blieben. Von der Spülung versprach sich übrigens Smeaton einen so vollständigen Erfolg, dafs er andre Anlagen zur Vertiefung für entbehrlich hielt.

Das auf der westlichen Seite ohnfern der Hafenmündung be-

legene weit vortretende Werk, Cheaseman's head genannt, welches nach Fig. 119 bei A lag, bestand schon damals und hatte große Kiesmassen aufgefangen. Mau dachte daran, dasselbe zu verlängern und seine Wirkung durch andre ähnliche Anlagen auf der Westseite zu unterstützen, wie dieses später wirklich geschehn ist, um den Kies in noch größerer Masse aufzufangen, bevor er die Hafenmündung erreicht. Smeaton erklärte sich aber bestimmt dagegen und meinte, man würde zu diesem Zweck fortwährend die Bauten verlängern müssen, und es sei sogar zweifelhaft, ob man eben so schnell, wie die Verlandung erfolge, die Verlängerung werde bewirken können.

Die Hafendämme bestanden in jener Zeit noch in Holz-Constructionen, und der westliche war am äußern Ende südlich gerichtet, wodurch bei südlichen Winden ein starker Wellenschlag in den Hafen trat, der das Einlaufen der Schiffe gefährlich machte. Smeaton rieth daher, diesen Damm so zu verändern und zu verlängern, daß die Mündung eine südöstliche Richtung erhielt. Außerdem schlug er vor, man möge das Holz beseitigen, das fortwährende Erneuerung und Reparatur erfordere, und den ganzen Hafenkopf aus Portland-Steinen erbauen.

Ueber die spätern Anlagen zur Verbesserung des Hafens macht Thomas Telford*) manche wichtige Mittheilungen. Im Winter von 1833 auf 1834 hatte die Kiesablagerung in und vor der Mündung sich so sehr erhöht und ausgedehnt, daß, der wiederholten Spülungen unerachtet, dennoch zeitweise während mehrerer Tage und Wochen kein Schiff ein oder aus gebracht werden konnte. Auch Abgrabungen und die Abfuhr des Kieses mit Anwendung von Hunderten von Arbeitern und Pferden konnten nur nach längerer Zeit Hülfe schaffen, während bei dem zunehmenden Verkehr mit Frankreich die Bedeutung des Hafens sich immer deutlicher herausstellte. Das Bedürfnis war überaus dringend, und dieses erkannte vollständig der Herzog von Wellington an, der, nachdem er aus der politischen Laufbahn ausgetreten war, die Stelle als Lord Warden der Cinque Ports angenommen hatte, und dem sonach auch die Aufsicht über den Hafen von Dover oblag. Derselbe wandte sich am 25. Januar 1834 an

*) Life of Th. Telford. London 1838. p. 650.

Th. Telford, den er persönlich kannte und forderte ihn auf, den Hafen zu besichtigen, auch aus den frühern Berichten und durch Anhörung der betreffenden Beamten von den bisher befolgten Methoden Kenntniß zu nehmen, und sich demnächst über den Werth der letztern gutachtlich zu äußern, so wie auch darüber, ob er Aenderungen oder neue Anlagen für passend halte.

Telford antwortete unter dem 10. Februar desselben Jahrs, daß er sich von den örtlichen Verhältnissen unterrichtet habe und eine Verbesserung der Hafenmündung allerdings für möglich halte. Er rieth jedoch, im Innern des Hafens zunächst keine weitere Ausführungen vorzunehmen, da es vergeblich sei, hier Verbesserungen anzubringen, weil doch nicht bei jedem Hochwasser Schiffe ein- und auskommen könnten. Besonders wichtig sind in diesem Bericht die Mittheilungen über die vorhandenen Spülvorrichtungen. Die damalige Gestaltung des Hafens ist in Fig. 119 durch die punktirten Linien angedeutet. Der Vorhafen hatte eine viel geringere Ausdehnung als gegenwärtig. An seiner südlichen Seite bei *B* befand sich der Rest des alten Paradies-Hafens, mit dem er durch eine Dockschleuse verbunden war. Mittelst einer größern Schleuse derselben Art stand er mit dem Flotthafen, das Bassin genannt, auf der nordwestlichen Seite in Verbindung, doch fehlte noch die unmittelbare Verbindung mit dem hintern Flotthafen oder dem Pent auf der nordöstlichen Seite. In den letztern konnten die Schiffe nur durch das Bassin gelangen.

Der Vorhafen wurde aus dem Bassin und durch dieses auch aus dem Pent gespült, mittelst zweier durch Schütze geschlossenen Canäle zu beiden Seiten der großen Dockschleuse. Um diesen Spülstrom nach der Hafenmündung zu leiten, dienten zwei bühnenartige Einbaue *C*, die Telford jedoch beweglich nennt, die also damals vielleicht Richtwerke, ähnlich denen in § 46 beschriebenen waren. Der mit dieser Spülung angestellte Versuch ergab kein befriedigendes Resultat, denn der Strom beseitigte zwar den Kies in der Nähe der Schleuse, liefs jedoch auf die Bank in der Hafenmündung nur sehr geringe Wirkung erkennen.

Dagegen fand Telford noch eine andre eigenthümliche Spülvorrichtung vor. Im westlichen Hafendamm war nämlich ein kleines Reservoir *D* angelegt, das durch eine 5 Fuß weite eiserne Röhrenleitung aus dem Paradies-Hafen *B* gespeist wurde. Letztere

setzte sich von diesem bis zu dem ersten Flotthafen oder dem Bassin fort. In dieser Weise stand also jenes Reservoir mit einer Wasserfläche von etwa 30 Morgen Ausdehnung in Verbindung. Dieses Reservoir wurde zur Spülung benutzt, indem drei Canäle, von denen der eine 7 Fufs und die beiden andern 5 Fufs weit waren, an dem Kopf des Hafendamms ausmündeten. Jeder derselben liefs sich durch ein Schütz schliessen. Während Telford dort war, lagen grofse Kiesbänke vor dem westlichen Hafenkopf und in der Mündung auf der östlichen Seite. Einer der erwähnten Canäle wurde während des Niedrigwassers geöffnet, und in 5 Minuten hatte der austretende Strom eine 5 Fufs tiefe Rinne in der Kiesbank gebildet. Die darauf folgenden Versuche mit den andern ergaben nicht so auffallende Resultate, doch erstreckten sich die Wirkungen bis auf 150 Fufs Entfernung.

Telford empfahl nun, dieses System weiter auszubilden, und manche augenscheinliche Mängel desselben zu beseitigen. Zunächst sollte für ein gröfseres Bassin auf dem Hafendamm gesorgt werden, indem das bestehende nach der See hin etwas verlängert würde, damit die Ausflufsrohren, die bis 130 Fufs lang waren, eine geringere Länge erhielten. Vor Allem forderte er aber, dafs die Zuleitung aus den Flotthäfen erweitert werde, woselbst der nur 5 Fufs weite Canal nicht entfernt die Wassermenge herbeiführen könnte, welche die Ausflufsrohren auszugiefsen im Stande wären. Bei der bestehenden Anordnung wurde augenscheinlich der gröfste Theil des vorhandenen Gefälles schon in der Zuleitung consumirt, und wenn die Spülung im Gang war, so stellte sich im Reservoir ein bedeutend niedrigerer Wasserstand ein, als in den Flotthäfen, die Wirkungen blieben daher viel geringer, als sie bei zweckmäfsiger Anordnung sein konnten. Ferner empfahl Telford, die Anzahl der Ausflufsrohren zu vermehren und dieselben strahlenförmig sowol vor den Kopf, als auch in die Hafenmündung austreten zu lassen. Endlich rieth er, rings um diesen Kopf ein 30 Fufs breites Pflaster aus Granitblöcken zu legen, weil der Kies leichter fortzutreiben sein würde, wenn er auf einem ebenen und festen Boden, als wenn er auf der unregelmäfsigen Oberfläche der Kreide läge. Er fügt hinzu, dafs der starke Spülstrom schon tiefe Rinnen in dem Untergrunde gebildet habe.

Telford starb im September 1834, und seine geschwächte Gesundheit hatte ihm sogar nicht gestattet, die Ausführung seiner Vorschläge selbst zu beginnen. James Walker leitete diese Arbeiten, und zwar, wie es scheint, in genauer Uebereinstimmung mit Telfords Vorschlägen. Das Reservoir *D* erhielt die in Fig. 119 dargestellte Ausdehnung, auch wurde ein überwölbter Canal von 30 Fufs Breite und 16 Fufs Höhe von dem Reservoir nach dem Paradies-Hafen und von diesem zur Seite des Vorhafens nach dem Bassin geführt. Der Canal, mit Ziegelmauern eingefasst und in gleicher Weise überwölbt, ist in der Figur durch punktirte Linien angedeutet. Die Anzahl der Ausflusströhren wurde, wie es scheint, damals bis auf acht vermehrt, und vor denselben kam auch das Pflaster zur Ausführung, das bis zum heutigen Tage sehr sorgfältig unterhalten wird. Die Fugen zwischen den Steinen sind gegenwärtig mit Cement verstrichen.

Diese Ausführungen nahmen mehrere Jahre in Anspruch, und als sie endlich im Herbst 1837 beendet waren, berichtete im Frühjahr des folgenden Jahrs der Hafenmeister, dafs die Spülungen vortrefflich wirkten, und dafs im verflofsnen Winter zum ersten Mal die Hafenumündung gar nicht gesperrt gewesen sei, so dafs die Schiffe bei jedem Hochwasser unbehindert aus- und eingelaufen wären. Auf diese Spülung bezieht sich wohl die oben angedeutete Aeuferung von J. Walker, dafs hier besser, als in Calais, für die Offenerhaltung der Mündung gesorgt sei.

Zu den wichtigsten Aenderungen in dem eigentlichen Hafen, die später noch vorgenommen wurden, gehört vorzugsweise die Vergrößerung des Vorhafens und dessen unmittelbare Verbindung mit dem Pent. Letztere ist durch eine Dockschleuse von 60 Fufs Weite dargestellt. Diese Ausführungen geschahen 1846 und in den folgenden Jahren. Das früher im Paradies-Hafen bei *E* befindliche Trockendock wurde, um auch diesen Platz dem Verkehr frei zu geben, beseitigt, und dafür eine ausgedehnte Schiffsbau-stelle am hintern Ende des Pent eingerichtet, wo man auch eine grofse Helling zum Aufziehn der Schiffe, und zwar nach Morton's Patent erbaute. Der Dour-Flufs ergiefst sich auch noch gegenwärtig in den Pent. Es war Absicht, seine Mündung zu verlegen, und ihn unmittelbar in die See zu leiten, damit das Material, welches er namentlich nach starken Regengüssen mit sich

führt, den Hafen nicht verflache. Man mußte indessen hiervon abstehn, weil die Kosten für den Ankauf des Grundes und für die darauf stehenden Gebäude sich gar zu hoch stellten. Das Terrain ist aber gerade hier besonders werthvoll, weil sich daselbst die Einrichtungen für das Seebad befinden. Der Fluß ist vor seinem Eintritt in den Pent etwa auf 40 Ruthen Länge überwölbt, und außerhalb der Stadt hat man ein (freilich nur sehr kleines) Bassin angelegt, das zum Auffangen und Ablagern des Gerölles und Schlammes dienen, und so oft es sich gefüllt hat, wieder entleert werden soll.

Es mag noch bemerkt werden, daß der Vorhafen 12 Morgen, der Paradies-Hafen $2\frac{1}{2}$, das Bassin 10, und der Pent $18\frac{1}{2}$ Morgen enthält. Das sogenannte Bassin wird indessen, seitdem die Spülungen durch den weit in die See vortretenden Admiraltäts-Pier entbehrlich geworden sind, wie es scheint, meist als offener Hafen oder als Vorhafen benutzt. So oft ich in Dover war, habe ich die Dockschleuse, die ihn von dem eigentlichen Hafen trennt, nicht schließen sehn, und er entleerte sich daher bei jeder Ebbe, obwohl immer Schiffe darin lagen.

Die Spülung ist gegenwärtig eingestellt, weil nunmehr die Hafensmündung nicht mehr der Verflachung durch Kies-Ablagerung ausgesetzt ist. Dieses hat der seit dem Jahre 1847 begonnene großartige Pier oder Damm auf der westlichen Seite des Hafens veranlaßt, an dessen weiterer Fortsetzung auch gegenwärtig wieder gearbeitet wird. Derselbe schließt an der Stelle an das Ufer an, wo der bereits erwähnte Einbau, Cheaseman's head, den schon Smeaton vorfand, früher ausgeführt war. Er hat zum Theil auch denselben Zweck, den dieser hatte, er soll nämlich die von Westen her antreibenden Kiesmassen auffangen und dadurch den Hafen sichern. Es war aber Absicht, nicht einen einzelnen Pier zu erbauen, vielmehr die Umfassung eines riesenmäßigen Hafens-Bassins darzustellen, das sich in einer Länge von 600 Ruthen längs dem Ufer hinzieht und durchschnittlich etwa 300 Ruthen breit wird. Dasselbe sollte auf der Südseite mit einer 700 Fufs weiten, und auf der Ostseite mit einer 150 Fufs weiten Oeffnung versehen werden. Der erwähnte Damm bildet nach diesem Plan nur die westliche Begrenzung des Hafens,

Die südliche Begrenzung fällt ungefähr in die Linie, wo beim niedrigsten Wasser die Tiefe 40 Fufs misst.

Zu diesem grosartigen Bau, der sich auf einen geschlossenen Hafen oder eine vollständig gesicherte Rhede bezieht, waren verschiedene Projecte aufgestellt, deren Beurtheilung einer vom Parlament niedergesetzten Commission übertragen war *). Es handelte sich vorzugsweise um die Bildung eines Sicherheits- oder Zufluchts-Hafens, in welchen Schiffe zu jeder Zeit, also ganz unabhängig von Fluth und Ebbe, einlaufen und darin Schutz finden sollten. Gleichzeitig wollte man auch einen Hafen darstellen, der geräumig und tief genug wäre, um eine grössere und vollständig ausgerüstete Kriegsflotte aufzunehmen. Ein solcher erschien aber um so wichtiger, je näher er der Französischen Küste lag. Endlich war, ohnerachtet der bisherigen Verbesserungen, der Hafen von Dover doch keineswegs gegen Verflachungen gesichert, und wenn auch seltener, als in früherer Zeit, so geschah es dennoch zuweilen, dafs während eines heftigen Sturms die Mündung gesperrt wurde, und man einige Tage hindurch spülen muste, bevor die Schifffahrt wieder eröffnet werden konnte. Bei Aufstellung dieser Projecte wurde aber nicht nur die Verflachung durch Kies in Betracht gezogen, sondern man nahm auch auf die im Wasser schwebende fein zertheilte Masse Rücksicht, welche Verschlammlung veranlassen konnte.

Es waren acht Projecte vorgelegt, die in Betreff der Anordnung des ganzen Hafens vorzugsweise in sofern sich von einander unterschieden, als bei einigen derselben die Hindurchführung des Küstenstroms durch den Hafen beabsichtigt, bei andern dagegen eine solche sorgfältig vermieden war. Harry Jones war am meisten darauf bedacht, die Durchströmung zu verhindern, und wollte daher den Hafen nur mit einer einzigen, nach Süden gerichteten Mündung versehen. Die entgegengesetzte Ansicht, dafs nämlich der Strom möglichst befördert werden müsse, wurde besonders von John Rennie vertheidigt, der, wie bei Plymouth, nur einen isolirten Wellenbrecher bauen wollte, hinter welchem sowol die Wellen als auch die Strömung von beiden Seiten aus ungehindert eintreten könnten.

*) Report of the harbour of Refuge to be constructed in Dover Bay. London 1847.

Zwischen diesen Extremen lagen die übrigen Projecte. James Vetch wollte, indem er dem Hafen die oben bezeichnete Form gab, zwei Mündungen anbringen, von denen die eine nach Westen, die andre nach Osten gerichtet wäre. Jede sollte 1000 Fufs weit sein, um noch eine frische Strömung hindurch zu lassen. Dabei sollte aber durch Beschränkung der Tiefe mittelst eingelegter Schwellen das Eintreiben des Kieses verhindert werden. Die westliche Oeffnung sollte zur Zeit des kleinen Wassers nur 2 Faden, die östliche dagegen 4 Faden tief sein. Charles Vignoles schlug vor, den westlichen Damm mit sieben überwölbten Oeffnungen von je 100 Fufs Weite zu versehen, die also nicht zum Einbringen der Schiffe, sondern nur zur Erhaltung der Strömung dienen sollten. Die Hauptmündung von 900 Fufs Weite legte er auf die südliche, und eine zweite Mündung von 700 Fufs Weite auf die östliche Seite. Das oben angedeutete und zur Ausführung bestimmte Project rührt von James Walker her, und mit demselben stimmte nahe überein dasjenige, welches W. Cubitt eingereicht hatte. Beide unterschieden sich nur insofern von einander, als nach dem letztern die östliche Mündung bis auf 500 Fufs sich erweiterte. Rendel endlich wollte auch zwei Mündungen, jedoch beide auf der südlichen Seite des Hafens anbringen, und zwar sollte jede 700 Fufs weit sein.

Es leuchtete ein, dafs die Berücksichtigung des gefahrlosen und bequemen Einlaufens der Schiffe zur Zeit eines heftigen Sturms derjenigen entgegenstand, welche die möglichste Sicherung gegen das Eindringen des Wellenschlags bezweckte. Eine recht weite und nach Westen gekehrte Mündung würde ohnfehlbar bei westlichem Sturm in der ersten Beziehung am vortheilhaftesten gewesen sein, aber sie würde auch in sehr bedenklicher Weise die stärksten Wellen eingelassen und dadurch die Sicherheit der im Hafen liegenden Schiffe gefährdet haben. Dieses Verhältnifs stellte sich in den Verhandlungen der Commission gleich so klar heraus, dafs eine nähere Erörterung in dieser Beziehung entbehrlich schien. Dagegen kamen in Betreff der zu erwartenden Verflachungen manche interessante Thatsachen, so wie auch sehr verschiedene Ansichten zur Sprache.

Was zunächst die Besorgnifs wegen des eintreibenden Kieses anbelangt, so wurde dieselbe von keiner Seite ganz in

Abrede gestellt, während selbst diejenigen Ingenieure, welche eine starke Durchströmung des Hafens herbeiführen wollten, nicht die Aussicht eröffnen konnten, daß das grobe Steinmaterial eben so leicht wieder hinaus getrieben werden möchte, als es hineingeführt würde. Es wurde auch allgemein anerkannt, daß die Spaltung des Stroms, selbst wenn sie nur durch einen isolirten Damm oder Wellenbrecher erfolge, die Ablagerung des Kieses in dem schmalen dahinter belegenen Hafen befördern werde (§ 34).

Von Spül-Vorrichtungen konnte bei der übermäßigen Ausdehnung des Hafens nicht die Rede sein, und es fragte sich daher nur, ob der Kies während einer langen Zeitperiode vom Hafen abgehalten, und wenn er endlich doch hineintritt, ob durch gewisse Maßregeln der zu starken Ansammlung desselben Schranken gesetzt werden könnten. Die Commission kam daher in den Vernehmungen wiederholentlich auf die Frage zurück, ob es möglich sei, den Kies bis auf 30 Fufs unter dem niedrigsten Wasser durch Baggern zu beseitigen, und welche Kosten dieses veranlassen werde. Die Möglichkeit wurde von den namhaftesten Ingenieuren unbedingt anerkannt, doch wichen die dafür angegebenen Preissätze bedeutend von einander ab. J. Rennie meinte, die Kosten würden sich mit Einschluß des Transports auf 1 Thlr. 13 Sgr. für die Schachtruthe stellen, während Hartley nach den Erfahrungen, die er bei Liverpool gemacht hatte, bei dieser großen Tiefe den geringsten Satz auf nahe 2 Thlr. angab, dabei aber meinte, daß die Schachtruthe auch wohl 3 Thlr. kosten könne.

Ganz allgemein war man der Ansicht, daß der westliche Hafendamm, wenn er keine Oeffnung erhält, lange Zeit hindurch den antreibenden Kies ohne Nachtheil für den Hafen auffangen werde. Aus diesem Grunde gab die Commission auch denjenigen Projecten den Vorzug, nach welchen dieser Damm mit keiner Mündung versehen wird, und beinahe rechtwinklig vor das Ufer tritt. Die letzte Anordnung wurde von Rendel nicht für passend gehalten, indem er einen scharfen Uebergang vermeiden, und daher den westlichen Damm schon in der ersten Strecke in die Richtung von Nordwest nach Südost legen wollte.

Ueber die Zeit, in welcher der Strand auf der Westseite des Hafens sich bis zur südlichen Einfassung des letztern ausgedehnt haben würde, und sonach dessen Mündung aufs Neue bedroht

wäre, wurde jede Angabe und selbst jede Schätzung verweigert, nur äufserte der Astronom Airy, der gleichfalls darüber gefragt war, dafs vor dem Pier von Dungeness in jedem Jahre 2 bis 3 mal hundert tausend Tons, oder 28 bis 42 Tausend Schacht-ruthen Kies sich ablagern.

Es kam bei dieser Gelegenheit noch eine andre Ansicht zur Sprache, nach welcher die in Rede stehende Gefahr ganz gehoben zu sein schien. Rendel bemerkte nämlich, dafs in der Tiefe von 7 Faden die Strömung so gering wird, dafs dadurch der Kies nicht mehr in Bewegung gesetzt werden kann, und dieses um so weniger, als auch eine starke Wellenbewegung sich nicht so tief fortsetzt. Indem aber weder Strömung noch Wellenschlag den Kies vor die südliche Hafemündung führen, so wäre diese der Verflachung durch denselben vollständig entzogen. Henry de la Beche erwähnte dagegen, dafs eine grofse Muschel, *ladium erinaceum*, von der man weifs, dafs sie sich nur in der Tiefe von 5 bis 15 Faden unter dem Meeresspiegel aufhält, durch die Wellen oft lebend an die Schottische Küste geworfen wird. Ohne Zweifel ist die Neigung des Ufers unter Wasser hierbei von wesentlichem Einflufs, denn wenn der Grund aus grofser Tiefe flach ansteigt, so kann bei starkem Wellenschlage dem Wasser leicht schon in weiter Entfernung vom Strande die fortschreitende Bewegung mitgetheilt, und dadurch Muscheln und vielleicht noch schwerere Körper hinaufgeworfen werden.

Man darf indessen nicht unbeachtet lassen, dafs die Anhäufung des Kiesel auf einer sehr tiefen Wasserfläche auch in dem Fall erfolgt, wenn der Kies durch die Strömung und den Wellenschlag wirklich nur in geringer Tiefe in Bewegung gesetzt werden sollte. Sobald nämlich grofse Massen desselben, wie ohne Zweifel wirklich geschieht, nur in der Höhe des Wasserspiegels oder wenig darunter dem Strande auf der westlichen Seite des Piers zugeführt werden, so müssen dieselben, wenn sie an der Fortsetzung des Wegs verhindert sind, sich anhäufen. Es legt sich also eine Schicht über die andre, doch finden die zuletzt hinzugekommenen in ihrem Fufs nicht mehr die nöthige Unterstützung, oder die Ablagerung nimmt eine zu steile Böschung an, und alsdann rollt der Kies ganz unabhängig von Strömung und Wellenschlag nur in Folge seines eignen Gewichts in die Tiefe herab. Eine all-

mählige Verfüllung des Raums wird also unzweifelhaft stat finden, so lange immer neue Kiesmassen von Westen her hinzutreten und hier liegen bleiben.

Zugleich wurde noch eine andre Ansicht ausgesprochen, die von der zuletzt mitgetheilten wesentlich abweicht. Man besorgte nämlich, das an dem Fuß des südlichen Hafendamms, und zwar besonders wenn dieser in einer beinahe senkrechten Mauer bestehn sollte, eine sehr heftige Strömung, die den Kies stark in Bewegung setzt, sich bilden, und letztern in die Hafenmündung treiben werde. Es wurde daher vorgeschlagen, in die Hafenmündung eine niedrige Mauer zu stellen, über welche selbstredend noch die größten Schiffe beim kleinsten Wasser fortgehn könnten. Man erwartete, das der Kies über diese nicht hinübergeworfen, und sonach der Hafen gegen das Eindringen desselben gesichert sein werde. Dieser Vorschlag fand indessen keine Unterstützung.

Die Commission spricht sich über die Gefahr der Verflachung des Hafens durch den von der Seeseite aus eintreibenden Kies in folgender Weise aus. „Wir haben die allgemein verbreitete Ansicht, das der Kies eine Hafen-Anlage in der Bai von Dover vorzugsweise gefährden werde, vollständig in Erwägung gezogen, und wir müssen zugeben, das dieselbe allerdings durch die bisherigen, wenig erfolgreichen Versuche, den Kies vom alten Hafen abzuhalten, bestätigt wird. Das Resultat unsrer Untersuchung hierüber ist aber, das diese Ansicht doch der Begründung entbehrt. Die Mehrzahl der Ingenieure stimmt nämlich darin überein, das die Bewegung des Kieses längs der Küste an jeder beliebigen Stelle unterbrochen werden kann.“ Die Commission war also der Meinung, das man durch Einbaue auf der westlichen Seite den Kies schon in beliebig weiter Entfernung vom Hafen auffangen kann. Wenn diese Absicht consequent und vollständig durchgeführt wird, so kann man sogar erwarten, das die steilen Kreide-Ufer schliesslich vor dem Angriff der See geschützt werden, und in Folge dessen das Hinzutreiben neuer Kiesmassen nicht nur gemäfsigt wird, sondern vielleicht auch ganz aufhört.

Von gröfserer Bedeutung erschien der Commission die Besorgnifs, das die feinen im Wasser schwebenden erdigen Theilchen im Hafen niederschlagen und denselben nach und nach verschlammten möchten. Der Capitän John

Washington hatte, wie bereits erwähnt, das trübe Fluthwasser untersucht, und war zu dem Resultat gekommen, daß der Hafen, wenn die ganze zugeführte Schlammmasse darin liegen bliebe, in jedem Jahre 6 bis 9 Zoll an Tiefe verlieren werde. Um diesem Niederschlage vorzubeugen, oder denselben wieder zu beseitigen, falls er erfolgt wäre, war von mehreren Ingenieuren empfohlen worden, an der Ost- und Westseite des Hafens weitere oder engere Oeffnungen anzubringen, um die Durchströmung des Hafens möglich zu machen. Es wurde sogar angerathen, den bereits erfolgten Niederschlag zur Zeit der stärksten Durchströmung durch Dampfboote, welche Anker oder Rechen über den Grund schleppten, wieder aufzulockern, während Rennie selbst einen starken Wellenschlag in dem Hafen für nothwendig hielt, damit das Wasser darin nicht zur Ruhe kommen, sich also gar nicht klären möge. Rendel und Andere machten dagegen darauf aufmerksam, daß die wichtigste Anforderung an einen Hafen, nämlich die Sicherstellung der darin liegenden Schiffe, auf solche Art unerfüllt bleiben würde. Daß aber die Durchströmung des Hafens bei seiner großen Breite sehr schwach sein wird, also die erdigen Theilchen, die das Wasser zuführt, darin niedersinken, und diese Erscheinung bei dem ununterbrochenen Zuflufs und Abflufs sich dauernd fortsetzt, wurde von keiner Seite zur Sprache gebracht. Wenn nämlich die Durchströmung nicht statt findet, so nimmt der Hafen nur diejenige Erdmasse auf, welche in dem Wasser, das ihn anfüllt, enthalten ist. Bei dauernder Durchströmung treten dagegen immer neue Wassermassen mit den darin schwebenden erdigen Theilchen hinzu, und nach Maafsgabe der verminderten Bewegung fallen diese zu Boden.

Auf die Mittheilung des Hafen-Ingenieur Gibbons in Kingstown wurde in dieser Beziehung ganz besondres Gewicht gelegt. Derselbe äufserte, daß in dem dortigen Hafen allerdings zuweilen Niederschläge, aus einem leichten Schlamm bestehend, stellenweise bemerkt werden, daß dieselben aber keine bedeutende Höhe erreichen und nach einiger Zeit von selbst wieder verschwinden. So habe sich vor etwa 2 Jahren neben dem Handelswerft die Tiefe um 18 bis 20 Zoll vermindert, die Ablagerung sei indessen, ohne daß gebaggert worden, später nicht mehr vorgefunden. Es wurde hinzugefügt, daß der neben der Mündung vorbeistreichende

Strom oft auffallend dunkel gegen das klare Hafenwasser gefärbt sei, daß aber das trübe Wasser nie hineintrete, und dieses erkläre sich dadurch, daß die Mündung nicht gegen die Strömung gerichtet sei, auch auf keiner Seite vorspringe, sondern daß der starke Strom zur Seite des Hafens seine Mündung tangential berühre.

Man gab derjenigen Anordnung den Vorzug, wonach die Durchströmung möglichst vermieden wird. Noch vollständiger wäre dieses geschehn, wenn der Hafen nur eine einzige Mündung erhalten hätte, aber aufer der weiten nach Süden gekehrten Mündung wurde eine solche auch auf der östlichen Seite für nöthig erachtet, damit die aus der Nordsee kommenden Schiffe bei ungünstiger Witterung leicht einlaufen könnten.

Die Commission bemerkt, daß es nur wenige Häfen giebt, in welchen keine Aufschlickung statt findet, und sie ist sogar der Ansicht, daß gar keine neue Hafen-Anlage an den Küsten Großbritanniens ausführbar sein würde, wenn die Aufgabe gestellt wäre, diesem Uebelstande vollständig vorzubeugen. Sie fügt hinzu, „sie sei so glücklich gewesen, von einem Falle Kenntniß zu nehmen, in welchem die gewählte Anordnung sich bisher als zweckmäfsig bewährt habe. Der Hafen zu Kingstown in der Bai von Dublin, der vor etwa 20 Jahren erbaut sei, werde von zwei Dämmen umschlossen, die in ihren Wurzeln rechtwinklig vom Ufer in das Meer treten. Dieser Hafen habe nur eine Mündung, und diese berühre den vollen Fluthstrom. In unmittelbarer Nähe liegen die zahlreichen bekannten Sandbänke, welche die Mündung des Liffey beengen, und dennoch bleibe der Hafen nach der zwanzigjährigen Erfahrung frei von jeder dauernden Verflachung. Der dortige Ingenieur sei, nachdem er die Verhältnisse acht Jahre hindurch beobachtet habe, der Ansicht, daß dieses günstige Resultat nur von der zweckmäfsigen Lage der Mündung herrühre, welche den vollen Fluthstrom tangirt.“ Dieselbe Anordnung wird demnach auch für den Hafen von Dover empfohlen.

Die Commission nimmt also auf den wesentlichen Unterschied beider Häfen gar keine Rücksicht, daß nämlich der Fluthstrom, der jenen füllt, reines Seewasser enthält, hier dagegen das Wasser besonders während der Fluth sehr stark

verunreinigt ist und große Massen fein zerkleinerter Kreide schwebend mit sich führt. Die von Gibbons mitgetheilte Thatsache, daß in den Hafen Kingstown das vorbeistreichende trübe Wasser nicht eintritt, erklärt sich aber sehr einfach dadurch, daß nicht der Fluthstrom, sondern der Ebbestrom die erdigen Theilchen enthält, und letzterer nicht in den Hafen gelangt, weil in diesem der Wasserspiegel bei der Ebbe sich gleichfalls senkt, und folglich in der Hafenumündung Ausströmung statt findet, während der trübe Ebbestrom vorbeifließt. Man bemerkt leicht, daß, wie die Hafenumündung auch immer gerichtet sein möge, der Erfolg immer nahe derselbe bleiben würde. Wenn man aber dem Hafen an entgegengesetzten Seiten Mündungen gegeben hätte, also dieser Strom sich durch ihn hindurchziehen könnte, alsdann würde er ohnehin einer sehr starken Verflachung ausgesetzt sein. Der Hafen Kingstown hat, wie aus der bereits früher mitgetheilten Situations-Zeichnung Fig. 102 auf Taf. XVII sich ergibt, eine bedeutende Ausdehnung, und es kann daher nicht fehlen, daß einige Wellenbewegung, namentlich auf den flachen Stellen, vor dem südlichen Ufer eintritt. Es ist also erklärlich, daß der feine Niederschlag, der vielleicht vom Ufer her hineingespült war, bei starker Bewegung des Wassers sich wieder hebt und bei der Ebbe hinausgeführt wird. Die dauernde Erhaltung der Tiefe in diesem Hafen ist aber nur die Folge des überaus günstigen Umstandes, daß die Fluth ihm nur reines Seewasser zuführt.

Der wichtigste Theil der von der Commission angestellten Untersuchung bezog sich auf die Frage, ob flach drossirte, oder steile Hafendämme zu wählen seien. Die in dieser Beziehung abgegebenen sehr interessanten Erklärungen der Sachverständigen, so wie auch die gutachtliche Aeußerung der Commission sind bereits bei Behandlung der Hafendämme (§ 40) ausführlich mitgetheilt.

Endlich kam noch die zu wählende Constructionsart zur Sprache, wobei wieder die Ansichten der Ingenieure sehr verschieden ausfielen. Nach mehreren derselben, und namentlich nach dem Vorschlage von James Walker, sollte die Hafenmauer in Caissons erbaut werden. Hartley empfahl dagegen, Kasten ohne Boden zu benutzen, die nur die Umschließung für den darin zu versenkenden Béton bilden sollten. Andere empfahlen, große

regelmäßige Körper neben und über einander zu versenken. Denison schlug vor, hierzu sechsseitige Säulen aus Béton zu verwenden, die 12 Fufs lang und 6 Fufs stark wären. Er wollte dieselben in Dungeness formen, und zwischen zwei Cylindern von Eisenblech aufgehängt, die 30 Fufs lang und 6 Fufs stark wären, durch Dampfboote nach Dover bringen lassen.

Angeregt durch diese Projecte wurde die Frage erörtert, ob der Béton, den auch Hartley empfohlen hatte, hinreichende Festigkeit und Dauer für diese Art der Verwendung besäße. Obwohl hierbei augenscheinlich die Wahl des Materials und die Sorgfalt in der Bearbeitung desselben überwiegenden Einfluß ausüben, so machte doch Rendel darauf aufmerksam, daß die Mauer auf dem Wellenbrecher in Cherbourg zwar im Innern zum Theil aus Béton bestehe, man aber doch nicht gewagt habe, solchen an den äußern Flächen, wo er mit dem Seewasser dauernd oder bei jeder Fluth in Berührung komme, zu verwenden. Auch wurde darauf hingewiesen, daß eine an der Themse bei Woolwich ausgeführte Kaimaier aus Béton nicht unversehrt geblieben sei.

Rendel hatte den Vorschlag gemacht, die großen Blöcke, aus denen die Mauer besteht, aus Ziegeln, und zwar als gewöhnliches Mauerwerk darzustellen, und dieselben alsdann mit Hülfe der Taucherglocke regelmäßig zu versetzen. Er wählte Ziegelsteine aus Folkestone, weil für die große Haltbarkeit derselben an der See bereits lange Erfahrungen sprechen, außerdem auch weil solche aus Ziegelmauer bestehenden Blöcke wohlfeiler als Béton sind. Sie sollten 120 Rheinländische Cubikfufs halten. Zum regelmäßigen Versetzen derselben in allen Tiefen, die hier vorkommen, biete die Taucherglocke volle Gelegenheit, wenn sie größer, als gewöhnlich, nämlich 11 Fufs lang, 6 Fufs hoch und 6 Fufs weit wäre und von festen Rüstungen herabgelassen würde. In Pembroke habe er einen Pier in dieser Weise, und zwar bei einer Tiefe von 32 Fufs unter dem niedrigsten Wasser ausgeführt. Der Bau habe sieben Jahre gedauert, und während der ganzen Zeit sei es nur einmal vorgekommen, daß wegen zu heftigen Sturms die Glocke nicht hätte herabgelassen werden können.

Ueber die verschiedenen zur Sprache gebrachten Constructionsarten gab die Commission kein bestimmtes Urtheil ab, da ihr jedoch die Bezeichnung des besten Projects auch in dieser

Beziehung aufgegeben war, so erklärte sie sich für die von Rendel vorgeschlagene Constructionsart. Sie empfahl jedoch, im Innern des Damms Blöcke aus Béton zu verwenden, statt der aus Ziegeln gemauerten.

Diesen gutachtlichen Bericht erstattete die Commission am 28. Januar 1846 unter Beifügung der sämtlichen Projecte und der vollständigen mündlichen Vernehmungen, die sogleich stenographisch nachgeschrieben waren*), an den Secretär des Schatz-Amtes. Mit Zustimmung der beiden Häuser ertheilte die Regierung die Genehmigung zur Ausführung nach dem Vorschlage der Commission. Im October desselben Jahrs wurde der Bau schon eingeleitet, nachdem James Walker, der mit der Leitung desselben beauftragt war, den speciellen Anschlag zu dem ersten Theil des westlichen Hafendamms auf 800 Fufs Engl. Länge aufgestellt hatte. Dieser Anschlag schlofs auf die Summe von nahe 1 700 000 Thlr. ab. Den Unternehmern Freeman und Lee wurde der Bau für 1 600 000 Thlr. zur Ausführung in Entreprise gegeben. Die Lage und Richtung der damals beabsichtigten Dämme ist in Fig. 146 B auf Taf. XXXI durch die Linien bb bezeichnet, auch sind darin die beiden Mündungen, eine auf der Südseite von 1000 Fufs und eine auf der Ostseite von 500 Fufs angegeben. Mit dem westlichen Flügel wurde der Anfang gemacht.

Der Bau, obwohl ziemlich kräftig betrieben, schritt dennoch bei zunehmender Tiefe nur langsam vor, so dafs durchschnittlich in jedem Jahr nur wenig über 100 laufende Fufs fertig gestellt wurden. Zum Theil rührte dieses von der Schwierigkeit der gewählten Constructionsart her, zum Theil aber änderten sich auch die Ansichten über die Nothwendigkeit der ganzen Anlage. Statt der aus Ziegeln gemauerten Blöcke wurden bald solche aus festem Granit gewählt, die in den Brüchen vollständig bearbeitet werden konnten. Im Jahr 1855 diente der Damm schon wesentlich zur

*) Es mufs bemerkt werden, dafs diese mündlichen Vernehmungen der Sachverständigen wegen der vielseitigen Auffassung des Gegenstandes ein sehr großes Interesse bieten. Sie geben auch einen viel sichereren Anhalt zur richtigen Beurtheilung, als einzelne ausführliche Gutachten, denen doch jedesmal nur die Ansicht des Verfassers zum Grunde liegt.

Erleichterung des Verkehrs. Auf beiden Seiten war er wie Fig. 119 in den Verbreitungen zeigt, mit Treppen versehen, von denen jede zu drei unter einander befindlichen Landebrücken herabführt. Nach dem jedesmaligen Wasserstande wird die eine oder die andre derselben benutzt. Die Schiffe legen aber, wenn der Wind westlich ist, auf die östliche Seite, und umgekehrt an, und finden alsdann hinreichenden Schutz, so dafs sie gefahrlos liegen und sowohl die Passagiere bequem ein- und aussteigen, als auch Güter geladen und gelöscht werden können. Auf dem Pier, und zwar im Schutz einer hohen Brustmauer an der westlichen Seite, liegen zwei Eisenbahn-Stränge. Die Brustmauer ist vor der Treppe auf der westlichen Seite mit überwölbten Oeffnungen versehen, durch welche man zu dieser gelangt.

Bei einer andern im Jahr 1860 veranlafsten Berathung über die zweckmäfsigste Construction der Hafendämme erklärte James Walker, dafs in den letzten fünf Jahren, also nachdem der Pier schon weit hinausgeführt worden, nur einmal der Fall vorgekommen sei, dafs ein Packetboot nicht habe anlegen können. Die Veranlassung dazu habe aber nicht die starke Wellenbewegung gegeben, vielmehr nur der Umstand, dafs bei dem heftigen Sturm kurz vorher die Rüstung am Kopf, die zur Weiterführung des Baues diene, zerschlagen war, und die schweren Hölzer zur Seite des Damms schwammen. Das Boot konnte nicht sicher zwischen diesen hindurch gehn, vielmehr war zu besorgen, dafs die Schaufelräder dagegen schlagen und beschädigt werden möchten. Er fügte hinzu, der Pier, an dem keine Beschädigungen vorgekommen, habe sich auch in andrer Beziehung als sehr nützlich erwiesen. Güter, welche unmittelbar von Schiffen auf die Eisenbahn übergehn, oder umgekehrt, werden regelmäfsig zur Seite desselben gelöscht und geladen, soweit der Raum dieses irgend gestattet. Es seien vom Pier aus Truppen verschifft worden, indem grofse Schiffe von 2000 Last Ladungsfähigkeit an denselben anlegten. Eben so haben auch Linienschiffe ersten Ranges hier die durch Eisenbahnzüge herbeigeführten Kohlen eingenommen. So gewähre dieser Bau für die verschiedensten Verkehrs-Verhältnisse eine aufserordentliche Erleichterung, und in Bezug auf die Kriegsmarine biete er in Betreff der Verladung von Mannschaft und Material dieselbe Bequemlichkeit, wie bisher nur die Häfen Sherness und Portsmouth.

Ein anderer Umstand veranlafste schon damals mehrfache Vernehmungen. Es war nämlich die Besorgniß angeregt, daß der Strand vor dem Pent, der in neuerer Zeit bebaut war, woselbst sich die Bade-Anstalten befinden, und der den schönsten und reichsten Theil der Stadt bildet, in Folge des Piers bedroht werde. So lange der Kies von Westen her antrieb, auch bei der Hafemündung grolsentheils vorüberging, oder wenn er daselbst liegen blieb, doch durch die Spülung später wieder dem Küstenstrom zugeführt wurde, durfte man nicht fürchten, daß die Ablagerungen dort verschwinden möchten, im Gegentheil war es möglich, sie noch weiter auszudehnen, indem neben den leicht construirten buhnenförmigen Einbauen immer neue Massen sich anhäuften. Dazu kam noch, daß die Strömung ungefähr dem Ufer folgte, also an dieser Stelle nicht gegen dasselbe gerichtet war. Diese Verhältnisse hatten sich nunmehr geändert. Der vom Küstenstrom herbeigeführte Kies wurde vollständig durch den Pier aufgefangen, auch der Strom so weit entfernt, daß er nicht dem Ufer folgte, sondern erst in weitem Abstände, nämlich an dem östlichen Ende der Stadt dasselbe wieder traf. Bei südwestlichen Stürmen verstärkt der Wellenschlag seine Wirkung, und so geschah es, daß der in früherer Zeit hier abgelagerte Kies nunmehr in Bewegung gesetzt und fortgetrieben wurde. Die Regierung, die den Pier erbaut hatte, sah sich daher gezwungen, auch für die Uferdeckung zu sorgen. Das Ufer wurde daher in einer cylindrischen Fläche abgöschert, die oben unter dem Winkel von 60 Graden gegen den Horizont anstieg, während sie in der Höhe des niedrigsten Wassers eine fünffache Anlage hatte. Die ganze Böschung wurde aber mit grolsen Steinen regelmäfsig abgepflastert und im obern Theil die Fugen mit Cement verstrichen.

In jener commissarischen Berathung hatte man wiederholentlich die Frage gestellt, ob der Pier zweckmäfsig angeordnet und ausgeführt sei, und ob es nicht möglich gewesen wäre, ihn wohlfeiler und in kürzerer Zeit darzustellen. Dieses wurde natürlich von denjenigen Personen behauptet, die neue Erfindungen gemacht hatten, und die namentlich durch schwimmende Wellenbrecher denselben oder doch nahe denselben Zweck zu erreichen glaubten. Ihre Angaben waren jedoch so wenig Vertrauen erweckend, daß die Commission sich nicht dafür aus-

sprechen konnte, und nur den Wunsch zu erkennen gab, die Regierung möge die mäfsige Summe von 10 000 Pfund zu Versuchen dieser Art aussetzen. Es kam dabei zur Sprache, dafs der Major Glover bereits einen Versuch mit einem schwimmenden Wellenbrecher bei Dover gemacht habe. Ein grosfer, an seinen Enden geschlossener eiserner Cylinder sei vor die Mündung des Hafens vor Anker gelegt. Eine Art von Kamm aus Eisen sei an die untere Seite des Cylinders befestigt gewesen, um die Bewegung des Wassers zu unterbrechen. Einige Abstillung soll dadurch allerdings veranlafst worden sein, aber beim ersten Sturm wären die Ankerketten gebrochen, und seitdem habe man den Apparat nicht wieder aufgestellt. Der Capitän Sleigh erklärte in Betreff desselben Gegenstands, er habe einst drei Wellenbrecher, jeden von 80 Fufs Länge, auf der Themse erbaut, um sie vor den Hafen von Folkestone zu legen, aber weder die Stadt, noch die Admiralität hätten die Kosten für den Transport und für die Befestigung desselben tragen wollen. Aus diesem Grunde sei der Versuch unterblieben.

James Walker sagte dagegen, dafs er zu Anlagen dieser Art gar kein Zutrauen habe, und wenn es auch wirklich glücken sollte, sie sicher zu befestigen, und dadurch eine Mäfsigung des Wellenschlags zu erreichen, so könnten die schwimmenden Kasten doch niemals, wie feste Piere, zur Vermittelung des Ein- und Ausschiffens benutzt werden. Der Pier bei Dover entspreche dagegen vollständig seinem Zweck, auch sei die Construction ganz passend gewählt worden, und eine minder kostbare Ausführung halte er für unmöglich. Bei der Tiefe von 40 Fufs unter dem niedrigsten Wasser koste der laufende Fufs des Hafendamms 300 Pfund (etwa 2000 Thaler). Für denselben Satz könne man die ganze beabsichtigte Umschließung des Hafens darstellen, da die Tiefe nunmehr ungefähr dieselbe bleibe. Die Gesamtkosten würden sich also etwa auf 3 Millionen Pfund stellen. Die Fortsetzung lasse sich auch wesentlich beschleunigen, wenn jährlich gröfsere Summen zur Verfügung gestellt würden. Sollten dieselben verdoppelt werden, so würde der Bau eben so schnell, wie der Wellenbrecher in Plymouth beendigt werden, der 1812 begonnen und 1841 nach dem ersten Project ausgeführt war. Auffallend ist es aber, dafs Walker in derselben Verneh-

mung von diesem Wellenbrecher sagt, er sei, obwohl 1812 angefangen, doch noch nicht beendigt.

In gleichem Sinn sprach sich auch der Capitän Washington, Hydrograph bei der Admiralität, aus. Derselbe war, wie sich aus seinen Aussagen ergibt, sowohl mit dem Gegenstande, als auch mit den localen Verhältnissen genau bekannt. Er erklärte, daß bei dem Bau des Piers vor Dover nicht ein Schilling zwecklos ausgegeben sei. Man habe ein bewunderungswürdiges und überaus nützlichcs Werk dargestellt. Die Beendigung des ganzen ursprünglich projectirten Hafens hielt er aber für dringend geboten. Namentlich im Fall eines Kriegs müßte für die Sicherstellung der Handelsflotte gesorgt werden. Wenn die Schiffe auch in diesem Hafen vor feindlichen Kugeln nicht sicher lägen, so würden sie doch der Gefahr entzogen, aufgebracht zu werden. Auch die fortificatorischen Anlagen, wozu der Hafendamm die Gelegenheit biete, seien von äußerster Wichtigkeit. Er machte jedoch darauf aufmerksam, daß nach Beendigung des westlichen Damms, der dem stärksten Wellenschlag ausgesetzt ist, man wohl in Ueberlegung nehmen müsse, in welcher Weise die Fortsetzung erfolgen solle. Er sei überzeugt, daß wesentliche Ersparungen alsdann zulässig sein würden.

Ueber die Constructionsart des Damms wird später das Nähere mitgetheilt werden. Fig. 160 auf Tafel XXXIV zeigt das Querprofil desselben. Hier mag nur erwähnt werden, daß die Krone 11 Fufs über dem Hochwasser der gewöhnlichen Springfluthen liegt, ihre Breite mißt im Ganzen 43 Fufs, davon nimmt aber die Brustmauer 14 Fufs ein, die sich noch 11 Fufs über die Krone erhebt. Die beiderseitigen Böschungen sind sehr steil, indem die Mauer auf 4 Fufs Höhe um 1 Fufs, und zwar nach Maafsgabe der Höhe der Schichten stufenförmig zurücktritt. Diese Böschung setzt sich gleichmäfsig von der Krone bis zum gewachsenen Kreideboden fort. Das Mauerwerk ist aus großen oblongen Blöcken im Verbande und über dem niedrigsten Wasser mit vollen Mörtelfugen ausgeführt. Im Innern des Damms bestehn diese Blöcke aus Béton, im Aeußern aus dem festen Granit von Alderney.

Der eigentliche Hafen von Dover hat durch diesen Bau wesentlich gewonnen, indem seine Mündung, so wie auch der Vorhafen gegenwärtig der Verflachung durch Kies vollständig ent-

zogen ist. Die frühern Spülvorrichtungen, und namentlich diejenigen auf dem westlichen Hafenkopf sind sonach entbehrlich geworden. Es scheint, daß man aus diesem Grunde den Paradies-Hafen verschütten, und statt seiner ein geräumiges Kai einrichten will. Mit der Verschüttung war wenigstens im Spätherbst 1863 der Anfang gemacht. Die Spülvorrichtungen zwischen dem Bassin und dem Vorhafen bestanden damals noch, und wahrscheinlich werden sie auch von Zeit zu Zeit zur Beseitigung des Schlammes benutzt. In dem Bassin und dem Pent bedient man sich zu diesem Zweck noch eines Dampfbaggers.

Es ist bereits erwähnt, daß die Ansichten über den Nutzen dieser weit ausgedehnten und rings umschlossenen Rhede im Lauf der Zeit sich wesentlich änderten. *) William Cubitt, der 1844 und 1845 das Project aufgestellt hatte, wovon der Admiralitäts-Pier ein Theil war, wollte einen Hafen bilden, der den bedeutendsten in den vereinigten Königreichen gleich sei, und sowohl den ausgedehntesten merkantilschen Verkehr, wie auch die Kriegsmarine aufnehmen könnte. Man überzeugte sich indessen später, daß Dover seiner Lage nach nur für den Europäischen Verkehr Bedeutung habe, der transatlantische und der nach dem Orient gerichtete aber unbedingt den an der Südküste mehr westwärts und am Irischen Canal belegenen Häfen verbleiben würde, während dieselben auch im Fall eines Kriegs zur Aufstellung der Flotte genügten. Indem nun diesem beschränkteren Zweck der Pier schon entsprach, obwohl zur Zeit süd-östlicher Stürme die Schiffe weder an einer, noch an der andern Seite anlegen konnten, so beschloss die Regierung 1865 den Bau nicht weiter zu führen, als er damals vorgerückt war, und soweit ihn die Situationszeichnung Fig. 119 darstellt. Der Damm sollte also an der Stelle abgebrochen werden, wo er in die östliche Richtung überging. Als Grund dieser Bestimmung wurde noch angegeben, daß der Weiterbau, nachdem die heftige Küstenströmung erreicht sei, eine Unterspülung besorgen lasse. Dieser Grund war wohl haltlos, denn da man den Damm auf die gewachsene Kreide stellte, so blieb eine Unterspülung undenkbar. Man wollte indessen auf diesen

*) Die folgenden Mittheilungen sind vorzugsweise aus der Zeitschrift: „Engineering“ 1873 und 1875 entnommen.

Damm, der schon so große Kosten verursacht hatte, nicht noch mehr verwenden.

Von der Darstellung einer geschützten Rhede ganz abzusehn, war jedoch nicht möglich, da manche wesentliche Beschwerden über die Wirkungen des Admiralitäts-Piers nicht unbeachtet bleiben durften. Diese sind zum Theil bereits angedeutet.

Ebenso wie nach Ausführung des neuen Damms bei Folkestone die ostwärts belegenen Ufer vom Kiese entblößt und einem starken Angriff ausgesetzt wurden, so geschah dieses auch bei Dover. Der vor den Ufern liegende Kies wurde auch hier von den auflaufenden Wellen herabgetrieben, vom Küstenstrom gefasst und weiter geführt, während von der Westseite her keiner hinzukam, der ihn ersetzte. Auf diese Art kam der ostwärts belegene Theil der Stadt Dover in Gefahr und weiterhin brach das steile Kreide-Ufer so stark ab, daß die auf demselben befindliche Strafe sogar zum Theil herabstürzte. In früherer Zeit konnte man auch am Fuße des hohen Ufers von Dover aus, selbst zur Zeit des Hochwassers, nach South Foreland bequem gehn, während jetzt der Strand überfluthet wurde und das Meer den Fuß des Felsufers berührte. Unter diesen Umständen entschloß sich im Jahr 1873 die Regierung, die Umschließung des Bassins in solcher Ausdehnung zur Ausführung zu bringen, daß wenigstens die Stadt Dover gegen fernere Angriffe gesichert würde.

Die Situationszeichnung Fig. 146 B Taf. XXXI zeigt die Bucht vor Dover mit Angabe der Tiefen in Faden beim Niedrigwasser der Springfluthen, wie solche die 1873 von der Admiralität veranlaßte Messung ergab. In diese Zeichnung sind zugleich die wichtigsten Projecte zur Umschließung der Rhede eingetragen. Die mit den Buchstaben *b b* bezeichnete Doppellinie stellt das 1844 von Cubitt entworfene Project dar, nach welchem der Admiralitäts-Pier erbaut wurde, *c c* ist dagegen dasjenige Project, zu welchem man nunmehr übergehn wollte. Nach Redman's Mittheilung umfaßte jenes ungefähr 600 Acres oder 950 Morgen, während nach diesem die umschlossene Fläche nur etwa halb so groß wird. Dabei war die Gesamtlänge der Umschließungs-Dämme in beiden Fällen wenig verschieden, die beabsichtigte Beschränkung hatte daher nur geringen Einfluß auf die Verminderung der Kosten, und hierzu kam noch, daß bei derselben derjenige Theil des Bassins, der

40 Fufs und darüber tief war und der in der südöstlichen Ecke lag, aufserhalb der geschützten Rhede blieb.

Es ist wohl vorzugsweise den Bemühungen des Ingenieurs Redman zuzuschreiben, dafs dieses Project nicht zur Ausführung kam, und die Regierung sich von der Unbrauchbarkeit desselben bald überzeugte. 1875 wurde dem Handels-Amt mitgetheilt, die Regierung habe beschlossen, das von Redman aufgestellte, in dem Plan mit *d d* bezeichnete Project auszuführen. Dasselbe unterscheidet sich von dem zuerst gewählten besonders dadurch, dafs die nach Süden gerichtete Hauptmündung weiter vortritt, wodurch ohne wesentliche Verlängerung der Dämme der Flächeninhalt sich nahe auf 700 Acres oder auf 1100 Morgen vergrößert. Es wurde dabei auf den Flächenraum anderer durch Dämme oder durch natürliche Ufer geschützten Rheden Bezug genommen und angeführt, dafs die Rhede

von Holyhead	1050 Morgen
„ Portland	1590 „
„ Cherbourg gleichfalls . . .	1590 „
„ Plymouth	1100 „

enthält. Es hatte sich aber herausgestellt, dafs in der letzten Zeit selbst diejenigen Dampfer, welche den Güterverkehr mit dem Festlande vermitteln, bedeutend gröfsere Dimensionen, als früher angenommen haben. Ausserdem wurde es für nöthig erachtet, dafs hier auch Kriegsschiffe einlaufen und sicher vor Anker liegen könnten.

Das mit *c c* bezeichnete Project sollte nach Clarke bei Einführung einer einfacheren Construction für 1 Million Pfund in 5 Jahren auszuführen sein. Es war dabei Absicht, den untern Theil der Dämme bis 16 Fufs unter Niedrigwasser nur mit Béton-Blöcken zu umschliessen, den innern Raum aber mit Béton unmittelbar auszufüllen. Von hier ab 13 Fufs hoch, also bis 3 Fufs unter Niedrigwasser durchweg ein Mauerwerk aus Béton-Blöcken darzustellen, und alsdann bis zur vollen Höhe die Dämme nur aus Béton zu formen.

Redman meint, dafs, wenn man mit Rücksicht auf die geringe Verlängerung, wie auch auf manche nicht vorherzusehende Zufälligkeiten 50 bis 70 Procent zufügt, auch die Kosten für sein Project, dessen Constructionsart aber nicht angegeben wird, gedeckt werden würden.

Zu erwähnen bleibt endlich noch die durch Punkte bezeichnete Schlammablagerung, welche in den letzten Jahren zu beiden Seiten des Kopfs am Admiraltäts-Pier erfolgt ist. Dieselbe bildet an der östlichen Seite einen Haken, ganz ähnlich denjenigen, welche § 13 beschrieben wurden. Obwohl gerade da, wo derselbe liegt, die Tiefe früher mehr als 40 Fufs maß, so hat sich die Ablagerung stellenweise bis auf 17 Fufs unter Niedrigwasser erhoben. Auch auf der westlichen Seite zeigt sie sich, sie besteht aber nicht aus dem groben Kiese, der den Strand hier bildet, sondern aus fein zerriebener Kreide, verbunden mit den Unreinigkeiten, welche die Abzugs-Canäle von Dover der Bucht zuführen.

Siebenter Abschnitt.

Der Hafen von Pillau.

Verschiedene Tiefe.

Der Stromschlauch, der ein Haff oder einen größern Binnensee mit der Ostsee verbindet, wird, wenn er keine bedeutende Länge hat, ein Tief genannt. Ein solches muß hinreichende Weite und Tiefe haben, damit die Seeschiffe in das Haff und zu den an diesem belegenen Orten gelangen können. Die Strömungen, die sich beim wechselnden Wasserstande der See, oder auch in Folge der Zuflüsse zum Haff darstellen, pflegen im Tief selbst schon die Schiffbarkeit zu erhalten, wogegen die Sandbank oder die Barre, die sich vor dem Tief bildet, wenn sie auch immer unter Wasser bleibt, doch vielfach sich so hoch erhebt, daß sie größern Schiffen den Uebergang nicht gestattet. Die Aufgabe besteht alsdann darin, das Tief so zu reguliren, daß der ausgehende Strom in eine bestimmte Richtung gewiesen, und soweit es geschehn kann, auch so verstärkt wird, daß er auf der Barre noch hinreichende Kraft hat, um daselbst eine tiefere Rinne, die das Seegatt heißt, offen zu erhalten.

Seit mehreren Jahrhunderten hat man sich bemüht, vor dem Pillauer Tief dieses zu erreichen, und es sind dabei vielfach wichtige Erfahrungen gemacht, deren Mittheilung sich rechtfertigen dürfte. Die eigentlichen Hafengebauten stehn hiermit in der innigsten Beziehung, da dieselben zwecklos sein würden, wenn die Verbindung mit der See unterbrochen wäre.

Außerdem empfiehlt es sich auch, an einem Beispiel zu zeigen, wie ein Hafen entstand, und im Lauf der Zeit sich ausbildete, namentlich wenn derselbe, wie der Pillauer, nach Beendigung der noch in der Ausführung begriffenen Anlagen ohne Zweifel zu den bedeutendsten in Deutschland gehören wird. Hierzu kommt noch, daß seit der Eröffnung des neuen Tiefs vor nahe 600 Jahren

seine weitere Ausbildung mit historischer Gewissheit sich verfolgen läßt. Wenn aber die nachstehenden Mittheilungen sich nicht auf das Technische beschränken, sondern auch die Verwaltung und manche Umstände berühren, welche die Ausbildung des Hafens beförderten oder erschwerten, so wird es dem angehenden Baumeister nützlich sein, hiervon Kenntniß zu nehmen und ihn auf Schwierigkeiten vorbereiten, denen er in ähnlichen Fällen entgegen sehn muß.

Pillau liegt an der Mündung des Ostpreussischen Frischen Haffs in die Ostsee, und bildet den Vorhafen für Königsberg und Elbing, indem wegen der Untiefen im Haff die größern Schiffe zur Zeit bis zu diesen nicht gelangen können. Ueber das Frische Haff, seine Trennung von der Ostsee durch die Nehrung und seine sonstigen Eigenthümlichkeiten ist bereits § 13 die Rede gewesen. Fig. 27 auf Taf. IV zeigt im Allgemeinen die Lage von Pillau.

Von der südwestlichen Ecke des Samlandes oder der 4 Meilen breiten Halbinsel, die zwischen See und Haff westlich von Königsberg liegt, erstreckt sich in süd-südwestlicher Richtung eine kleinere Halbinsel, die gleichsam die Fortsetzung der gegenüber liegenden Nehrung bildet. Sie unterscheidet sich von dieser jedoch dadurch, daß sie, wenn auch mit Sand bedeckt, doch aus Thonboden besteht. Neben dem alten Schloß Lochstädt hat sie die geringste Breite. Weiterhin verbreitet sie sich wieder und hinter den Dörfern Camstgal und Alt-Pillau wird der Thonboden in einer von Nordwest nach Südost gerichteten Linie plötzlich abgeschnitten. An das westliche Ende dieser Linie schließt sich aber wieder eine noch schmälere und kürzere Halbinsel an, die sehr niedrig ist und nur aus abgelagertem Seesand besteht. Am äußersten Ende von dieser liegt das Städtchen Pillau und daneben der Hafen.

Die ausgedehnte, vom Wasser bedeckte und gleichfalls aus Seesand gebildete Untiefe, welche die Situationszeichnung im Haff neben Pillau angiebt, war früher nicht vorhanden. Die daselbst liegenden Schiffe waren daher bei südlichen und östlichen Winden einem starken Wellenschlag, und beim Aufgange des Eises augenscheinlichen Gefahren ausgesetzt. Um sie zu sichern, wurde der auf der Nordseite der Stadt damals vorhandene Sumpf ausgetieft und in einen kleinen Hafen verwandelt. Derselbe besteht

noch gegenwärtig und heist der Graben (vergl. Fig. 143 Taf. XXVIII).

Dieses war der erste Anfang des dortigen Hafenbaues. Später wurde auf der Ostseite von Pillau eine daselbst befindliche Untiefe künstlich bis über Wasser erhöht. Die zwischen dieser, dem sogenannten Russischen Damm, und der Stadt liegenden Schiffe waren nunmehr gesichert, und dieser Raum bildet bis zur neusten Zeit den eigentlichen Hafen, der jedoch inzwischen wesentlich vergrößert ist.

Der Hafen mündet in das Tief, in welchem die Tiefe, selbst für die größten Schiffe, immer genügend gewesen ist, während der Ausgang nach der See vielfach gesperrt war, indem das Seegatt auf der Barre sich oft stark verflachte. In solchem Fall blieb nur übrig, einen Theil der Ladung der ankommenden Schiffe schon auf der ungeschützten Rhede, also auf offener See, in Lichterfahrzeuge überzunehmen oder in gleicher Weise die ausgehenden Schiffe daselbst vollständig zu befrachten. Dieses verursachte augenscheinlich bedeutende Kosten und war bei plötzlich eintretenden Westwinden mit großen Gefahren verbunden. In solchen Zeiten wurden die größten Schiffe auch gar nicht nach Pillau befrachtet.

Zur Beseitigung dieses Uebelstands, der nunmehr seit 25 Jahren nicht eingetreten ist, sind, wie aus Folgendem sich ergeben wird, sehr bedeutende Bauten ausgeführt, die auch gegenwärtig noch fortgesetzt werden.

In gleicher Art, wie auf der Seeseite, ist das Tief auch vor dem Haff von Sandbänken umgeben, über welchen nur eine mäfsige Fahrtiefe sich vorfindet, die also gleichfalls den Uebergang großer Schiffe verhindern. Diese Bänke bestehn aus dem Seesande, der durch den Küstenstrom bis vor das Tief getrieben und vom eingehenden Strom gefalst, durch das Tief geführt, und hinter demselben im ruhigen Wasser niedergefallen ist. Diese ganze Untiefe, die mit dem Camstigaler Haken zusammenhängt, nennt man die Platte oder den Glasmacher. Eine Bucht in demselben, die Fig. 27 auch angedeutet ist, und durch den eingehenden Strom offen erhalten war, hatte vor fünfzig Jahren noch solche Tiefe, daß mäfsig große Schiffe darin liegen konnten. Sie hieß der Kessel und wurde als ziemlich sichere Binnen-Rhede benutzt. Nur bei nordwestlichen heftigen Winden, wenn die Wellen aus

der See ungeschwächt in das Tief einliefen, geschah es nicht selten, daß die Ankertaue der im Kessel liegenden Schiffe brachen, und diese, auf die flacheren Untiefen geworfen wurden und hier bedeutende Havarien erlitten oder auch wohl zerschellten.

Das einzige Fahrwasser, welches gegenwärtig von Pillau in das Haff führt, ist die sogenannte *Renne* (vergl. Fig. 144 auf Taf. XXIX), die von der Nehrungs-Spitze aus südöstlich gerichtet ist. Die nach Königsberg aufgehenden Schiffe müssen daher zunächst südwärts steuern, während sie später ostwärts gehn. Zu dieser Unbequemlichkeit, die oft das Auslaufen aus Pillau verhindert, während der Wind für die weitere Fahrt nicht ungünstig ist, kommt noch der Uebelstand, daß in der Renne, die von der Strömung aus dem Elbinger Haff gekreuzt wird, nur durch ununterbrochene Baggerung die Tiefe von etwa 12 Fufs erhalten werden kann.

In der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts war die Renne unter den drei Fahrwassern, die damals von Pillau in das Haff führten, das flachste, wenigstens nicht tiefer, als die sogenannte *Alte Fahrt*, die in noch früherer Zeit von allen Schiffen benutzt wurde. Diese zog sich neben dem Schwalkenberge oder dem hohen Ufer bei Alt-Pillau, Wogram und Camstigal in östlicher Richtung hin. Dieses Fahrwasser galt als sehr günstig, doch lagen darin mehrere grose Steine, die sorgfältig vermieden werden mußten. Es ist jetzt vollständig versandet, so daß selbst Ruderböte nicht mehr hindurchkommen. Ein drittes Fahrwasser, das im Anfange des vorigen Jahrhunderts das tiefste und zugleich für die Schifffahrt nach Königsberg auch das bequemste war, führte in südöstlicher Richtung aus dem Tief durch den Kessel nach dem Haff. Es hat auch gegenwärtig noch die Tiefe von etwa 3 Fufs, woher es bei starken Anschwellungen zuweilen von den kleinsten Schiffen benutzt wird. Man bezeichnet es durch die Benennung über den Heerd.

Das jetzige Tief, oder die Verbindung zwischen der See und dem Frischen Haff, besteht erst seit einigen Jahrhunderten. In früherer Zeit hat die Ausmündung des Haffs mehrmals ihre Stelle gewechselt, und zwar hat sie an Punkten sich ausgebildet, die mehrere Meilen von einander entfernt sind.

Die Umgebungen von Pillau wurden wahrscheinlich schon

im frühesten Alterthum den handeltreibenden Völkern bekannt. An der westlichen Küste des Samlandes, die sich von Pillau aus vier Meilen weit nach Norden erstreckt, findet sich der Bernstein häufiger, als sonst irgend wo, und schon bei den Phöniziern war er ein gesuchter Handels-Artikel. Der Heilige Adalbert, der zuerst das Christenthum in Preussen predigte, soll ums Jahr 997 in der Nähe von Lochstädt ermordet sein. Als der Deutsche Orden 1250 in das Samland eindrang, war Lochstädt bereits ein festes Schloß, das um so größere Bedeutung hatte, als die Verbindung zwischen dem Frischen Haff und der See, oder das Tief, sich unmittelbar daneben befand. Die kriegerische und zahlreiche Bevölkerung des Samlandes leistete dem Orden lange Zeit hindurch Widerstand, und wenn auch erst durch die Schlacht bei Rudau im Jahr 1370 dieser Kampf beendet wurde, so baute der Orden doch schon 1265 das jetzige Schloß Lochstädt.

Noch gegenwärtig ändern sich in einzelnen Theilen die Umgebungen und Umgrenzungen des Haffs, wiewohl man denselben meist begegnet, man darf daher mit Sicherheit annehmen, daß dieses in früherer Zeit weit mehr geschah. Die steil sich erhebenden und nur aus diluvialen Ablagerungen bestehenden hohen Ufer vor Camstigal und Balga, die auch gegenwärtig dem Abbruch noch nicht ganz entzogen sind, traten ohne Zweifel einst weiter vor und standen vielleicht mit einander in Verbindung. Die ausgedehnte Niederung an der Mündung der Nogat schob sich durch die Alluvionen in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts noch in jedem Jahr um $11\frac{1}{2}$ Ruthen weiter in das Haff hinein (Theil I dieses Handbuchs, § 24). Auch auf der Nehrung fliegt jedes Sandkörnchen, das nicht durch künstliche Anlagen oder durch natürlichen Pflanzenwuchs zurückgehalten wird, von der See- nach der Haffseite. Daß die Nehrung aber früher sich weiter in die See erstreckte, ergibt sich daraus, daß man stellenweise bis 10 Ruthen vor den Ufern bei ruhiger Witterung starke Baumwurzeln unter Wasser sieht, die auffallender Weise jedesmal ihre natürliche Stellung beibehalten haben, also eine allgemeine Senkung des Bodens vermuthen lassen. Die großen Stücke Darg oder Seetorf, die beim Sturm an das Ufer geworfen werden, scheinen anzudeuten, daß diese Senkung beim Anwachsen der Dünen durch Compression des Untergrundes erfolgte.

Jedenfalls kann man auch gegenwärtig noch von der Bewegung des losen Sandes sich überzeugen (§ 25). So lange aber die Dünen sich selbst überlassen blieben und sich bald vor einem Weidenstrauch hoch anhäuften, bald aber, indem der Wind sie besonders stark traf, stellenweise so angegriffen wurden, daß Vertiefungen bis zum Niveau des Meeres sich darin bildeten, so darf es nicht befremden, daß auch das Wasser beim Anschwellen der See durch solche Rinnen hindurchfloß und schließlichsie so erweiterte und vertiefte, daß sie die schiffbare Verbindung zwischen See und Haff darstellten, während die frühern Ausmündungen, in welchen hierdurch die Strömung geschwächt wurde, nunmehr sich verflachten und vollständig schlossen. Daß Umgestaltungen dieser Art in jener Zeit, wo keine künstlichen Sicherungsmittel angewendet wurden, leicht erfolgen konnten, zeigt auch ein neueres Ereigniß. Im Jahre 1840 durchbrach nämlich die Weichsel bei einer Eisversetzung im untern Theil ihres Laufs plötzlich die Nehrung bei Neufähr und eröffnete hier in kurzer Zeit eine so weite Mündung, daß diese sogleich den ganzen Ström aufnahm, dessen verlassnes Bett seitdem in einen todten Arm verwandelt ist.

Sehr wichtig ist die Frage, ob das Frische Haff stets, wie jetzt, eine zusammenhängende Wasserfläche bildete, oder ob es einst aus zwei Binnenseen bestand, die durch hohes Land zwischen Camstigal und Balga von einander getrennt wurden. Voigt*) nimmt das Letzte an, und vermuthet, daß dieses im Haff untergegangene Land das Witland gewesen, von dem in den Urkunden des dreizehnten Jahrhunderts mehrfach die Rede ist. Auch hat sich in der Umgebung von Pillau noch die Sage erhalten, daß man einst trocken Fußes vom Camstigaler Ufer nach dem Balgaer hätte herübergehn können, indem in der schmalen Rinne, die beide trennte, der Schädel eines Thiers lag, auf den man dabei auftrat. Henneberger sagt dagegen, das jetzige Samland wäre früher Witland genannt worden, woher Lochstädt bei der Ankunft des Ordens Witlandsort hieß. Wenn es auch denkbar ist, daß die aus Thonboden bestehende Verbindung, die auf beiden Seiten von den Wellen angegriffen wurde, im Lauf der

*) Geschichte Preussens. Erster Band. Königsberg 1827. Achte Beilage, Seite 677 ff.

Zeit durchbrach, so ist es unerklärlich, daß gerade an dieser Stelle die größte Tiefe sich ausbilden konnte, die im jetzigen Haff vorkommt.

Die Entstehung der Frischen Nehrung fällt jedenfalls in vorhistorische Zeiten, wenn auch einzelne Chroniken-Schreiber sie in das Jahr 1200 versetzen.

Die früheste Verbindung zwischen See und Haff, deren die Geschichte erwähnt, oder das erste Tief, lag Tolckemit oder Frauenburg gegenüber. Dasselbe ist ohne Zweifel nichts Andres als das Fliefs, von dem Henneberger sagt, daß es zwischen Vogler und Schmergrube gelegen habe, und 1311 versandet sei. Der Ort Vogler besteht noch, Schmergrube lag aber zwischen Vogler und Kahlberg. Diese Stelle, die in der That Frauenburg gegenüber sich befindet, ist also ziemlich genau bezeichnet, doch läßt die Benennung „Fliefs“ vermuthen, daß das Tief in damaliger Zeit schon sehr versandet gewesen. Voigt sagt, die Stelle, wo es gelegen, gebe sich noch zu erkennen, ich habe indessen vor 50 Jahren mehrmals vergeblich darnach gesucht. Waldungen existiren hier nicht mehr, dieselben beginnen erst bei Kahlberg und ziehn sich alsdann bis gegen die neue Weichsel-Mündung hin. Nordöstlich von Kahlberg ist die Nehrung kahl, und der Sand hat sich hier nicht in unregelmäßigen Dünen-Hügeln, sondern in ausgedehnten hohen Plateaus angehäuft, und wenn dazwischen auch einzelne Vertiefungen geblieben oder vielleicht später durch den Wind eingerissen sind, so läßt kein Umstand die Lage dieses früheren Tiefs mit einiger Sicherheit erkennen. Gewiß begründet sich aber hieraus kein Zweifel gegen die That-sache, daß die Nehrung hier einst durchbrochen war. Wo so große Sandmassen ein Spiel des Windes sind, können dieselben in viel kürzerer Zeit, als in fünf Jahrhunderten, jede Spur des früheren Wasserlaufs verdecken.

Daß bei Lochstädt ein Tief existirte, als der Orden nach Preussen kam, ist eine historisch begründete Thatsache, doch giebt es keinen Grund zu der gewöhnlichen Annahme, daß dasselbe nicht schon mit dem ersten, oder dem Frauenburg gegenüber liegenden, gleichzeitig bestanden hätte. Wenn einst das Camstigaler Ufer mit dem Balgaer zusammenhing, so bildete das letzt erwähnte Tief die Verbindung des Elbinger Haffs mit der See,

während das Königsberger Haff, das sich gewifs ostwärts in den jetzigen Pregelwiesen viel weiter ausdehnte und mit der Bucht vor Fischhausen zusammenhing, theils durch das Lochstädter Tief abfloß, theils aber auch durch die Deime, 5 Meilen oberhalb Königsberg, in das Curische Haff mündete. Es fehlt indessen so sehr an sichern Thatsachen und jede Vermuthung führt zu so erheblichen Bedenken, daß es zwecklos wäre, auf letztere noch näher einzugehn.

Die Situations-Zeichnung Fig. 140 auf Taf. XXVI zeigt die Umgebungen des Schlosses Lochstädt. Der Orden begann den Neubau desselben 1265. Es besteht zum Theil noch und wird bewohnt. Auch die Kirche wird gegenwärtig noch zum Gottesdienst benutzt. Es ist eines der schönsten Monumente der mittelalterlichen Architektur in Ost-Preußen.

Der Hügel, auf dem es steht, erhebt sich 40 Fufs über den mittleren Spiegel der See, und zeigt den Diluvial-Boden. Das Terrain umher ist mit Seesand überdeckt. Die Wiesen am Haff, über die in neuester Zeit die Eisenbahn geführt ist, entstanden wohl nach der Versandung des Tiefs, jedenfalls existirte aber schon damals das höhere Thonufer.

Anders verhält es sich mit dem See-Ufer. Dasselbe bricht bis nach Brüsterort hin, also soweit es sich nach Norden erstreckt und dem vollen Angriff der westlichen Stürme ausgesetzt ist, sehr stark ab. Lochstädt gegenüber hat man freilich seit etwa 60 Jahren durch Dünenbauten dasselbe zu sichern versucht, wenn es aber auch zuweilen geglückt ist, durch Auffangen des Sandes den Anfang einer Vordüne daselbst zu bilden, so wird diese doch bei jedem heftigen Sturm zerstört und der davor liegende Sand so vollständig fortgespült, daß das steile Thonufer wieder zu Tage tritt und neuen Angriffen ausgesetzt ist. In Betreff der Cultur der über dem Thon liegenden Sandschellen hat der Dünenbau hier zu sehr günstigen Resultaten geführt, denn an der Stelle, die gegenwärtig mit dichtem Walde von Laubholz und Kiefern bedeckt ist, auf der Charte die Plantage benannt, sah man vor 50 Jahren nur die kümmerliche Vegetation von Dünengras und einige vereinzelte Weiden. Diese Pflanzung auf dem hohen Ufer kann indessen augenscheinlich den weitem Abbruch des Uferandes nicht verhindern, zu einem sichern Schutz desselben durch

Einbaue hat man sich indessen wegen des sehr langsamen Abbruchs noch nicht entschlossen.

Auf demselben Plan ist auch die Lage der St. Adalberts Capelle angegeben (irrhümlich St. Albrecht bezeichnet). Von dieser sind gegenwärtig nur wenige Spuren der Fundamente noch vorhanden, worauf in neuerer Zeit ein eisernes Kreuz errichtet ist. Die Capelle wurde angeblich an derselben Stelle, wo der Heilige erstochen war, im dreizehnten Jahrhundert erbaut. Pisanski sagt, indem er sich auf frühere sehr unbestimmte Mittheilungen stützt, sie sei eine Meile vom Meeresufer entfernt erbaut worden. Im Jahr 1832, als ich diese Situation aufnahm, betrug die Entfernung nur 50 Ruthen. Hiernach müßte das Ufer durchschnittlich in jedem Jahr etwa 40 Fufs zurückgewichen sein, was man kaum annehmen darf, da der Abbruch gegenwärtig viel geringer ist, während demselben in keiner Weise vorgebeugt wird.

Südlich vom Schlofs zieht sich eine Niederung in ziemlich gerader Richtung vom Haff nach der See hin. In der Situations-Zeichnung ist sie durch die eingeschriebenen Zahlen bezeichnet, welche die Höhe des Terrains über dem mittleren Wasserstande der See angeben. Dafs hier das Tief gelegen habe, findet Bestätigung in zwei sehr alten perspectivisch gezeichneten Charten auf dem Königsberger Archiv. Dieselben sind augenscheinlich sehr roh und ohne wirkliche Messung nur nach dem Augenschein entworfen, und weder mit einer Jahreszahl, noch mit einem Maafstab versehen. Beide stimmen mit einander genau überein, woher die eine nur Copie der andern ist. Sie zeigen links das Schlofs Lochstädt, rechts die See und im Hintergrunde die Baumgruppen des Waldes, der noch besteht. Auf eine dieser Charten ist ungefähr in der Richtung der erwähnten Niederung ein Graben eingezeichnet, dessen Maafse mit alterthümlicher Schrift beigefügt sind, nämlich 74 Faden lang, 25 Faden weit, 4 Faden tief. Wahrscheinlich bezogen sich diese Charten auf ein Project, das theilweise versandete Tief wieder auszugraben. Die sonstigen Documente des Archivs geben hierüber keine Auskunft.

In der Zeit, als ich Hafens-Bauinspector in Pillau war, und mich bemüht hatte, durch Zäunungen den vor dem See-Ufer vorbeitreibenden Sand zur Bildung einer Vordüne aufzufangen, trat im October 1828 ein sehr heftiger Sturm aus Westen ein, der diese

Dünenbauten vollständig zerstörte, und die steilen Thonufer, die bisher mit Sand überweht waren, wieder blofs legte. An der Stelle, wo die erwähnte Niederung in die See trat, waren die Thonufer aber nicht zu bemerken, und jedenfalls konnte unter den dortigen Verhältnissen eine Thonablagerung sich nicht wieder bilden. Das frühere Tief war also unbedingt nur durch reinen Seesand verschüttet. Die Breite desselben liefs sich also sicher feststellen, sobald untersucht wurde, in welcher Breite und zwar in der Höhe des mittlern Standes der See der Thonboden durch den Sand unterbrochen war. Zu diesem Zweck liefs ich in der Richtung des Fufses des höhern Ufers den Strand aufgraben, und es ergab sich, dafs in der Verlängerung jener Niederung der Thonboden wirklich nicht vorhanden war, und zwar fehlte er in der benannten Höhe auf eine Länge von 52 Ruthen. In der Charte sind diese Grenzen durch die Buchstaben *B* und *C* bezeichnet.

Das Lochstädter Tief hatte sonach vergleichungsweise zu dem jetzigen nur eine sehr geringe Breite, während es, wenn man den inzwischen erfolgten Abbruch des See-Ufers nicht berücksichtigt, doch wenigstens 250 Ruthen lang war. Diese Länge verdoppelt sich aber, wenn man auch nur annimmt, dafs das Ufer in jedem Jahr durchschnittlich um 5 Fufs zurückwich.

Das Tief bei Pillau hat durch die seit 300 Jahren ausgeführten Anlagen und Bauten wesentlich an Breite verloren und an Länge gewonnen. Die Dimensionen desselben in seinem natürlichen Zustande ergeben sich aus der Charte, welche der Kriegs- und Domänenrath Lilienthal seinem Bericht vom 22. Januar 1767 über die Verbesserung des Hafens beifügte. Nach derselben betrug die Breite des Tiefs 160 Ruthen, seine Länge war aber gar nicht zu bemessen, weil die noch unbefestigte Nehrung in eine scharfe Spitze auslief. Dieser auffallende Unterschied unterstützt vielleicht die Ansicht, dafs das Lochstädter Tief nur zu einer Zeit entstehen konnte, als der dahinter belegene Binnensee von festeren Ufern umschlossen war und die Nehrung gar nicht berührte. Jenes oben erwähnte, ältere oder das Frauenburger Tief bestand also wahrscheinlich gleichzeitig mit diesem.

Zu welcher Zeit das Lochstädter Tief versandete, ist nicht mit Sicherheit anzugeben. Henneberger sagt*) in der Beschreibung

*) Erklärung der Preussischen Landtafel 1595.

von Lochstädt: „Anno 1311 erhub sich im Augusto ein so greulicher Sturm und Ungewitter, dafs man meinete, das Land würde untergehn, in welchem sich das schöne Tieff an dem Schlosse erfüllet“. Bei Beschreibung der Tiefe spricht sich Henneberger in demselben Werk noch ausführlicher hierüber aus. Er sagt: „das Lochstädter sei ein gar schönes Tieff gewesen, aber Anno 1311 waren drei greuliche Sturmwinde, einer im Augst, der andere auf Donati, der dritte auf Michaelis und erfülleten dies Tieffe“. Unter der Ueberschrift: „das andere Tieff“, fügt er hinzu: „Als sich nun das erste oder das Lochstädter Tieff erfüllet, da erfüllete sich auch das Flies zwischen Fogler und Smergrube und rifs das andre Tieff gegen der Balge über, so man fort das Alte Tief nennet“. Nach Simon Grunaw verschwand im Jahre 1395 das Lochstädter Tief, und gleichzeitig entstand ein andres, Rosenberg gegenüber, das anfänglich 9 Faden tief war.

An der Empore der Kirche in Alt-Pillau, die freilich, nachdem die ältere abgebrannt war, erst im Jahre 1657 erbaut wurde, befindet sich, vom damaligen Schulmeister verfaßt, eine Inschrift, die vollständig hier mitgetheilt werden mag, da sie als wichtiges historisches Document vielfach angesehen wird. „Anno 1311 im Monat August ist durch einen ungewöhnlich starken Sturm das damalige Tief unter Lochstädt gänzlich erfüllet, und dahingegen in der Nehrung, gegen der Balga über, wiederum ein neues durchgebrochen, welches denn auch bis ins folgende 1479ste Jahr beständig geblieben. Anno Christi 1479 im Monat Januar am Tage der heiligen drei Könige entstand wiederum ein heftiger Sturm aus Norden, und hielt vier Tage nach einander dermatsen an, dafs die Nehrung anderweit allhier durchgerissen und bei Pillau das jetzige schöne Tief diesem guten Lande und den seefahrenden Leuten der Allerhöchste verliehen, welches denn auch von der Zeit ab bis anjetzo beständig geblieben.“

Das sogenannte Balgasche Tief lag nicht sowohl dem Schloss Balga, als vielmehr dem Städtchen Heiligenbeil gegenüber. In geringer Entfernung von dem letztern befindet sich das Dorf Rosenberg, und sonach stimmen die obigen Angaben mit einander überein. Es ist wahrscheinlich, dafs das Schloß Balga, auf dem hohen Ufer belegen, seine Bedeutung erst durch dieses Tief erhielt, und sonach erklärt es sich, dafs Letzteres nach ihm benannt

wurde. Andererseits macht Töppen*) darauf aufmerksam, daß wahrscheinlich das Schloß nach dem Tief benannt wurde. Die Benennung Tief kommt nämlich erst in den Urkunden des fünfzehnten Jahrhunderts vor, die älteren Documente sprechen von Balgen. Das Wort, Balje, ist noch gegenwärtig an der Deutschen Nordsee-Küste üblich, und bedeutet die Rinne, durch welche die Fluth über ein Watt tritt.

Man darf nicht voraussetzen, daß dieses Tief beim Schluss des Lochstädter, vielleicht auch des Frauenburger, sich plötzlich eröffnete und sogleich vollständig ausbildete, vielmehr ergeben die späteren Mittheilungen, daß die Nehrung an vielen Stellen so niedrig war, daß bei hoher See das Wasser überfloß, woher, so lange die Neben-Oeffnungen nicht künstlich geschlossen wurden, wohl immer mehrere Verbindungen von größerer oder minderer Tiefe gleichzeitig neben einander bestanden. Die Angaben in den alten Chroniken beziehn sich aber nur auf diejenigen Verbindungen, durch welche Schiffe hindurchgehn konnten. Es erklärt sich, daß, sobald eine dieser Rinnen zufällig an Capacität gewann, die Strömung in der andern sich vermindern mußte, und so konnte eine flache Verbindung schon lange bestanden haben, bevor ihrer Erwähnung geschieht.

Die Stelle, an welcher das Balgaer Tief sich gebildet hatte, ist in Fig. 27 auf Tafel IV mit *B* bezeichnet. Sie war im Jahr 1827 noch deutlich zu erkennen. Nahe eine halbe Meile südlich von dem Hause, welches noch heutiges Tages Alt-Tief heißt, tritt vom Haff aus eine tiefe Bucht in die Nehrung, wodurch die Breite der letzteren hier überaus geringe wird und nur 110 Ruthen mißt. Die Sandablagerungen sind außerdem daselbst sehr niedrig, und man sah dazwischen sogar eine tiefe Einsenkung, die bis unter den Spiegel der See hinabreichte, also stets mit Wasser bedeckt war und worin Binsen wuchsen. Aehnliche Vertiefungen mit dieser Vegetation finden sich im nördlichen Theil der Frischen Nehrung nicht wieder vor und zeigen sich nur weiter südwestlich, wo der Boden nicht mehr aus reinem Seesand besteht. An der

*) In dem Aufsätze, überschrieben „Die Frische Nehrung und der große Werder“, in den Preussischen Provinzial-Blättern, neue Folge Bd. 1, 1852, S. 85.

erwähnten tiefen und schmalen Stelle wurde auch später ein Durchbruch befürchtet, woher man schon im vorigen Jahrhundert daselbst Zäunungen ausführte. Dafs hier das Tief gewesen sei, bestätigt sich endlich auch durch die Wassertiefe in der erwähnten Bucht des Haffs, die 10 Fufs misst, woher kleinere Fahrzeuge hier einen sichern und bequemen Ankerplatz finden.

Nach den geschichtlichen Nachrichten wird auch dieses Tief sehr gerühmt, indem es leicht und ohne Gefahr durchfahren werden konnte. Die Tiefe desselben wird sehr verschieden angegeben, Henneberger spricht von 15 Ellen, Andere sogar von 9 Faden. Wahrscheinlich waren jene 15 Ellen nur in dem eigentlichen Tief gemessen, während seewärts bedeutend höhere Sandbänke davor lagen. Es hatte also grofse Aehnlichkeit mit dem jetzigen Tief, und man begnügte sich damit um so mehr, als die Schiffe damals noch kleiner waren.

Mehrere an dem Haff belegene Städte, namentlich Königsberg, Elbing, Braunsberg, Frauenburg und Tolkemit beteiligten sich schon früh an dem Seehandel, und der Wohlstand in dem ganzen Gebiet des Ordens hob sich dadurch in erfreulicher Weise. Eine Folge hiervon war, dafs auf die Erhaltung des Tiefs grofse Aufmerksamkeit verwendet wurde. Sehr wichtig ist in dieser Beziehung ein Schreiben des obersten Marschalls an den Hochmeister vom 23. März 1426, welches Töppen in der oben bezeichneten Abhandlung mittheilt. Der Marschall hatte mit den Räthen von Elbing und Königsberg das neue Tief besichtigt. Es waren auch mehrere Meister als Sachverständige zugegen, da diese aber nach seiner Meinung das Bedürfnifs zu hoch anschlugen würden, so hatte er noch einen zuverlässigen Meister aus Danzig mitgenommen. Er sagt, das ganze Tief (wohl mit Einschluss des See-Gatts) sei eine kleine halbe Meile lang, die Breite des tiefen Fahrwassers betrage ungefähr 34 Ruthen und dasselbe sei 6 Ellen tief. Sobald wärmere Witterung eintrete, solle eine genauere Messung gemacht werden. Nach einer vorläufigen Besprechung mit dem Danziger Meister erachte er 500 Schock kleines und grofses Holz für nothwendig. In welcher Art man dieses Holz verwenden wollte, wird nicht mitgetheilt. Man sollte glauben, dafs von Ufereinfassungen die Rede wäre, weil zu den Zäunungen schon in damaliger Zeit nur Strauch benutzt wurde.

Wenige Jahre darauf, nämlich 1430, wurde die Genehmigung ertheilt, daß aus den bei Pillau belegenen Waldungen des Marschalls Strauch entnommen werden sollte, auch wurden die Mannschaften mehrerer Aemter aufgeboten, um verschiedene Einrisse in der Nehrung zu schliesen, also um neue Durchbrüche zu verhindern. Namentlich geschah dieses auf dem nördlichen Theil der Nehrung, also vielleicht an derselben Stelle, wo sich später das Pillauer Tief bildete.

Andrerseits wurde der Handel von Danzig durch die Concurrenz der am Haff belegenen Städte beeinträchtigt, und um die frühern Verhältnisse wieder herzustellen, „verfüllten“, wie Henneberger sagt, die Danziger im Jahr 1456 dieses neue Tief sowohl an der innern, als an der äußern Seite, so daß nunmehr die Tiefe nur noch 3 Ellen betrug. In welcher Weise diese Verfüllung geschah, theilt Henneberger nicht mit, es ist aber wohl anzunehmen, daß Schiffe versenkt wurden. Der mittlere Theil war ohne Zweifel zu tief, als daß man denselben sperren konnte, daher geschah dieses auf den Sand-Ablagerungen an der Seeseite.

Später, und zwar nachdem das neue Tief bei Pillau sich bereits geöffnet hatte, nämlich 1520, wiederholten die Danziger während der Abwesenheit des Hochmeisters dasselbe Unternehmen. Sie versenkten im ältern Tief auf der Seeseite zwei Schiffe und zwei Böte, auf der Haffseite dagegen fünf Weichselkähne, die sämmtlich mit Steinen beladen waren. Außerdem „verpfälhten“ sie auch noch das Fahrwasser. Hierdurch wurde das Balgasche Tief nicht nur für die Schifffahrt gesperrt, sondern auch vollständig zur Verlandung gebracht. Dieser letzte Erfolg lag gewiß nicht im Interesse der Danziger, denn gerade hierdurch wurde augenscheinlich die schnelle Ausbildung des neuen Tiefs bei Pillau wesentlich befördert. Schon Henneberger bemerkt dieses und schließt hieran eine moralische Betrachtung über den Neid an.

Nach der oben mitgetheilten Inschrift in der Kirche zu Alt-Pillau entstand das gegenwärtige oder das Pillauer Tief bereits 1479, nach Henneberger geschah dieses jedoch erst 1510 am St. Euphemien-Tage. Nach andern Nachrichten erfolgte der erste Durchbruch nicht an der Stelle des jetzigen Tiefs, sondern am Fuß des höhern Thonufers bei Alt-Pillau. Diese Mittheilung ist in sofern wahrscheinlich, als die sehr gerade Begrenzung des hohen

Thonufers sich hierdurch erklärt. Ob die letzte Verlegung dieses Tiefs von hier bis an seine jetzige Stelle, wodurch es also etwa 400 Ruthen weiter nach Süden rückte, plötzlich und während eines Sturms geschah, wie behauptet wird, oder ob sie nach und nach erfolgte, muß dahin gestellt bleiben. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß in einer Zeit, wo man die aus losem Sande bestehenden Ufer sich selbst überliefs, das Tief nicht unverändert an derselben Stelle blieb, sondern sich leicht verlegen konnte, indem die starke Durchströmung auf einer Seite Abbrüche und auf der andern Verflachungen veranlafste. Bis zur neusten Zeit wiederholt sich aber stets die Erscheinung, daß das See-Gatt sich nach und nach südlich wendet, indem aber die Lage des Tiefs durch Befestigung der beiderseitigen Ufer jetzt gesichert ist, so bricht endlich bei starker Ausströmung vor demselben ein neues nordwestlich gerichtetes See-Gatt durch, das aber wieder nicht dauernd ist, sondern bald dieselbe Veränderung zeigt. Man darf wohl annehmen, daß die periodische Rückkehr zur frühern Richtung nur durch die unveränderte Lage des Tiefs veranlafst wird, daß dieses aber dem See-Gatt folgen würde, wenn es nicht durch Uferbauten daran gehindert wäre. In dieser Weise würde es sich erklären, daß das Tief allmählig weiter nach Süden rückte. Seit 1510 scheint keine merkliche Veränderung eingetreten zu sein. Am 16. September 1810 wurde von den Bewohnern und Behörden Pillau's das dreihundertjährige Bestehn des jetzigen Tiefs gefeiert.

Auch dieses Tief wollten die Danziger bald darauf wieder sperren, aber der Hochmeister, unterstützt von den drei Städten, das heißt von Königsberg (damals Altstadt, Löbenicht und Kneiphof), verhinderte dieses. Zwei Schiffe, auf denen man mit dem Eintreiben von Pfählen beschäftigt war, so wie auch einige andre wurden in den Grund geschossen, und indem gleichzeitig ein Gewitter sich erhob, ging die ganze Danziger Flotte zu Grunde. In den nächsten Tagen untersuchte man das Fahrwasser, und es ergab sich, daß dasselbe ganz offen war, und ohne Gefahr befahren werden konnte.

§ 50.

Sicherung des Tiefs.

Wenn nunmehr auch nahe zwei Jahrhunderte vergingen, bevor ein Hafen neben dem neuen Tief angelegt wurde, so war man doch sogleich darauf bedacht, die Eröffnung andrer Tiefe, wobei dieses leiden würde, zu verhindern und außerdem auch dasselbe vor Versandung zu schützen. Man wollte nur ein hinreichend tiefes Fahrwasser zwischen der See und dem Haff darstellen. Die Einrichtung eines Hafens daneben war aber weniger dringend, da die Schiffe ohne Aufenthalt nach Königsberg und den andern Bestimmungsorten aufgingen.

Von dieser Zeit ab enthält das Geheime Archiv in Königsberg vielfache interessante Mittheilungen, theils in schriftlichen Documenten, und theils in alten Charten, die bis in das sechszehnte Jahrhundert hinaufreichen. Es ergiebt sich hieraus, wie aufmerksam man sogleich auf diese Verbindung mit der See gewesen, und wie sehr man sich bemühte, dieselbe nicht nur zu erhalten, sondern auch nach Möglichkeit zu verbessern. Zum Verständniß dieser Nachrichten muß aber sogleich darauf hingewiesen werden, daß man in damaliger Zeit, wie sich namentlich aus den Charten ergiebt, dem Worte Tief zwei ganz verschiedene Bedeutungen beilegte, indem dasselbe nicht nur die Verbindung zwischen Haff und See, also das zwischen den beiden vortretenden Landzungen befindliche Wasser, sondern zugleich die von Untiefen begrenzte Fahrinne nach der See bezeichnete. Was man also heutiges Tages See-Gatt nennt, hieß damals Tief. Auf einer Chartre von 1623 sind sogar beide Benennungen mit einander verwechselt. Wenn daher vielfach noch später von zwei Tiefen die Rede ist, die gleichzeitig bestanden, ohne daß ein neues Tief durch die Nehrung durchgerissen wäre, so bedeutet dieses nur, daß auf der Barre zwei Rinnen, oder zwei See-Gatte bestanden, welche von den Schiffen durchfahren wurden.

Am Abhange des hohen Ufers, welches sich von Camstigal bei Alt-Pillau vorbei bis nach der See hinzieht und das zwischen diesen beiden Dörfern der Schwalkenberg heißt, lag nach den ältesten Charten das Dorf Piela w, das wahrscheinlich nur aus

einigen Fischerhütten bestand. Nördlich davon, etwa eine Viertelmeile entfernt, stand das Dorf Wogeram oder Wögerahm. Letzteres ist später auf die Ostseite von Pillau (also von Alt-Pillau) versetzt worden, weil der starke Sandflug das Dorf bedrohte und jede Cultur unmöglich machte. Ausserdem bestand weiter ostwärts auf der Uferecke, welche die Fischhauser Wiek trennt, bereits das Dorf Camstigal.

Der erste Bau, den das neue Tief veranlafste, war ein Zollhaus zur Erhebung der Schiffsgelder, dasselbe hiefs die Pfundbude. Es wird schon in den ältesten Charten als ein gröfseres Gebäude bezeichnet, und bald darauf sogar als zweistöckig. Zur Bestrafung derer, die durchsegelten, ohne den Zoll zu entrichten, wurde zugleich auch ein Galgen erbaut. Die Pfundbude stand auf dem höchsten Punkt des Ufers hinter Alt-Pillau, im Norden der später erbauten Kirche, und der Galgen auf der niedrigen Landzunge in der Nähe des Tiefs. Auf einer der ältesten Charten ist auch noch ein zweiter Galgen auf der Spitze der Nehrung angegeben.

Diese ältesten Charten sind ohne Maafsstab und wahrscheinlich auch ohne wirkliche Messung nur nach dem Augenschein gezeichnet, auch die Jahreszahl fehlt meist. Man sieht auf einigen derselben mehrere Inseln in dem Tief. Grosentheils zeigen sie aber einen schmalen Streifen Landes, der auf der nördlichen Seite des Tiefs in östlicher Richtung sich in das Haff erstreckt. Diese Landzunge wurde der Haken genannt. Die Entstehung desselben erklärt sich leicht. Der einlaufende Strom führte von der Seeseite aus grosse Sandmassen mit sich, und diese warf er beim Eintritt in das weite Haff zur Seite nieder. Vielleicht bildete sich dieser Haken schon beim Durchbruch der See aus den Sandmassen, welche damals durch die Strömung fortgetrieben wurden. Die Benennung erhielt sich aber lange Zeit hindurch, und selbst als hier bereits eine bedeutende Anzahl von Häusern bestand, wurde der Ort „auf dem Haken“ genannt, während der Name Pillau noch das alte Dorf bezeichnete. Erst im Jahre 1725, als der neu entstandene Ort die Stadtgerechtigkeit erhielt, ging der Name Pillau auf ihn über und jenes Dorf hiefs von dieser Zeit ab Alt-Pillau.

Die Aufsicht über das neue Tief führte der Bürgermeister

und Rathmann der drei Städte (Königsberg). Derselbe beschwerte sich im Jahr 1526, daß die Umwohner in den Waldungen bei Pillau viele Bäume umschlugen. Dadurch würde der Sand bloßgelegt und triebe in das Tief, welches davon „verschlempt“ würde. Das Ausholzen müsse verboten und die kahlen Stellen durch Flechtzäune befestigt werden.

Im Jahr 1540 bildete sich ein Durchriß zwischen dem Blockhause und Pillau. Von diesem alten Blockhause ist wiederholentlich die Rede, obwohl es auf keiner Charte angegeben ist. Die Schweden brachen es später ab, und ohne Zweifel stand es auf der Nordseite des Tiefs. Dieser neue Durchbruch, der sich jedoch nicht ausbildete, vielmehr wohl nur eine flache Rinne darstellte, wurde sogleich durch Zäune geschlossen.

Henneberger's Landtafel, die 1576 in Holzschnitten erschien, und in photolithographischem Umdruck 1863 aufs Neue herausgegeben ist, läßt wenig von den Umgebungen des Tiefs erkennen. Ein hoher Thurm neben dem Worte „Pillaw“ bezeichnet die Kirche von Alt-Pillau. Zwei Bäume, die nördlich davon angegeben sind, deuten die Waldungen an. Der Haken fehlt ganz. Sieben hohe und schmale Pyramiden, die zwischen St. Adalbert und der Curischen Nehrung auf dem See-Ufer stehn, sind wohl Feuer-Signale, die bei feindlichen Landungsversuchen angezündet werden sollten. Aehnliche existirten auch noch im Anfange dieses Jahrhunderts.

Eine alte Charte ohne Jahreszahl, auf der jedoch schon eine Schanze angegeben ist, zeigt sowohl auf der Nord- als auf der Südseite des Tiefs sehr ausgedehnte Flechtzäune, wahrscheinlich Projecte zur Ausführung von solchen. Die ganze Situation, und namentlich die südliche Begrenzung des hohen Thonufers, ist nicht richtig gezeichnet, und gewiß liegt der Aufnahme wieder keine wirkliche Messung zum Grunde. Nichts desto weniger ist die Charte als eine der ältesten doch wichtig, woher ihre Mittheilung von Interesse sein dürfte. Fig. 141 giebt sie in halbem Maafsstabe wieder.

Ein Bericht des Pfund- und Geheimschreibers Bergemann vom 8. September 1581 besagt, daß am 30. und 31. August desselben Jahrs das alte Tief (Gatt) sich so verflacht habe, daß es nur noch $5\frac{1}{2}$ Ellen tief geblieben, es habe sich jedoch ein neues von $7\frac{3}{4}$ Ellen Tiefe gebildet, welches west-nordwest gerichtet sei.

Aus dem Jahr 1582 existirt eine Charte, welche weder eine Schanze, noch irgend eine andre bauliche Anlage zeigt, jedoch besagt, dafs der Norder-Haken, also die niedrige Halbinsel zwischen dem hohen Lande bei Alt-Pillau und dem Tief, „da ihm neulich geholfen, jetzt nutz- und zuträglicher sei, er auch zugenommen habe“. Oestlich von seiner südlichen Spitze liegen drei Inseln „so mit dem Haken zu befestigen sein möchten“. Vielleicht bildete sich der oben erwähnte, ostwärts gerichtete Haken dadurch aus, dafs diese Inseln sich untereinander und mit dem Festlande verbanden. Auf der sehr breiten Spitze der Nehrung stehn zwei B a a k e n. Dieselben bezeichnen die Richtung des Fahrwassers nach West-Nordwest. Auferdem sind auch schon sechs Seetonnen, nämlich drei auf jeder Seite des Gatts, angegeben. Nach den letzten zu urtheilen, dürfte man annehmen, dafs die Untiefe oder die Bank, durch welche das See-Gatt hindurchführt, damals dem Ufer sehr nahe lag. Mit Sicherheit läfst sich dieser Schlufs jedoch nicht ziehn, insofern ein Maafsstab nicht beigefügt ist und daher bezweifelt werden mufs, ob zuverlässige Messungen der Aufnahme zu Grunde lagen.

Aus dem Jahre 1583 enthält das Archiv verschiedene interessante Mittheilungen. Auf Befehl des Markgrafen vom 14. Januar wurde die schleunige Schliessung eines „2 Seil breiten“ Durchrisses zwischen dem Haff und der See in der Nähe von Lochstädt angeordnet. Es scheint, dafs das alte Tief sich damals wieder eröffnet hatte, und eine schwache Durchströmung desselben eingetreten war, da aber fernere Mittheilungen hierüber fehlen, so ist anzunehmen, dafs die Schliessung bald erfolgte. Im April 1583 berichtete der Bürgermeister von Königsberg, dafs durch die Verlegung der Seetonnen die Schiffer irre geleitet und dadurch Strandungen veranlafst würden. Sobald eine Verlegung nöthig sei, müsse dieses im Sunde angezeigt werden.

In demselben Jahr wurde auch von Königsberg aus eine Commission nach Pillau und der Nehrung geschickt. Dieselbe erwähnt in ihrem Bericht wieder der Schanze auf dem Norder-Haken. Ueber das Tief selbst sagt sie nur, dafs beim Aufnehmen und Verlegen der Tonnen „Einer vom Rathe“ zugezogen werden solle, der auch zu bestimmen hätte, was etwa nothwendig sei, und wo man Zäunungen ausführen müsse. Vorzugsweise war sie auf

die Beschaffenheit der Nehrung aufmerksam, woselbst neuen Durchbrüchen vorgebeugt werden müsse. Das Dorf Schütte, etwa zwei Meilen von der Spitze der Nehrung, das gegenwärtig spurlos verschwunden ist, fand sie grosentheils im Sand vergraben. Von den 18 Unterthanen, die hier gewohnt hatten, „waren vierzehn samt dem Pfarrherrn gewichen“. Hierauf werden die Durchbrüche auf der Nehrung gezählt, worunter augenscheinlich nur tiefere Einrisse in den Dünen zu verstehn sind, durch welche die See bei starken Stürmen in das Haff treten konnte. Die Reise wurde soweit fortgesetzt, bis Heiligenbeil gegenüber lag. Alsdann wird bemerkt, dafs vom Alten Tief bis Schwarzenbusch (etwa eine Viertelmeile von der Spitze der Nehrung) und von hier bis zum neuen Tief „es noch gut sei“. Man kann diese letzte Aeuferung nur auf das Haff-Ufer und die anliegenden Wiesen beziehen, weil sie sonst mit jenen Durchbrüchen im Widerspruch stehn würde.

Aus den Jahren 1591 bis 1593 sind verschiedene Rechnungen des Pfundherrn vorhanden, die sich auf Zäunungen, auf eine Brunnenanlage, eine grofse schwarz und weisse Flagge und dergleichen, zum Theil aber auch auf die Beköstigung der Königsberger Commissare beziehen.

Am 10. April 1593 wurde wieder eine neue Untersuchung des Tiefs vorgenommen. Dasselbe (also das See-Gatt) war $7\frac{1}{2}$ Ellen tief, und hatte eine bessere Richtung, als im vorigen Jahr, nämlich nach Nordwest. Die beiderseitigen Tonnen lagen auf 7, die äufsern auf 9 Ellen Tiefe. Dem Blockhause gegenüber lag das Wrack eines Englischen Schiffs, dessen Beseitigung für dringend nöthig erachtet wurde. Das Fahrwasser nach dem Haff war $5\frac{1}{4}$ Ellen tief. Zur Verhinderung eines Durchbruchs im alten Tief sollten daselbst wieder Zäunungen ausgeführt werden, und es wurde empfohlen, den alten, bis an das Dach versandeten Krug von Schütte hierher zu versetzen, damit für einige Aufsicht daselbst gesorgt werden könne, weil die Fischer immer die Zäune ausrissen. Ferner wurde geklagt, dafs von Lochstädt aus in jedem Frühjahr eine Menge Jungvieh und Pferde nach der Nehrung herübergebracht würde, die Alles zertreten und abfressen, so dafs die Sandberge nicht bewachsen können. Dieses dürfe nicht geduldet werden. Endlich wird noch der Wunsch ausgesprochen, dafs ein

Fischer-Dörflein zwischen Pelley (Alt-Pillau) und dem Arm (dem Tief) angebaut werde.

Aus dieser Zeit scheint eine Charte zu sein, die sich in dem Königsberger Archiv befindet. Sie führt keine Jahreszahl, ist auch nicht besonders richtig, aber überaus sauber gezeichnet. Sie giebt ein deutliches Bild von der damaligen Beschaffenheit des Terrains neben und im Norden von Alt-Pillau. Wo man zwei Jahrhunderte später nur fliegenden Sand ohne alle Vegetation sah, war damals der Boden vollständig cultivirt. Ueberall sind Aecker und Gärten gezeichnet und gröfsere und kleinere Baumgruppen liegen dazwischen, während längs des Strandes sich Waldungen hinziehen. Aus dieser Charte erklärt es sich, dafs die Herzoge das Dorf Alt-Pillau zum Sommer-Aufenthalt wählten. Sie wohnten alsdann auf der Pfundbude, die 1630 ausgebessert wurde. Von dem Dorf, welches bereits eine gröfsere Ausdehnung hatte, wird der westliche Theil Klein-Piellaw und der östliche Grofs-Piellaw genannt. Zwischen beiden stand die mit einem Thurm versehene Kirche, neben derselben das Pilloten-Haus (Lootsen-Wache) und dahinter die Pfundbude. Eine Flagge weht zwischen beiden. Das Dorf Woegerahm steht noch auf seiner frühern Stelle. Auf dem niedrigen Lande, welches sich von hier bis zum Tief hinzieht, ist zunächst der Galgen, alsdann unmittelbar am Tief die Schanze mit einigen Gebäuden gezeichnet. Aufserdem stehn hier zwei Baaken. Auf der Spitze der Frischen Nehrung ist ein zweiter Galgen und hinter demselben ein Gebüsch angegeben. Neben diesem steht: „Schwarzer Busch, wird beheget.“ In dem eigentlichen Tief, ohnfern der Nehrung, liegt das Englische Wrack, das durch eine Tonne bezeichnet war. Das See-Gatt zieht sich ganz südlich neben der Nehrung hin, und die Tonnen zu beiden Seiten liegen auf 10 bis 13 Fufs Tiefe. Uferbefestigungen sind nirgends bemerkbar. Das Fahrwasser nach dem Haff, gleichfalls auf beiden Seiten mit Tonnen bezeichnet, durchschneidet den Kessel und führt unmittelbar an der Uferecke bei Camstigal vorbei.

Vom Jahr 1619 existirt eine gedruckte Verordnung, worin den Schiffern, und namentlich den Englischen, das Auswerfen des Ballastes im Tief, im Kessel „und sonst wo“, verboten und zugleich versprochen wird, es solle ein Lichterfahrzeug zum Abnehmen des Ballastes erbaut werden.

Von besonderer Wichtigkeit ist eine große Chartre der Umgebungen von Pillau vom Jahr 1623. Dieselbe umfaßt (in der Richtung des Strandes) eine Länge von 2600 Ruthen und eine Breite von 1800 Ruthen. Das See-Gatt, so wie auch die Fahrt nach dem Haff ist auf ihr durch die Tonnen und eingeschriebenen Tiefen angegeben. Die Zeichnung Fig. 142 ist die Copie desjenigen Theils dieser Chartre, der die nächsten Umgebungen von Pillau und das See-Gatt enthält. Eine Aufschrift auf der Chartre besagt: „Auf Churfürstlichen gnädigen Befehl ist die Süder-Nerung, die Norder-Lande, wie auch der Norder-Hacken und andere, so am Gatt und im Haff an der Nerungen liegen, so viel möglichen mit Fleiß gemessen von Conrad Borck, Churfürstlichen Land-Vermesser. Im November 1623“. Auf dieser Chartre ist auch ein Maafsstab und die Richtung des magnetischen Meridians gezeichnet. Der Maafsstab benennt nicht das Maafs, auf welches er sich bezieht, doch ergibt sich aus der Vergleichung der sorgfältigen Aufnahme mit dem Local, daß die Zahlen Ruthen bedeuten.

Am äufsern Rand der Original-Chartre, etwa 800 Ruthen nordwestlich von Alt-Pillau, und zwar auf den Dünen neben der See, ist ein hoher Steinhauften gezeichnet, der einen starken Stamm umgiebt, und auf diesem ruht ein Schwengel, an dessen einem Ende ein Korb hängt. Daneben steht „Wacht-Bude“. Die ganze Vorrichtung hat unverkennbare Aehnlichkeit mit der alten Seeleuchte, die Bliese genannt, die bis 1830 noch auf der Spitze der Halbinsel Hela im Gebrauch war. Hier hing ein großer eiserner Korb an dem Schwengel oder Hebel, und in der Nacht wurde derselbe, nachdem er mit Kohlen gefüllt, und diese angezündet waren, durch Herabziehn des andern Hebel-Arms gehoben. Bei frischem Wind konnte man das Feuer meilenweit sehn, und so ersetzte diese einfache Vorrichtung einen Leuchtturm. Es ist indessen nicht anzunehmen, daß der auf der alten Chartre gezeichnete Apparat schon ein solches Feuer bezeichnet, denn einerseits sprechen die schriftlichen Nachrichten gar nicht davon, und demächst wäre diese Stelle für solchen Zweck auch sehr unpassend, indem sie zu weit von dem Tief entfernt war, um die Lage desselben zu bezeichnen. Wahrscheinlich war es nur ein Alarm-Signal, das beim Landen einer feindlichen Flotte angezündet

werden sollte. Es bestand vielleicht nur während des Kriegs zwischen Schweden und Polen.

Zwischen diesem Signal und Alt-Pillau, nahe in der Mitte, liegt nach dieser Charte noch das Dorf Wogeram. Alt-Pillau zerfällt wieder in Klein- und Grofs-Pillaw. Man sieht daselbst die Kirche mit dem Thurm und daneben die Pfundbude als zwei-stöckiges Gebäude. Die Lootsen-Station muß sich daneben befinden haben, weil die eine der beiden hinausgeführten Brücken als „Pilotten-Steg“ bezeichnet wird. Auf dem Haken steht ein Gebäude, „Tunnen-Haus“ genannt. In diesem wurden während des Winters die Tonnen aufbewahrt, welche die Fahrwasser bezeichneten. Die Schanze ist auf dieser Charte nicht angegeben, sie war wahrscheinlich damals sehr verfallen oder verweht.

Das Fahrwasser nach der See oder das See-Gatt ist überaus ungünstig gerichtet. Es wendet sich zuerst nach Westen und alsdann ganz südlich, so daß es sehr nahe neben der Nehrung das tiefe Wasser erreicht. Die Tiefe mißt an der flachsten Stelle nur $8\frac{1}{2}$ Fufs. Das Fahrwasser nach dem Haff, welches im Abstände von nur 120 Ruthen von dem Fufs des Schwalkenbergs vorbeiführt, war überall 11 Fufs tief, doch ist darin weiter ostwärts ein großer Stein angegeben.

Auf dem Archiv in Königsberg befindet sich noch eine andre Charte mit derselben Jahreszahl bezeichnet, die indessen weniger ausgedehnt ist und weniger genau zu sein scheint. Sie ist vielleicht etwas älter, als jene. In dieser ist noch ein gerades Fahrwasser nach der See über die Gründe fort gezeichnet, das auch mit Tonnen versehen ist, aber an seinem äußern Ende nur 7 Fufs tief ist. Es wird das „vorige Tief“ genannt, während das „jetzige Tief“ vor der flachen Stelle sich südlich wendet und mit dem auf der andern Charte dargestellten nahe übereinstimmt, nur wird die geringste Tiefe in dem neuen Fahrwasser zu 8 Fufs angegeben.

In beiden Charten ist in der Richtung der Baaken-Linie, und zwar auf der Seeseite, eine vortretende Sandbank oder ein Haken angegeben, den auch Fig. 142 zeigt, und auf einer dieser beiden Charten ist mit andrer Schrift der Buchstabe A an dieser Stelle zugesetzt. Dieses wird hier erwähnt, weil in der Verhandlung von demselben Jahr der Vorschlag gemacht wurde, an der mit A bezeichneten Stelle einen Damm in die See hinauszuführen.

Das Fahrwasser befand sich damals, wie diese Charten ergeben, in einem sehr schlechten Zustand, und es konnten nicht nur die größern Schiffe gar nicht einkommen, sondern auch für kleinere war wegen der vielen Krümmungen das Einsegeln beinahe unmöglich. Um diesen Uebelständen abzuhelpfen, wurden am 20. October 1623 unter dem Vorsitz des Grafen Abraham von Dohna verschiedene Sachverständige darüber vernommen, in welcher Weise das Tief (Gatt) verbessert werden könne.

Der Pfundsreiber, der zuerst gefragt wurde, sagte, dafs im vorigen Jahr die Tiefe $10\frac{1}{2}$ Fufs betragen habe, beim Eisgange habe sie sich um 1 Fufs vermindert, und die fernere Verflachung sei durch Winde veranlafst, die theils die Ufer angegriffen und theils den losen Sand hineingeweht hätten. Er sprach sich dahin aus, man müsse vom Norder-Lande aus „ein Haupt“ erbauen, um den Strom zusammenzuhalten. Auch meinte er, dafs man im Sommer das Tief durch Baggern vertiefen könne.

Der Baumeister Hans Friedrich schlofs sich dieser Ansicht an und gab die Erklärung, dafs statt des Hauptes ein Bollwerk zu wählen, und dieses gleich im ersten Frühjahr auszuführen sei.

Ein Dritter, Namens Rems, wie es scheint ein Schiffer, meinte, Alles sei Gottes Werk und nicht der Menschen. Er kenne schon seit 55 Jahren das Tief. Es hätte bald hier, bald dort gelegen, wäre bald tief, bald flach gewesen, aber so oft ein Loch sich verstopft, habe sich bald ein andres wieder geöffnet. Wolle man indessen etwas thun, so müsse man vor Allem den Strom einengen. Ferner müsse man dafür sorgen, dafs kein Sand in den Strom weht. Er schlage daher vor, Dielen-Zäune von 3 Ellen Höhe zu erbauen, die, so oft sie versandet wären, immer aufs Neue gehoben werden müßten. Besonders sei es aber nöthig, das Vieh auf den Dünen nicht zu dulden.

Ein gewisser Krietz ist auch der Meinung, dafs die Verflachung des Tiefs vorzugsweise von dem hineinwehenden Sand herrührt. Er sagt, die Zäunungen kosten jährlich wohl 5000 Thaler, sobald aber dadurch etwas gewonnen ist, so wird es vom Vieh sogleich zertreten, auch die Fischer fahren, wo sie wollen, und indem sie mit ihren Wagen den tiefsten Sand vermeiden, so zerstören sie jeden Graswuchs, der sich irgend wo zeigt. Das Tief verschlechtere sich immer bei Nordwinden, daher sei der

löse Sand auf der Nordseite vorzugsweise die Ursache der Verflachung. Er schlage Flechtzäune vor, aber das beliebige Fahren und Viehweiden müsse sowohl auf der Nordseite wie auf der Nehrung nicht geduldet werden. Der Weichsel-Strom fliesse längs der Nehrung bis zum Tief, wie man daraus sehn könne, daß der Fisch und Stör ihm entgegenschwimmen, auch die Weichsel breche das Land ab, eben so wie der Pregel bei Camstigal, und beide führen den Sand herbei, doch lagere sich derselbe in dem Kessel ab, und so lange dieser noch nicht verfüllt sei, könne das Tief durch die Strömungen nicht leiden. Die vorgeschlagene Anlage eines Hauptes halte er für wenig kostbar und sehr nützlich.

Ein Fünfter, Namens Perbandt, meint, die Ströme veranlaßten wenig Versandung, denn wenn der Schwalkenberg auch angegriffen wird, so besteht derselbe doch nur aus lehmigem Boden, der vom Wasser fortgeschwemmt wird, und keine Untiefen bildet. Der schädliche Sand komme von der Norder-Nehrung, wo er ein Spiel des Windes sei. Wie stark er alsdann treibt, könne man daraus abnehmen, daß einst alle im Tief liegenden Schiffe so stark mit Sand beworfen wurden, daß derselbe abgeschaufelt werden mußte.

Zuletzt sprach Hiob Lepner noch den Zweifel aus, ob durch Zäunungen etwas gewonnen werden könne. Hierauf wurde aber entgegnet, daß wenn man den Sand so festlegt, daß er nicht in das Tief gelangen kann, so würde der Strom doch unfehlbar dasselbe aufräumen und vertiefen.

Der Graf von Dohna erklärte darauf, daß nach seiner Meinung die Nehrungen (die Sandfläche nordwärts vom Tief wird also auch Nehrung genannt) jedenfalls festgelegt werden müßten, und zwar schienen ihm die Dielenzäune hierzu sehr geeignet. Was die Strömungen betreffe, so meinte er, sie vereinigten sich zwar im Munde (im Tief) und unterhielten daselbst gehörige Wassertiefe, weiterhin aber trennten sie sich wieder und schwächten sich dadurch so sehr, daß sie nicht mehr den Sand fortreiben könnten. Er sei daher der Ansicht, daß die Vereinigung schon vor „dem orificio“ erfolgen müsse, und zwar so vollständig, daß eine spätere Trennung unmöglich wäre. Der Pregelstrom sei deshalb von dem Schwalkenberge abzuweisen. Zur Abschließung dürfen aber nicht Bohlwerke ausgeführt werden, sondern man müsse alte Schiffe ver-

senken, die mit Steinen beschwert 3 bis 4 Fufs unter Wasser liegen. Diese würden den Sand auffangen.

Die Commission einigte sich in diesem Vorschlage und erklärte sich dahin, dafs auf dem Haken an der Stelle, die in der Charte mit *A* bezeichnet wurde, drei oder vier Schiffe versenkt werden sollten, indem es der spätern Beurtheilung überlassen bliebe, ob dazwischen noch Pfähle einzurammen seien.

Am 25. October 1623 wurde von dem Landhofmeister, dem Burggraf, dem Kanzler und dem Marschall über diese Berathung dem Churfürst zu Brandenburg Bericht erstattet. Das Tief sei so versandet, dafs die Tiefe nur 7 Fufs betragen habe. Es sei daher unter der Leitung des Grafen Abraham zu Dohna, „der im Land- und Wasserbau gute Erfahrung habe“, eine Commission, bestehend aus dem Pfundherrn und erfahrenen Seeleuten, zusammengetreten. Die Unterzeichneten hätten sich der Commission auch angeschlossen und Alles in Augenschein genommen. Der Beschlufs gehe dahin, dafs an der Norderseite Dielenzäune, zwei oder drei Ellen hoch, erbaut würden, die, wenn sie versandet, immer wieder gehoben werden könnten. Sodann seien zwei oder drei alte Schiffe oder Schmacken, die jedoch mit Kielen versehn wären, auf dem Norder-Haken zu versenken. Auch müßten beide Ströme, nämlich Weichsel und Pregel, schon am Schwalkenberge mit einander vereinigt werden.

Zur Erklärung der beiden letzten Vorschläge muß hinzugefügt werden, dafs die Versenkung der Schiffe auf dem Norder-Haken nichts andres, als einen Molenbau an der Nordseite des Tiefs bedeutet. Die oben erwähnte Charte, die ohne Zweifel bei der Verhandlung vorlag, zeigt dieses deutlich, indem der Buchstabe *A* in andrer Schrift darauf gesetzt ist. Ganz unabhängig hiervon ist die beabsichtigte Vereinigung der beiden Ströme. Unter der Weichsel ist augenscheinlich nur derjenige Arm derselben, der in das Haff mündet, nebst der Nogat gemeint. Der Graf Dohna wollte die Strömung, welche diese veranlafst, mit der des Pregels dadurch verbinden, dafs er das alte Fahrwasser nach Königsberg, das sich neben dem Schwalkenberge hinzog, sperrte. Der Vorschlag fand indessen, wie es scheint, wenig Beifall, und wahrscheinlich theilten die Sachverständigen nicht die wunderbare Ansicht von den zwei Strömungen, die in dem eigentlichen Tief

sich vereinigen, und sogar durchkreuzen, darauf aber wieder sich trennen.

Am 28. März 1624 trat nochmals eine Commission, jedoch nur aus Beamten, zusammen. Der Graf Abraham von Dohna machte die Mittheilung, er habe auf seinem Hof zu Schlobitten mit dem Baumeister aus Danzig allerlei Discurse über das Tief gehabt. Derselbe sei ganz gegen die Dielenzäune, so wie auch gegen die Versenkung von Schiffen und das Einrammen von Pfählen gewesen, und habe gemeint, es müsse mit Saltitzen *) (Senkfaschinen) gebaut werden. „Zu den Saltitzen nehme man „Fichtenstrauch oder Aeste von grossen Fichten, etwa 10 Schuh „lang. Sie werden mit Feldsteinen, die man mit einer Hand heben „könne, gefüllet und mit Weiden umbunden. Bei einer Saltitze „müfsten vier Mann arbeiten und sie also fertigen, dafs sie von „den vier Mann auch gehandhabt werden können. Dieselben „werden darnach frei auf den Grund, oder auch im Wasser auf „einander gelegt, und giebt eine der andern nach. Wo eine „Grube oder Tiefe ist, senken sie sich hinein, und wo wieder ein „Hügel; bleiben sie auch liegen. Sie müssen aber nicht parallel, „sondern oblique gelegt werden. Und wäre mit solchen Saltitzen „die Fahrt vor Ostende in den Niederlanden, als die Spanier „Ostende erobert, gehemmet worden, dafs man mit trockenen „Füfsen übergehn können. Es sollen 300 000 solche Saltitzen „dabei gebraucht sein, deren jede einen Königsthaler gegolten. „Am Weissenberge (wohl an der Weichsel in der Gegend von „Neufähr) sei auch ein solches Werk gebaut, das beständig wäre.“

Dem Pfundherrn wurde darauf der Auftrag ertheilt, Steine und Strauch anzuschaffen und einen Versuch zu machen. Der Erfolg fiel wahrscheinlich zufriedenstellend aus, weil im folgenden Jahr ein Verding über die Lieferung von Saltitzen abgeschlossen wurde. Ueber den weitem Verlauf dieses Baues fehlen indessen die Nachrichten, da die Landung der Schweden besorgt und schon am 9. Juli 1624 der Befehl erlassen wurde, am Tief „eine Schanze von Eichenholz und mit Pfählen versehn“ zu erbauen.

*) Ohne Zweifel ist diese Benennung aus dem Italienischen übernommen. Salsiccia bedeutet eine Wurst, und wegen der Aehnlichkeit der Form wird auch die Faschine dadurch bezeichnet.

Die vorstehenden ausführlichen Mittheilungen rechtfertigen sich gewifs, indem sie nicht nur zeigen, mit welchem Ernst man in damaliger Zeit die Sicherstellung und Verbesserung des Tiefs behandelte, sondern diese Thatsachen auch für die Geschichte des Wasserbaus von Interesse sein dürften.

Während der nächsten fünf und zwanzig Jahre ist von der Beschaffenheit des Tiefs oder See-Gatts gar nicht die Rede, obwohl die Schwedischen Kriegsschiffe vielfach ein- und ausliefen. Man darf wohl annehmen, dafs eine wesentliche Verbesserung bald eintrat, obwohl eine solche durch keine künstliche Anlage veranlafst wurde. Suchodolitz, dessen Mittheilungen volles Vertrauen verdienen, sagt in einem Bericht von 1751, in den Jahren 1620 bis 1623 sei das See-Gatt über alle Maafsen krumm und seicht gewesen, 1624 sei aber das Eis mit Macht in die See getrieben, und habe ein gerades Tief von 18 Fufs Tiefe gebildet.

Am 5. Juli 1626 zeigten sich Schwedische Schiffe vor Pillau, und bald vereinigte sich hier eine ansehnliche Flotte, auf der sich auch Gustav Adolf befand. Er sandte einen Officier nach Königsberg, um anzufragen, ob er als Freund oder Feind aufgenommen werden würde, er führe nur gegen Polen Krieg. Preussen war damals Lehn von Polen, und der Churfürst hielt sich in der Mark auf. Die Landung der Schweden in Pillau hatte man besorgt, und deshalb war jene Schanze nothdürftig armirt und mit hundert Mann besetzt, auch hatte man in Danzig vier Schiffe gemiethet und mit einigen Kanonen versehen, um die Schwedischen Schiffe zu vertreiben. Zum Kampf kam es indessen nicht. Der König landete mit seinen Truppen in der Nähe von Wogram, wo die Abgeordneten von Königsberg ihn am 8. Juli trafen. Er erklärte, dafs er „diesen schlechten Sandplatz“ nur eine Zeitlang zum Rückhalt brauchen wolle. Die Schanze, die darauf stehe, sei nicht viel werth, er werde sie aber erweitern und besser verlassen, als er sie gefunden. Er verlange weder Beistand, noch wolle er dem Churfürst seine Einkünfte entziehn. Die drei armirten Schiffe (eins war nämlich gestrandet) möge man fortschaffen, die Soldaten in der Schanze wolle er abziehn lassen.

Zu einer Gegenerklärung waren die Abgeordneten nicht ermächtigt. Gustav Adolf nahm daher Besitz von der Schanze, und wenn er auch wenig Tage darauf nach Ermland hinüber

segelte, und Braunsberg, Frauenburg, Elbing und Marienburg schnell eroberte, so liefs er gleichzeitig die Schanze ausbauen und armiren, auch ein Blockhaus darin errichten. Erst zehn Jahre später wurde die Festung wieder an Preussen abgetreten. Inzwischen hatten auf dem Haken mehrere Fischer sich angebaut, und dadurch den Anfang zur Gründung der spätern Stadt gemacht.

Nachdem die Schweden am 15. Januar 1636 die Festung verlassen hatten, wurde dieselbe nicht nur erhalten, sondern auch ausgebaut und verstärkt. Dieser Bau nahm eine lange Reihe von Jahren in Anspruch, und da er auf der schmalen und niedrigen Landzunge zwischen der See und dem Kolk, oder der Bucht vor Alt-Pillau lag, so trat die See wiederholentlich in die Festungs-Gräben, zerstörte die Erdschüttungen und das Mauerwerk, und das eingedrungene Wasser strömte nach dem Kolk, also in das Haff. Um diesen Beschädigungen für die Zukunft zu begegnen, wurde 1673 das alte Ordensschlofs Balga abgebrochen und die Granitquadern desselben zum Festungsbau verwandt.

1636 wurde auch die von den Schweden in der Festung erbaute Kirche wieder hergestellt und eine Licent-Kammer auf dem Haken eingerichtet, woselbst nunmehr die Schiffsabgaben erhoben wurden, was früher auf der weit entfernten Pfundbude geschehn war.

Am 8. Mai 1650 forderte der Churfürst den Kanzler auf, gemeinschaftlich mit dem Gouverneur der Festung und mit erfahrenen Seeleuten das Tief zu untersuchen, weil über die falsche Lage der Tonnen Klage geführt worden. Hierauf wurde unter dem 20. Mai desselben Jahrs berichtet, dafs die Tonnen gehörig lägen, aber in den letzten Tagen umgelegt seien. Das Tief gehe gerade Nordwest aus, und wäre bequem zu befahren, aber zwischen den letzten Tonnen sei es nur 9 Schuh tief. Dabei wird bemerkt, dafs die Lootsen zu vereidigen, und den Schiffern zu verbieten sei, im Tief Ballast auszuwerfen.

1654 berichtete der Pfundsreiber, das Tief habe sich sehr verbessert und sei beinahe 11 Fufs tief. Ein Holländer sei mit $10\frac{1}{2}$ Fufs Tiefgang durchgefahren und habe im Tief nicht einmal gestofsen. Auf der weitem Fahrt nach Königsberg sei er zwar am Schwalkenberge, wo es etwas flacher sei, sitzen ge-

blieben, aber er habe doch, ohne zu lichten, sich hinüberwinden können.

Vom Jahr 1656 existirt eine Charte, auf der die Festung schon den Namen Castellum Pillau führt. Im Osten derselben ist noch eine zweite kleine Schanze gezeichnet. Sonstige Gebäude sind darauf nicht angegeben. Das See-Gatt ist beinahe westlich gekehrt, die Tiefe desselben aber nicht eingeschrieben.

Die Kirche in Alt-Pillau brannte 1657 ab. An derselben Stelle wurde eine neue aufgeführt, die 1674 eingeweiht wurde und noch besteht. Auf der Brustlehne der Empore von dieser befindet sich die oben erwähnte Inschrift. Die St. Adalberts-Kirche, ohnfern Lochstädt, stürzte 1669 während eines heftigen Sturms ein.

1657 wurde die Lootsen-Station, die bisher in Alt-Pillau gewesen war, auf den Haken verlegt, und zu diesem Zweck ein Wachthaus mit einem Thurm erbaut, damit von dem letztern aus die Schiffe schon in weiter Entfernung gesehn werden könnten. Die Lootsen versahen in damaliger Zeit auch den Dienst der Fährleute, und mußten die Reisenden nach und von der Nehrung übersetzen.

In dieses Jahr fällt eine Begebenheit, deren verderbliche Folgen bis in die neuste Zeit fühlbar geblieben sind. Der damalige Gouverneur der Festung, Pierre de la Cave, fürchtete nämlich einen Ueberfall, indem die Schweden irgendwo landen und ungesehn der Festung sich nähern möchten. Er liefs daher auf der Nordseite 1 Meile weit, und auf der Nehrung etwa 2 Meilen weit alle Bäume und alles Gebüsch niederschlagen. Seit dieser Zeit nahmen die Versandungen unaufhaltsam überhand. Die Aecker und Wiesen, die früher neben Alt-Pillau lagen und sich bis zu dem noch bestehenden Laubwalde vor Lochstädt hinzogen, verschwanden nach und nach und verwandelten sich in eine Sandwüste, die aufser dem Dünengrase wenig Vegetation zeigte. Früher stand die Kirche von Alt-Pillau beinahe in der Mitte des großen Dorfs, aber seit dieser Zeit versandeten die Gehöfte auf der Westseite, und sogar mehrere auf der Ostseite. Auch das Dorf Wogram mußte von seiner früheren Stelle auf die östliche Seite von Alt-Pillau versetzt werden.

Vom Jahr 1663 befindet sich auf dem Königsberger Archiv

eine Charte des Frischen Haffs vom Geometer-Ingenieur und Geograph Naronski aufgenommen. Dieselbe ist zwar nur in kleinem Maassstabe gezeichnet (1 : 100000), aber dennoch für die Beurtheilung der damaligen Verhältnisse sehr wichtig. Die St. Adalberts-Kirche ist darauf noch gezeichnet, wie auch daneben zwei Baaken, welche wohl nur das frühere Lochstädter Tief andeuten sollen. Solche sind auch bei Alt-Tief angegeben. Das Dorf Wogram steht noch an seiner ursprünglichen Stelle, und daneben bemerkt man eine Baumgruppe. Die Waldungen längs des Strands sind verschwunden. Auf dem Haken befindet sich aufser der Festung die Windmühle, ein Thurm, also der Lootsenthurm, und mehrere Gebäude. Das See-Gatt ist nach Westen gerichtet. Auf der Nordseite des Hakens ist ein Sumpf angegeben, der mit dem Kolk in Verbindung steht. Ein sicherer Liegeplatz für die Schiffe existirte noch nicht.

Hartknoch giebt in seiner Preussischen Chronik, die 1684 erschien, eine perspectivische Ansicht von Pillau und Alt-Pillau, die jedoch überaus unrichtig gezeichnet ist. Neben der Kirche von Alt-Pillau steht die Pfundbude mit einem hohen Thurm. Die Dünen sind ganz kahl. Eine grosse Anzahl, zum Theil zweistöckiger Gebäude auf dem Haken in zwei sich kreuzenden Strafsen bezeichnen die spätere Stadt, die auch schon Pillau genannt wird. Der Thurm dazwischen stellt den neuen Lootsenthurm dar. Die Windmühle und die Festung liegen im Vordergrund. Vor Alt-Pillau haben mehrere kleine Fahrzeuge angelegt, und sowohl auf der Ostseite des Hakens, wie auch im Kolk sieht man grosse Schiffe. Von dem spätern Hafen oder dem Graben ist noch nichts zu bemerken.

In dieser Zeit wurde wiederholentlich ein neuer Durchbruch der See nach dem Haff befürchtet, und zur Verhütung eines solchen Zäunungen ausgeführt. Dieses geschah 1670 neben der Festung, 1681 an der Stelle, wo früher das Balgasche Tief gewesen war, 1688 an einem nicht näher bezeichneten Punkt auf der Frischen Nehrung, und 1701 meldete der Commandant zu Pillau, dafs die See wieder drohe, an vielen Orten nach dem Haff durchzubrechen.

Das frühere Fahrwasser nach Königsberg, welches sich dicht unter dem Schwalkenberge hinzog und die alte Fahrt genannt

wurde, verlor nach und nach seine Tiefe, so dafs die Schiffe, ehe sie es durchsegeln konnten, stark lichten mußten. In der alten Fahrt wurde 1682 eine Rinne, 108 Ruthen lang, 6 Ruthen breit und 11 Fufs tief ausgebaggert. 1683 wurde dieselbe noch 94 Ruthen fortgesetzt. Auch 1684 begann man wieder die Arbeit, beschränkte jedoch die Breite auf 4 Ruthen und die Tiefe auf $9\frac{1}{2}$ Fufs, weil auf dem steinigten Grunde die Maschine sehr litt und wegen vielfacher Reparaturen häufige Unterbrechungen eintraten. Im letzten Jahr wurde die Baggerung nur 34 Ruthen weit fortgesetzt und alsdann hörte sie ganz auf. Von welcher Art der Bagger gewesen, wird nicht mitgetheilt, es war indessen ohne Zweifel ein Pferdebagger, wie ein solcher zwanzig Jahre später zur Anwendung kam, und wie er auch bis zum Jahr 1830 sowohl auf dem Haff, wie im Pillauer Hafen ausschließlich im Gebrauch war.

Es dürfte nicht überflüssig sein, noch eine Uebersicht der localen Verhältnisse zu geben, wie diese gegen das Ende des siebzehnten Jahrhunderts sich gestalteten. Eine besondere Charte aus dieser Zeit läßt sich nicht mittheilen, da solche entweder in sehr kleinem Maafsstab, oder ganz fehlerhaft gezeichnet sind, und überdies sehr wenig enthalten.

Man darf wohl annehmen, dafs die niedrige Fläche oder der Haken, worauf gegenwärtig die Stadt liegt, schon damals ungefähr dieselbe Ausdehnung hatte, wie jetzt. Die Festung mit Einschlufs der Kirche war darauf erbaut, wie auch die Windmühle, der Lootsenthurm und einige Häuser und Fischerhütten. Der Graben, oder der erste Hafen existirte noch nicht. Wo derselbe später ausgehoben wurde, war ein Sumpf, der sich bis Alt-Pillau hinzog, und westlich von den Dünen begrenzt wurde. Derselbe lag so tief, dafs an vielen Stellen Wasserflächen bestanden, der Boden also noch unter dem Spiegel der See lag. Ob am Haff oder am Tief schon Ufereinfassungen ausgeführt waren, ist zweifelhaft. Auf dem Haken selbst waren sie zwar in sofern entbehrlich, als das Land ziemlich werthlos war, doch vielleicht hatte man bereits, um das Anlegen kleiner Fahrzeuge zu erleichtern, einzelne Stellen gedeckt. Weiter westlich, nämlich vor der Festung, die nach Ausweis der Charten aus jener Zeit unmittelbar bis an das Tief sich ausdehnte, mußte das Ufer wohl

schon gesichert sein. An häufigen Durchbrüchen der See in die Festungsgräben fehlte es freilich nicht, und das Wasser ergofs sich alsdann über jenes niedrige Terrain in den Kolk, wobei die Festungswerke stark beschädigt wurden.

Der Russische Damm fehlte vollständig. Die Schiffe, welche sich bei Pillau aufhalten mußten, fanden gegen südliche und östliche Winde und gegen den Eisgang beim Aufgehn des Haffs keinen weitem Schutz, als denjenigen, welchen die einzelnen hier liegenden Inseln, die Mauschellen genannt, ihnen boten. Eine derselben, die von Norden nach Süden in größerer Länge sich hinzog, und wenig über Wasser lag, befand sich nahe an derselben Stelle, wo später der Russische Damm gebildet wurde.

Zum langen Aufenthalt der Schiffe bei Pillau gab es übrigens wenig Veranlassung. Das Fahrwasser nach Königsberg war meist eben so tief wie das See-Gatt, wenn also letzteres nicht etwa zufällig eine besonders große Tiefe hatte, so konnten die Schiffe ohne zu lichten nach Königsberg aufgehn, und sie gingen bei Pillau wohl nur vor Anker, um die Abgaben zu bezahlen. Auf den ältern Charten sieht man Stege, und zuweilen sogar einen sehr langen Steg, der vom Ufer bei Alt-Pillau bis weit in den Kolk hineingeführt ist. Man darf annehmen, daß die Schiffe, so lange sie noch die alte Fahrt benutzten, sogleich aus dem Tief nach Alt-Pillau segelten, und behufs der Revisionen an diese Stege anlegten. Bei günstigem Winde fand also am Haken kein Aufenthalt statt.

Nach der Charte von 1623 war das Tief damals 115 Ruthen breit, und die Nehrung lief in eine scharfe Spitze aus, deren Ufer ungedeckt waren. Vielleicht dehnte sich diese Spitze in späterer Zeit noch weiter aus, indem die Pillauer Chronik von 1749 besagt, daß alte Leute sich erinnerten, wie sie in ihrer Jugend bei ruhiger Witterung mit den auf der Spitze der Nehrung stehenden Personen gesprochen hätten, was jetzt nicht mehr möglich sei. Eine Messung vom Jahr 1740 ergab die Breite des Tiefs gleich 150 Ruthen.

§ 51.

Erste Hafengebauten.

Die Schiffe fanden damals bei Pillau wenig Schutz gegen den Wellenschlag des Haffs und gegen den Eisgang. Die Gefahr hatte in der letzten Zeit sich noch wesentlich vergrößert, indem die sogenannte Mauschelle sich immer mehr vertiefte. Auf der von Naronski 1663 aufgenommenen Charte ist diese Fläche noch als Insel dargestellt, sie erstreckte sich auf der östlichen Seite des jetzigen Russischen Damms etwa 200 Ruthen lang von Norden nach Süden. Am Ende des siebzehnten Jahrhunderts lag sie dagegen schon 2 bis 3 Fufs unter Wasser. Das Bedürfnis, einen sichern Liegeplatz für die Schiffe darzustellen, wurde also sehr dringend, und besonders trat dasselbe in jedem Winter ein, wenn Schiffe noch einkamen, während das Haff schon zugefroren war.

Im Jahr 1683 wurde zu diesem Zweck der sogenannte Graben auf der Nordseite der spätern Stadt ausgehoben, und dadurch der Anfang zur Bildung des jetzigen Hafens gemacht. Welche Dimensionen der Graben ursprünglich hatte, ist freilich unbekannt, es scheint jedoch, daß er etwa 140 Fufs breit, und eben so lang wie gegenwärtig war. Mit Bohlwerken wurde er zunächst nicht eingefast. Seine Ausgrabung und wahrscheinlich auch Ausbaggerung kostete 6000 Thlr.

1701 entwarf der Stückhauptmann Brinck einen Plan zur Verbesserung des Hafens. In dem Graben könnten, wie er sagte, nur etwa 60 Schiffe liegen, wenn man ihn aber um 5 Ruthen erweiterte, so würden 150 darin Platz finden. Die Kosten dafür sollten 3000 Thlr. betragen. Außerdem sei eine angemessene Vertiefung und eine Umschließung mit festen Bohlwerken nothwendig. Zur Prüfung dieses Projects trat am 7. Januar 1702 eine Commission, aus Schiffern und Lootsen bestehend, zusammen. Dieselbe erklärte sich mit der Erweiterung des Grabens unbedingt einverstanden. Als jedoch Brinck gleichzeitig den Vorschlag machte, man möge auch auf der im Osten von Pillau belegenen Fläche ein Bohlwerk oder wenigstens Eisbrecher erbauen, damit die außerhalb des Grabens liegenden Schiffe einigen Schutz hätten, so wurde dieses nicht für passend erachtet. Man hielt nämlich

eine solche Anlage für sehr gefährlich, weil beim Einrammen von Pfählen der Sand, aus dem jene Untiefe bestand, aufgelockert und in das Tief getrieben werden würde. Diese thörichte Besorgnis verhinderte also damals die dringend nöthige Vervollständigung des Hafens, die erst ein halbes Jahrhundert später erfolgte. Die Verbreitung des Grabens kam in dieser Zeit zur Ausführung, und zwar geschah sie auf der nördlichen Seite, doch wurde sie nicht bis ans Ende fortgesetzt, vielmehr ist der Theil, der zunächst der Festung liegt, um 5 Ruthen schmaler geblieben.

Schon der große Kurfürst von Brandenburg war auf Pillau aufmerksam geworden, und beabsichtigte, hier eine Kriegsflotte zu erbauen. Zu diesem Zweck veranlasste er 1673 den Bau einer Ankerschmiede und liefs zugleich Schiffszimmerleute, Segelmacher und Schmiede aus Holland kommen, diese Handwerker gefielen sich indessen nicht in Pillau, und zerstreuten sich bald. Eine nähere Untersuchung mochte auch wohl ergeben haben, dafs der Hafen in diesem Zustande, und namentlich bei der Veränderlichkeit des See-Gatts zu einem Kriegshafen nicht geeignet sei. 1702 wurde Pillau Marktflücken, und nachdem Friedrich Wilhelm I. im Jahr 1718 daselbst gewesen war und eine große Anzahl Schiffe hier gesehn hatte, wurde dem Ort die Stadtgerechtigkeit verliehn.

Als Friedrich I. bald nach seiner Thronbesteigung sich in den Niederlanden aufhielt, erzählte ihm ein Advocat in Amsterdam, Namens J. Faes, er habe eine neue besonders wirksame Baggermaschine erfunden, worauf der König im Juli 1702 befahl, die Regierung zu Königsberg solle den Commissar, welchen Faes nach der Verabredung zur vorläufigen Untersuchung des Haffs abschicken werde, in jeder Art unterstützen, zugleich aber auch ihn zu billigen Bedingungen für die Vertiefung des Haffs vermögen. In der Cabinets-Ordre wird zugleich erwähnt, dafs der p. Faes den Süder-See so vertieft habe, dafs nunmehr die größten Schiffe darauf fahren könnten. Derselbe habe in Gemeinschaft mit einem gewissen Jeronymus Mietz mit den Staaten von Holland einen Vertrag abgeschlossen, wonach er in 24 Jahren alle Untiefen fortschaffen, auch zugleich eine Maschine bauen werde, die „bis zu außerordentlicher Höhe“ Wasser heben solle.

Am 20. Sept. desselben Jahrs kam J. Mietz in Königsberg

an. Die Regierung versah ihn mit den nöthigen Mitteln, um die Untersuchung des Haffs vorzunehmen. Dieses geschah in sehr kurzer Zeit und er legte bald eine Charte vor, die noch vorhanden ist, nebst Angabe der im Haff auszuführenden Baggerungen. Er verlangte für seine Maschine ein Privilegium auf 36 Jahre in der ganzen Ausdehnung des Preussischen Staates, ferner 55000 Holl. Gulden für die Maschine nebst Schiff, die er in Holland bauen wollte, und die auf Kosten und Gefahr der Regierung nach Königsberg gebracht werden sollte, und endlich einen noch näher festzustellenden Preis für jede Last Sand, die er baggern werde. Als er darauf aufmerksam gemacht wurde, dafs er die vorhandenen Tiefen zu grofs, und sonach die ganze Bagger-Arbeit viel zu geringe angegeben habe, behauptete er, seine Maschine besitze die Eigenthümlichkeit, dafs wenn sie 1 Schachtruthe hebe, alsdann zugleich 3 andre Schachtruthe vom Strom beseitigt würden, überdies sei es nicht nöthig, die volle Tiefe, bis zu der die Schiffe eintauchen, in dem Fahrwasser darzustellen, da Schiffe beim Segeln in weichem Grunde leicht eine 3 Fufs tiefe Rinne einschneiden.

Am 6. November 1702 berichtete die Regierung, sie müsse dem Könige die Entscheidung anheimstellen, habe auch dem p. Mietz die Kosten zur Reise nach Berlin gezahlt, sie halte jedoch seine Angaben für sehr zweifelhaft. Die vorgelegte Charte sei ganz falsch, und es scheine, dafs derselben nicht nur keine Messungen zum Grunde lägen, sondern dafs der Mietz sogar Vieles gezeichnet, was er gar nicht gesehn habe.

Im Anfange des folgenden Jahrs fragte der König, ob der Mietz noch in Königsberg sei. Hierauf wurden Erkundigungen über ihn eingezogen, und es ergab sich, dafs er nach Danzig gereist sei, dort ähnliche Anerbietungen gemacht habe, als man aber auch dort darauf nicht eingegangen, sei er wahrscheinlich nach Holland zurückgekehrt.

Obwohl diese Verhandlungen hiermit geschlossen waren, so liefsen die wiederholten Beschwerden der Schiffer die Verbesserung der Fahrwasser im Haff doch nicht vergessen. Im Jahre 1707 vernahm ein Graf von Dohna mehrere Schiffer und Lootsen hierüber. Es wurde ausgesagt, dafs sogar kein leeres Schiff sich nach Königsberg aufbringen lasse. Die alte Fahrt, neben dem

Schwalkenberge habe ganz aufgehört, und auf dem Heerde be-
trage die Tiefe nur noch 6 Fufs. Vor 26 Jahren habe man
die alte Fahrt theilweise vertieft, und der Erfolg habe gezeigt,
dafs die Fahrwasser im Haff durch Baggern vertieft werden kön-
nen. Seit jener Zeit sei dieses aber nicht mehr geschehn, und
dennoch müfsten die Schiffe fortwährend eine besondere Abgabe
für das Baggern entrichten. Man möge wieder einen Bagger
anschaffen, ein solcher koste etwa 4000 Thlr., und zu seinem
Betriebe gehörten 4 Pferde und etwa 15 Mann, die zugleich das
gehobene Material beseitigten. Bei ruhiger Witterung stehe auch
nichts im Wege, den Bagger im See-Gatt arbeiten zu lassen, das
oft nur durch einen schmalen Sandrücken gesperrt werde.

Das See-Gatt mufs damals besonders flach gewesen sein,
denn im Juni 1708 sagten die Lootsen, es sei jetzt $9\frac{3}{4}$ Fufs
tief, und habe seit dem Frühjahr um 2 Fufs an Tiefe gewonnen.
In derselben Zeit berichtete der Graf von Dohna, zwei Hollän-
dische Schiffer hätten ihm gesagt, der Pillauer Hafen sei ganz
in Mifscredit gekommen und es halte sehr schwer, Bootsleute
zu finden, die eine Fahrt dahin oder nach Königsberg mitmachen
wollten. Die Ausführung von Baggararbeiten sei dringend noth-
wendig.

Der damalige Bau-Director von Unfried machte den Vor-
schlag, man möge den Sand in den schmalen Rücken, die sich
im See-Gatt bilden, auflockern, und dieses gab Veranlassung,
im September 1708 nochmals eine Vernehmung anzustellen, wo-
bei besonders die Frage beantwortet werden sollte, ob ein Bagger
anzuschaffen, oder ob mit dem Kratzen der Versuchs zu machen
sei. Die Schiffer entschieden sich für das Letzte. Sie meinten,
der Bagger werde im See-Gatt der augenscheinlichsten Gefahr
ausgesetzt werden, weil oft ein starker Wellenschlag plötzlich eintritt.
Sollte es aber auch wirklich gelingen, eine Rinne daselbst zu ver-
tiefen, so werde diese beim nächsten Sturm wieder zugeworfen werden.
Dieses habe die Erfahrung im Süder-See bei Enkhuyzen gezeigt,
wo die Baggerungen (wahrscheinlich dieselben, die Faes ausführte)
gar keinen Erfolg gehabt hätten. Die Schiffer waren der An-
sicht, dafs grofse Rechen, mit starken eisernen Zinken versehen,
bei heftiger Durchströmung des See-Gatts wohl den Sand auf-
lockern möchten, der alsdann vom Strom fortgetrieben werden

würde. Die Zollbeamten behaupteten dagegen, daß die Schiffer hierüber kein Urtheil hätten, weil sie die localen Verhältnisse nicht kennen, ein Bagger verspreche jedenfalls sehr günstige Erfolge. Die Regierung schloß sich dieser letzten Ansicht an und befürwortete die Erbauung eines Pferdebaggers, doch ergeben die Acten nicht, ob ein solcher damals zur Ausführung kam.

1709 erbaute man eine Reihe von Eisbrechern, welche die Schiffe sichern sollten, die außerhalb des Grabens auf der Ostseite der Stadt liegen. Dieselben zogen sich von dem südlichen Ufer vor der Stadt in einem Bogen bis gegen die Mitte des jetzigen Russischen Damms hin, so daß sie sowohl gegen das von Süden, als von Osten her andringende Eis Schutz gewährten. Anfangs waren deren neun vorhanden, doch giebt eine Charte, etwa von 1740, nur fünf an. Wahrscheinlich waren damals einige bereits zerstört. Der erste Eisbrecher war 10 Ruthen vom Ufer entfernt, der gegenseitige Abstand der folgenden betrug nur 6 Ruthen. Nach der im Jahre 1713 von Brinck aufgenommenen Charte bestanden gleichzeitig innerhalb dieses von den Eisbrechern umgebenen Liegeplatzes eine große Menge von Pfählen oder Duc d'Alben, woran die Schiffe befestigt werden konnten. Zum Schutz der letztern diente außerdem noch eine flache Sandbank, die, wie es scheint, ganz unter Wasser, und ungefähr an der Stelle lag, die jetzt der nördliche Theil des Russischen Damms einnimmt. Im Jahr 1720 besorgte man den Durchbruch derselben, und um diesen zu verhindern, wurden 10000 Stück Faschinen angewiesen. Sie hieß damals wieder die Maulschelle.

Ohnerachtet dieses theils künstlichen und theils natürlichen Schutzes lagen die Schiffe hier doch sehr unsicher. Die Eisbrecher hielten das Eis keineswegs hinreichend ab, und wurden zertrümmert, sobald große Schollen antrieben. Dazu kam noch, daß der Wellenschlag oft übermäßig stark war, und die Tiefe neben der Ladebrücke nur 5 Fuß betrug. Suchodolitz spricht hierüber in seinem Bericht vom 11. Mai 1746 und empfiehlt die Ausführung des Plans, den er schon 1731 aufgestellt hatte, und der sich darauf bezog, statt der Eisbrecher einen festen Damm zu erbauen.

1710 wurde die Steindossirung vor dem Ufer neben der Windmühle gebaut, die man das steinerne Bohlwerk nannte.

1713, 1722 und 1727 ist von Erbauung neuer Bohlwerke neben der Stadt die Rede; doch sind die Stellen, wo dieselben zur Ausführung kamen, nicht näher bezeichnet. Man sollte meinen, dafs schon in damaliger Zeit die Ufer rings um die Stadt durch Bohlwerke gesichert gewesen wären, doch 1747 wurde noch empfohlen, den Graben auf der Stadtseite mit einem Bohlwerk zu versehen, und ihn auf 12 Fufs zu vertiefen, damit die Schiffe hier während des Winters liegen könnten. Was die Baggerung betrifft, so erwähnt Suchodolitz, dafs die Maschine täglich 40 Schachtruthen fördere. Diese Leistung ist gewifs sehr befriedigend, da nur 4 Pferde dabei benutzt wurden. Zur Beseitigung des gehobenen Materials dienten 7 Prahme, von denen jeder $1\frac{1}{2}$ Schachtruthen fafste.

Zur Vertiefung des Grabens wurden die Kosten angewiesen. Unter dem 5. Juni 1749 macht Suchodolitz noch auf manche andre grofse Uebelstände in Betreff des Hafens aufmerksam. Das Bohlwerk auf der Nordseite des Grabens, das vom Gouvernement erbaut worden, sei ganz verfallen. Die Festung weigere sich aber, dieses wieder herzustellen, da die Unterhaltung nur im Schiffahrts-Interesse nöthig sei. 1732 war auf dieser Seite bereits das königliche Salzmagazin eingerichtet. Der Bohlwerksbau kam bald darauf zur Ausführung. Besonders klagte Suchodolitz, dafs es an einem Platze für den Ballast vollständig fehle. Derselbe werde in die Strafsen der Stadt verkarrt, und von hier treibe der Wind ihn wieder in den Hafen. Auch war es damals (wie bis zum Jahr 1826) noch üblich, dafs die Einwohner der Stadt allen Unrath und Kehricht in den Graben warfen.

1733 wurde der Steindamm vor der Stadt und Festung zerstört. Die See trat in die Festungs-Gräben, woselbst sie grofsen Schaden anrichtete. Dasselbe geschah 1737, und dabei wurde zugleich ein grofser Theil der Stadt unter Wasser gesetzt. 1747 brach die Uferdeckung zwischen der Stadt und Festung durch, und in einer flachen Rinne, die jedoch nach dem Sturm trocken war, strömte die See in den Kolk, also in das Haff. Hierauf machte Suchodolitz in Verbindung mit dem Ingenieur Capitain Frantzki den Vorschlag, man möge die Steinböschung, die doch bei jedem Sturm zerstört wird, ganz aufgeben, und sie durch eine hölzerne Ufereinfassung ersetzen. Er empfahl zu diesem Zweck zwei

Pfahlwände mit versetzten Fugen unmittelbar hinter einander, und zwar auferhalb der alten Steinwand schräge einzurammen, darüber, 6 Fufs über Wasser, zwei Holme aufzubringen, und den Raum dahinter bis gegen den Wasserspiegel mit Faschinen auszufüllen, darüber aber Steine zu bringen, die an der Oberfläche regelmäfsig verpackt werden sollten. Dieser Vorschlag kam nicht zur Ausführung, und die Steinwand wurde nach wie vor bei jedem heftigen Sturm durchbrochen.

1733 veränderte sich das See-Gatt. Es war bisher südwärts gekehrt und richtete sich nun gegen Westen. Zehn Jahre später geschah wohl dasselbe, denn eine Charte von 1744 zeigt zwei See-Gatte, von denen das westliche 11 Fufs, das südliche dagegen nur 10 Fufs tief ist.

Im Herbst 1741 wurde zur Orientirung der in der Nacht ankommenden Schiffe das erste Seefeuer bei Pillau, und zwar auf dem Thurm der Pfundbude, eingerichtet. Dasselbe war aber sehr schlecht, und nach dem Bericht des Licentrath Ursinus von 1747 sogar noch schlechter, als das Brüsterorter. Die Schiffer klagten, dafs sie es nicht früher sehn könnten, als bis sie dicht vor dem See-Gatt wären. 1756 wurde es verbessert und vom Thurm, in den zu diesem Zweck als Laterne ausgebauten Erker auf der westlichen Seite desselben Gebäudes verlegt.

Ueber die Beschaffenheit der verschiedenen Fahrwasser bei Pillau und des Hafens in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts hat Suchodolitz so interessante Notizen zusammengestellt, dafs die Mittheilung derselben nicht umgangen werden kann.

Suchodolitz war Ober-Teichinspector, und wurde über Schiffahrts-Angelegenheiten zuerst befragt, als es sich darum handelte, die Pregel-mündung zu verbessern. Durch sorgfältige Beobachtung der eintretenden Aenderungen hatte er eine klare Auffassung der Erfordernisse der Schiffahrt und der möglichen Verbesserungen derselben sich angeeignet. Unter den Baumeistern, die beim Hafengebäude in Pillau beschäftigt gewesen, gebührt ihm die erste Stelle.

Seine Zusammenstellung der historischen Nachrichten, denen zugleich weitere Vorschläge sich anschliessen, sind vom 6. Februar 1751 datirt. Er spricht zunächst von der Untiefe vor der Mündung des Pregels. In den sumpfigen Wiesen, welche das

Pregelthal bilden, wandte sich in früherer Zeit der Strom vor dem Schloß Holstein südwärts nach der Bucht bei Haferstrom, die sich ganz verflacht hatte, und woselbst besonders über Mangel an Fahrtiefe geklagt wurde. Im Anfange des Jahrs 1739 untersuchte Suchdolitz die Oertlichkeit, und stellte zugleich an verschiedenen Stellen Bohrungen an. Er überzeugte sich, daß der Grund überall aus weichem Modder bestand, worin also ein Bagger gut arbeiten konnte. An Geldmitteln zur Verbesserung des Fahrwassers hätte es nicht gefehlt, denn seit 1681 waren von allen hier vorbeigehenden Schiffen Abgaben erhoben, die in manchen Jahren bis 5000 Thlr. betragen hatten und zusammen schon die Summe von nahe 150 000 Thlr. erreichten. Daß irgend etwas dafür geschehn, wird nicht gesagt. 1732 erging der Befehl, daß von diesem Jahre ab die Schiffsgelder wirklich auf die Verbesserung des Fahrwassers verwendet werden sollten. In den nächsten fünf Jahren war bereits ein Capital von mehr als 13 000 Thlr. gesammelt, und Suchdolitz erhielt den Auftrag, einen Bagger zu bauen, während auch der Vorschlag genehmigt wurde, dem Pregel eine andre Mündung zu geben, und ihn in gerader Richtung bei Holstein vorbei in das Haff zu führen. Mit beiden Arbeiten wurde gleichzeitig der Anfang gemacht, das neue Strombett ausgegraben und demnächst mit dem neuen Bagger nothdürftig vertieft. Der alte Arm wurde 1749 geschlossen, auch neben dem neuen ein Treideldamm bis an das Haff geschüttet. Seit 1749 gehn die Schiffe durch die neue Mündung. Die Arbeiten hatten sich dadurch verzögert, daß der Bagger zur Beseitigung einer Sandbank vor dem Pillauer Hafen, also vor der Mündung des Grabens, dringend gebraucht wurde, und hier, wie in der Umgegend, einige Jahre lang beschäftigt war. Suchdolitz bemerkt, es seien in der Pregelmündung noch manche Baggerarbeiten nothwendig, auch müsse der Treideldamm noch 50 Ruthen weit in das Haff geführt und gegen den Wellenschlag gehörig gesichert werden, um den Strom besser zusammen zu halten.

Demnächst werden die Fahrwasser beschrieben, welche aus dem Haff nach Pillau führen. Die sogenannte alte Fahrt, die nahe am Schwalkenberge vorbeigeht, sei früher allein benutzt worden, auch hinreichend tief gewesen, wenn gleich einzelne große Steine darin mit Vorsicht hätten vermieden werden

müssen. Die von 1682 bis 1684 ausgeführten Baggerungen hätten wenig Erfolg gehabt, weil die vielen im Grunde liegenden Steine fortwährende Beschädigungen der Maschine veranlassten. Die Schiffer seien indessen auch in andrer Beziehung gegen die Beibehaltung dieses Fahrwassers gewesen. Das hohe Ufer in großer Nähe habe ihnen nämlich oft den Wind genommen, so daß sie selbst bei genügender Fahrtiefe und bei sonst gutem Winde nicht hindurchgekommen wären. Welche Tiefe diese alte Fahrt damals gehabt, wird nicht angegeben.

Der Heerd sei seiner Lage nach für die Schifffahrt besonders bequem, seine Tiefe betrage aber stellenweise nur 6 Fufs. Suchodolitz empfiehlt, daß man hier baggern möge, er habe im März 1740 sich durch Bohrungen von der Beschaffenheit des Grundes überzeugt und keine Steine daselbst gefunden. Der Seesand, der sich oben vorfindet und sehr fest abgelagert ist, überdecke eine weiche grünliche Erde.

Die Renne bilde gegenwärtig das tiefste Fahrwasser, indem sie 7 Fufs tief sei, und werde vorzugsweise benutzt. Die Schiffer klagen jedoch, daß ihre Richtung zu sehr von derjenigen abweicht, die sie beim Aufsegeln nach Königsberg verfolgen müssen. Es ereigne sich daher häufig, daß sie einen Wind, der für die Fahrt nach Königsberg günstig wäre, nicht benutzen könnten, weil mit demselben die Renne nicht zu durchsegeln sei.

Die Mittheilungen über den Pillauer Hafen sind bereits erwähnt. Vorzugsweise hält Suchodolitz die Erbauung eines Molo vor dem Hafen für dringend geboten, um theils den Graben, und theils die auf der östlichen Seite der Stadt liegenden Schiffe gegen Wellenschlag und Eis zu sichern. Ein solcher Antrag sei bereits mehrfach gestellt, 1743 habe er wieder daran erinnert, doch eine Entscheidung sei nicht erfolgt. Dieser Molo ist aber nichts Andres, als der später ausgeführte Damm, an den die Sandflächen sich anlegten, welche gegenwärtig den Russischen Damm bilden. Suchodolitz wollte indessen denselben in der Mitte weiter zurücklegen, um ein breiteres Hafen-Bassin darzustellen. Der Damm sollte aber aus Steinkisten bestehen, die 10 Fufs breit und 8 Fufs hoch wären. Auch diese Erinnerung fruchtete nichts.

Ueber das See-Gatt sagt Suchodolitz, dasselbe „dependire mehr von der gütigen Disposition des Allmächtigen, als von der

Kunst und Wissenschaft der Menschen“. 1623 sei es 7 bis 8 Fufs tief gewesen und im folgenden Jahr 18 Fufs, ohne dafs etwas dafür gethan wäre. In damaliger Zeit, als selbst für unbedeutende Anlagen, wie für den Damm im Haff, der noch dazu auf eine vorhandene Untiefe gestellt werden sollte, die nöthigen Geldmittel nicht zu beschaffen waren, konnte an grofsartige Hafendämme auf der Seeseite nicht gedacht werden.

Die kriegerischen Ereignisse in der nächsten Zeit verhinderten die Regierung, irgend welche Verbesserungen im Hafen oder in den Fahrwassern auszuführen. 1734 hatten die Kosacken die frische Nehrung arg verwüstet, und alle Waldungen, die 1657 vom Commandanten noch verschont geblieben waren, bis nach Polski hin abgebrannt. Während des Sommers 1757 wurde der Hafen durch Russische Kriegsschiffe blokirt, und im Januar 1758 besetzten die Russen die Festung, welche schon vorher, als die Nachricht von der Annäherung der Feinde bekannt wurde, vom Commandanten und der Besatzung verlassen war*).

Bis zum Hubertsburger Frieden blieb die Festung im Besitz der Russen, aber während dieser Zeit kam eine der wichtigsten und schon lange angeregten Verbesserungen des Hafens zur Ausführung, indem auf der Ostseite der Stadt ein Damm im Haff erbaut wurde. Die Russische Scheeren-Flotte sollte bei Pillau liegen, der damalige Hafen, also der Graben, war hierzu aber nicht hinreichend geräumig, daher wurde vor demselben der gegenwärtige eigentliche Hafen dargestellt. Dieses geschah 1759 und 1760. Dieser Damm bildete die Begrenzung des Hafens auf der östlichen Seite. Gegen das Tief trat er so weit vor, wie Fig. 143 in den scharf ausgezogenen Linien angegeben ist. Erst später, nämlich 1830, wurde er südwärts um 18 Ruthen verlängert. Von dem südlichen Ende ab entfernte er sich zuerst etwas von der Stadt, bildete also die Umschließung eines etwas breiteren, jedoch sehr kleinen Bassins, und indem er alsdann wieder vortrat, zog er sich parallel zum gegenüberliegenden Ufer bis zu dem Punkt, wo er in die verlängerte nördliche Uferlinie des Grabens traf. Seine ganze Länge betrug 90 Ruthen. Die mehrfach gebrochene Form hatte man ihm wahrscheinlich gegeben, um

*) Beiträge zur Kunde Preussens. Bd. VI. S. 57.

größere Tiefen zu umgehn. Nach einer spätern Mittheilung von Lillenthal ist er mittelst Steinkisten gebaut, die in dem vordern Theil auch noch sichtbar sind.

Die angegebenen Richtungen und die Länge sind aus einer Charte von 1767 entnommen. Dieser wichtige Bau wurde, nachdem Pillau wieder abgetreten war, keineswegs vernachlässigt, vielmehr in der Richtung nach Alt-Pillau zu nach und nach weiter ausgedehnt, man ging jedoch bald zu einfacheren Constructionen über, da bei der schnellen Anhäufung des Sandes neben demselben einfache Bohlwerke genügten. Eine Charte von 1782 zeigt schon eine Verlängerung von 20 Ruthen, und 1791 war der Damm im Ganzen 140 Ruthen lang. Auf seiner östlichen Seite lag ein ausgedehntes Sandfeld. Wenige Jahre später war er 150 Ruthen lang und erstreckte sich so weit über den Graben, oder den ursprünglichen Hafen hinaus, daß dieser der Mitte des Damms gegenüber lag. Die Sandfläche dahinter gewann auch immer mehr an Ausdehnung, und man fing wohl schon im vorigen Jahrhundert an, sie zu bepflanzen, damit der lose Sand vom Winde nicht in den Hafen getrieben werden möchte. Diese Fläche, welche gegenwärtig zum Theil einen Park oder Garten bildet, heißt der Russische Damm.

Um den so entstandenen neuen Hafen in seiner ganzen Ausdehnung nutzbar zu machen, wurde diesem Damm gegenüber, also auf der westlichen Seite, und zwar nördlich von der Mündung des Grabens, im Jahre 1782 ein Bohlwerk von etwa 30 Ruthen Länge erbaut. Hinter dasselbe mußten die Schiffe, die in Ballast ankamen, diesen löschen, und es wurde damit das dahinter belegene noch niedrige Terrain erhöht. Das Bohlwerk wurde nach einer andern Charte sogar bis zum Holzhafen verlängert, doch ist dasselbe hier später wieder verschwunden. Man beseitigte es, als die Schiffs-Baustelle von dem hintern Ende des Grabens im Jahr 1817 hieher verlegt wurde. Um den Hafen gegen den von der Seeseite antreibenden Sand zu schützen, wurde 1793 die im Norden der Stadt belegene Sandfläche bis an die Dünenkette vorlängs des Strandcs mit Weiden und Ellern bepflanzt, die bei der niedrigen Lage des Terrains sehr gut anwuchsen und nach wenig Jahren bis zur Anhöhe von Alt-Pillau sich hinzogen, Dieses ist die sogenannte Plantage.

Was die Fahrwasser betrifft, die von Pillau nach dem Haff führen, so bildete sich die Renne, die sich auf der Ostseite der Nehrungsspitze hinzieht, nach und nach aus, während der Heerd immer mehr versandete. Auf einer Charte von 1774 ist noch ein andres Fahrwasser, nämlich in der Mitte zwischen den beiden vorbenannten angegeben. Die Aufschrift besagt, daß dasselbe 1769 entstanden sei. Nach den eingeschriebenen Zahlen zu urtheilen, war es nicht tiefer, als die Renne, nämlich nur $7\frac{1}{2}$ Fufs, aber die flachste Stelle hatte eine geringere Ausdehnung, als in dieser. Von diesem neuen Fahrwasser ist später nicht mehr die Rede, es mufs daher, wenn es wirklich einst sich gebildet hatte, bald darauf wieder versandet sein.

Ein heftiger Sturm im December 1792 verursachte sehr starke Beschädigungen an den Ufer-Einfassungen auf der westlichen Seite der Stadt, hier wurden daher in den nächsten Jahren durch den damaligen Kriegs- und Domänenrath Lilienthal neue Steindossirungen ausgeführt. Soweit das Ufer nordwestlich gerichtet war, blieben die Beschädigungen noch mäfsig, aber von diesem Punkte ab, wo es sich nordwärts wendet, mufste es ganz neu gedeckt werden. In angemessener Weise wurde eine solide Steinpackung von 160 Ruthen Länge bis unter den mittlern Wasserstand herabgeführt, auf der die regelmäfsig versetzten Decksteine sicher ruhten (§ 21). Die Packung selbst lagerte aber theils auf dem Seesande und theils auf einem Schwellrost. In den spätern Stürmen von 1796 und selbst in dem von 1801, der besonders heftig war, litt diese Steindossirung weniger, als die näher an der Stadt belegenen, die dem heftigen Andrang der See nicht so stark ausgesetzt waren.

Die alte Pfundbude wurde 1804 aus fortificatorischen Gründen abgebrochen, und der Berg, auf dem sie stand, abgegraben. Um das Feuer nicht eingehn zu lassen, errichtete man dagegen auf dem sogenannten Lehmberge, oder dem hohen Ufer westlich von Alt-Pillau im Abstände von etwa 300 Ruthen von der See ein Gebäude, worin das Feuer brannte und zugleich ein Wärter wohnte. Es war jedoch der Bau eines grossen massiven Leuchtthurms in der Stadt, und zwar neben der Lootsen-Station, in Aussicht genommen, der im folgenden Jahre begann und 1816 beendigt wurde.

Das See-Gatt erlitt auch in dieser Zeit manche Veränderung. 1767 war es südwestlich gerichtet, 1782 gleichfalls. Im letzten Jahr scheint es gegen 15 Fufs tief gewesen zu sein. 1794 hatte es sich nach Westen gewandt und war nur 12 Fufs tief.

Zwei wichtige Vorschläge, welche Lilienthal machte, müssen hier erwähnt werden. Der Hafen von Pillau war zu klein, um alle Schiffe zu bergen, die zuweilen sich hier ansammelten. Es mußte daher die Vergrößerung des Hafens in Aussicht genommen werden. Zu diesem Zweck wurden zwei Projecte entworfen. Nach dem einen sollte der Hafen zwischen der Stadt und dem Russischen Damm auf der Seite nach Alt-Pillau um etwa 160 Ruthen verlängert werden, indem er hier die lichte Weite von 40 Ruthen erhielt und sich zwischen zwei Hafendämmen so krümmte, daß er in östlicher Richtung endigte und sich an die alte Fahrt anschloß. Nach dem zweiten Project, wobei die Vergrößerung viel unbedeutender war, sollte ein zweiter Hafen auf der östlichen Seite des Russischen Damms von 25 Ruthen Breite angelegt werden, so daß dieser Damm als Insel in der Mitte zwischen beiden Häfen blieb. Keines dieser Projecte kam damals zur Ausführung.

Dagegen gab der Sturm im December 1766 Veranlassung zu einem andern Bau. Die Ufer der Nehrungsspitze waren, wie es scheint, bisher noch gar nicht befestigt worden. Während dieses Sturms brach auf der Seeseite ein Streifen von 44 Ruthen Breite ab. Die Strandreiter-Wohnung war früher 132 Ruthen vom Strande entfernt gewesen, nach dem Sturm betrug die Entfernung aber nur noch 86 Ruthen. Auch die Spitze der Nehrung war weit zurückgewichen, nämlich seit der Aufnahme durch Suchodolitz um 37 Ruthen. In dem Bericht vom 22. Januar 1767 machte Lilienthal darauf aufmerksam, daß die Verbreitung des Tiefs sowohl für das See-Gatt, als auch für das Fahrwasser auf dem Heerde von den nachtheiligsten Folgen sein müsse. Er halte es daher für nothwendig, die Spitze der Nehrung wieder soweit hinauszuführen, als sie früher gelegen habe. Zu diesem Zweck müsse die Ecke A (Fig. 143), hinter der das Land noch nicht tief abgebrochen, gedeckt werden. Es solle auf der Haffseite, also im Süden dieser Ecke, und zwar im Abstände von 50 Ruthen, eine 8 Ruthen lange Strauchbuhne erbaut werden,

um den Strom abzuweisen. Von hier ab bis zur bezeichneten Ecke, und von dieser auf 60 Ruthen Länge in nordwestlicher Richtung sei dagegen ein starkes Bohlwerk auszuführen. Jenseits dieses Bohlwerks, also an der Seeseite der Nehrung, die damals an der Spitze kaum 40 Ruthen breit war, solle eine 25 Ruthen lange und mit Pfählen befestigte Bühne erbaut werden, um den Sand aufzufangen. Zu dem letzten Zweck seien auch noch Strauchzäune im Zickzack auf den Strand zu stellen. Das Bohlwerk wird noch näher beschrieben. Es solle nämlich eine starke Spundwand ausgeführt werden, gegen welche sich Steinkisten lehnen. Die Spundwand solle nur 2 Fufs über das Mittelwasser vorragen, die Kisten aber 30 Fufs breit sein, auf Faschinenlagen ruhn und sich 6 Fufs über das Wasser erheben. Solche Kisten habe er vor 18 Jahren mit gutem Erfolge im Colberger Hafen ausführen lassen.

Diese Steinkisten wurden noch in demselben Jahr auf beiden Seiten der Ecke, und zwar in den angegebenen Dimensionen, erbaut, wiewohl eine Charte von 1791 besagt, dafs schon 1764 damit der Anfang gemacht sei. 1768 wurde der seeseitige Flügel noch um 30 Ruthen verlängert. Diese Steinkisten haben sich theilweise unbeschädigt erhalten. Noch 1830 waren sie mit Ausnahme der letzten Strecke vorhanden, und die grofsen Vertiefungen vor denselben, an der Ecke A, hatten nur die Folge gehabt, dafs sie etwas übergeneigt und tiefer herabgesunken waren. Obwohl ein Umfallen bei ihrer grofsen Breite nicht zu besorgen war, so wurden sie doch durch davor eingerammte Pfähle und einige Senkstücke gesichert. Ihre Erhöhung war aber durch Auflegen neuer Gebinde leicht zu bewirken.

Die beiden Bühnen scheinen nicht zur Ausführung gekommen, oder bald darauf zerstört zu sein. Die Charte von 1791, worauf eine neue Verlängerung der Steinkisten projectirt ist, die jedoch unterblieb, zeigt nicht die Bühnen, dagegen eine Steinböschung, die sich auf 60 Ruthen Länge am Strande der Nehrung hinzog.

In den Französischen Kriegen spielte Pillau keine bedeutende Rolle. Ende 1806 wurde zwar die Festung in Vertheidigungsstand gesetzt, die Plantage niedergehauen, auch leichte Erdwälle auf der Nehrungsspitze errichtet. Letztere wurden jedoch am 15. Juni 1807 verlassen. Zwei Tage später erschien daselbst

der Feind, besetzte diese Werke und richtete von dort aus die Geschütze gegen die Festung. Am 18. Juni zeigte sich ein andres Corps auf der Höhe bei Alt-Pillau, und dieses beschloß mit leichten Feldbatterien die Stadt und die Festung, ohne jedoch namhaften Schaden anzurichten. Die weitere Vertheidigung war unter den damaligen politischen Verhältnissen, und nachdem Königsberg schon vom Feinde besetzt war, ohne Zweck, woher am 20. Juni ein Waffenstillstand geschlossen wurde, der sich bis zum Bekanntwerden des Tilsiter Friedens ausdehnte.

Im Jahr 1812 war Pillau gemeinschaftlich von Preußen und Franzosen besetzt, und beide Besatzungen standen sich mehrere Tage lang innerhalb der Festung feindlich gegenüber, nachdem der erste Aufruf des Königs aus Breslau bekannt geworden war. Als daher ein Russisches Corps sich näherte, um die Festung zu belagern, konnte von Vertheidigung nicht die Rede sein, und die Uebergabe erfolgte am 8. Februar 1813.

Im Anfange des laufenden Jahrhunderts hatte nach vorstehenden Mittheilungen der eigentliche Hafen diejenige Gestalt und Ausdehnung angenommen, die er ohne wesentliche Aenderung und Erweiterung während der nächsten fünfzig Jahre beibehielt. Er war damals wohl überall mit hölzernen Bohlwerken eingefast, obgleich dieselben in der letzten Zeit, und namentlich während des Französischen Kriegs, sehr schadhast wurden, auch fehlte genügende Tiefe an vielen Stellen im Hafen. Massive Uferbefestigungen, und zwar sehr rohe Steindossirungen, befanden sich neben dem Tief vom Punkt *U* ab vor der Festung, der Windmühle und vor dem nordwestlichen Theil der Stadt bis zum Punkt *H* (Fig. 143). Dieselben wurden 1794 noch 145 Ruthen weit längs des nordwärts gekehrten See-Ufers fortgesetzt. Auf einer Charte von 1804 mißt die Länge dieser Fortsetzung nur 110 Ruthen, der letzte Theil war damals wohl von der Düne überdeckt.

Die Stadt Pillau hatte in dieser Zeit schon dieselbe Ausdehnung, wie noch gegenwärtig. Fortificatorische Rücksichten verboten ihre spätere Vergrößerung.

Was die Hafenanstalten betrifft, so war das Lootsenwesen bereits eingerichtet, und es bestand für die betreffenden Boote der kleine Lootsenhafen am Tief bei *D*. Ein Feuer zur Be-

zeichnung des Hafens brannte auf dem Lehmberge, westlich von Alt-Pillau in einem kleinen Gebäude, das nach der Seeseite von Glaswänden umschlossen war. Der Bau eines massiven Leuchthurmes bei *B* neben dem Lootsenhafen war begonnen. Die Schiffbaustellen befanden sich an dem hintern schmalen Theil des Grabens bei *N*, doch dienten dieselben wohl nur zum Bau sehr kleiner Schiffe, da zum Ablassen größerer die Wasseroberfläche nicht die nöthige Ausdehnung hatte. Unmittelbar daneben, und zwar auf der Nordseite des Grabens, wo später einige Privathäuser erbaut sind, war der Ballastplatz eingerichtet. Zwei Kochhäuser, eins ohnfern der Mündung des Grabens und das andre auf dem Russischen Damm (beide in Fig. 143 mit *K* bezeichnet) waren massiv ausgeführt, da auf den im Hafen liegenden Schiffen kein Feuer angezündet werden durfte. Endlich existirte schon damals ein sogenannter Holzhafen, worin Flöße liegen sollten, bevor die Balken in Schiffe verladen wurden. Dieser Holzhafen hatte indessen nicht nur an sich eine ungünstige Lage, indem er außerhalb des Schutzes vom Russischen Damm lag, sondern auch nicht gehörig umschlossen war, woher das eingebrachte Holz leicht forttrieb, oder auf das flache Ufer geworfen wurde. Er blieb daher auch fast immer unbenutzt, und nur ausnahmsweise in günstiger Jahreszeit und wenn eine baldige Verladung in Aussicht stand, brachte man einige Flöße hinein. Dafs die kahlen Sandstellen im Norden der Stadt schon damals mit Ellern und Weiden bepflanzt wurden, ist bereits erwähnt.

Das See-Gatt war sowohl in Betreff seiner Tiefe, als auch seiner Richtung sehr veränderlich. Zuweilen, wie 1624 und 1787 war es 18 Fufs tief gewesen, im Allgemeinen mafs die Tiefe aber selten mehr als 10 Fufs, und nach dem Abgange des Eises 1805 sogar nur 6 Fufs. Damals konnte selbst kein leeres Schiff aus dem Hafen in See gebracht werden, und auf den Vorschlag eines Englischen Schiffs-Capitains versuchten die Mannschaften der zum Ausgeh'n bereit liegenden Schiffe das Gatt dadurch zu vertiefen, dafs sie mittelst Ruderböten schwere Ketten, Dragger und dergleichen über die Barre zogen, um den Sand aufzulockern. Der Strom trieb denselben auch in der That fort, und nachdem diese Arbeiten einige Tage hindurch fortgesetzt waren, hatte sich daselbst eine Rinne gebildet, die gegen 10 Fufs

tief war. Wichtig ist es, daß schon in dieser Zeit das Bedürfnis anerkannt wurde, durch Regulirung der Ufer des Tiefs den ausgehenden Strom so zu leiten, daß er auf der Barre ein passendes Fahrwasser oder See-Gatt bilden sollte. Ein schwacher Anfang war in dieser Beziehung, wie bereits erwähnt, auch schon gemacht worden, indem vom Punkte A auf der Nehrung eine Mole, etwa 70 Ruthen weit, frei in das Tief trat, die sich auch bald mit antreibendem Sande hinterfüllte und dadurch sich in eine Ufer-einfassung verwandelte.

Endlich sind noch die Versuche zur Darstellung eines tieferen Fahrwassers zwischen Pillau und Königsberg zu erwähnen. Das Bedürfnis eines solchen trat jedesmal auf, wenn das See-Gatt zufällig eine grössere Tiefe angenommen hatte. Von Bedeutung war in dieser Beziehung ohne Zweifel die Regulirung der Pregel-mündung. Ausserdem wurden auch durch einen oder zwei Pferdebagger die flachsten Stellen im Haff etwas vertieft.

§ 52.

Spätere Bauten.

Das Jahr 1810 ist in der Geschichte des Pillauer Hafens besonders wichtig. Schon während des Kriegs mit Frankreich begannen die grossen Reformen, welche der damalige Finanz-Minister Freiherr von Stein einführte. Die Communen sollten nicht mehr, wie bisher, unmündig bleiben und jede Verbesserung nur von der Regierung erwarten, vielmehr daran sich selbst betheiligen und selbstständig die Verwaltung ihrer eignen Angelegenheiten übernehmen. Nicht nur die Städte-Ordnung wurde erlassen, sondern auch andre Körperschaften mit ähnlichen Befugnissen versehen. Den Pillauer Hafen hatte die Regierung, wie sich aus Vorstehendem ergibt, bisher sehr stiefmütterlich behandelt. Ausser den nothwendigsten Bagger-Arbeiten und Ufer-Befestigungen, die immer auf das dringendste Bedürfnis beschränkt blieben, war seit hundert Jahren nichts geschehn. Den wichtigsten Bau, wodurch Pillau zum Hafen wurde, hatten die Russen ausgeführt. Nichts desto weniger wurden unter verschiedenen Titeln bedeutende Abgaben von den einlaufenden Schiffen erhoben.

Der Handel von Königsberg konnte bei der schlechten Beschaffenheit des See-Gatts, wodurch der Hafen für gröfsere Schiffe meist gesperrt war, sich nicht heben, und dieser Uebelstand wurde um so fühlbarer, als das Gatt zuweilen eine gröfsere Tiefe annahm und dadurch die Vermuthung erweckt wurde, dafs eine solche ihm dauernd gegeben werden könne, wenn gröfsere Summen, also etwa die vollständigen Hafengelder, auf die Bauten verwendet würden. Diesen sehr begründeten Klagen liefs sich am einfachsten dadurch begegnen, dafs der Kaufmannschaft selbst die Verwaltung des Hafens überlassen wurde, welche die Bedürfnisse am richtigsten beurtheilen konnte.

Am 1. Juni 1810 übernahm die Königsberger Kaufmannschaft die Verwaltung der Hafen- und Schiffahrts-Anstalten in Pillau und Königsberg. Die betreffende Urkunde erhielt am 31. Januar 1811 die königliche Bestätigung. Die Kaufmannschaft wurde dadurch ermächtigt, die zur Unterhaltung der Hafen- und Schiffahrts-Anstalten erforderlichen Gefälle zu erheben und zu verwalten. Die Rechnungslegung an den Staat wurde nur in soweit ausbedungen, als solche überhaupt allen Communen und Corporationen durch die Gesetze auferlegt war. Die zu erhebenden Abgaben wurden bestimmt bezeichnet, und die Kaufmannschaft verpflichtete sich, dieselben zur Unterhaltung, Erneuerung und Verbesserung sämmtlicher Hafen- und Schiffahrts-Anstalten in Pillau und Königsberg, und zur Besoldung der betreffenden Beamten nach den in der Urkunde bezeichneten Sätzen zu verwenden, wogegen ihr die betreffenden Inventarienstücke, Gebäude und Grundstücke übergeben wurden. Hierzu kam noch ein geringer Kassenbestand von etwas über 2000 Thaler. Die Urkunde besagt, dafs die zu vorstehenden Zwecken vorzunehmenden Baue von der Kaufmannschaft, in welcher Art und durch wen sie will, ausgeführt werden, jedoch sollte dieses nicht nur unter der allgemeinen polizeilichen Aufsicht, sondern auch unter dauernder Controle gewisser in Pillau und Königsberg angestellten Staats-Baubeamten geschehn. Wesentliche Abänderungen in den bestehenden Anlagen, wichtige Erneuerungen und ganz neue Anlagen dürften auch nicht ohne Anzeige bei der Provinzial-Behörde und nur nach den von dieser bestätigten Projecten unternommen werden.

Durch die letzte Bestimmung wurde das erste Zugeständniß, daß die Kaufmannschaft, in welcher Art sie wolle, bauen dürfe, im höchsten Grade beschränkt, und factisch hatte sie nur zu entscheiden, ob auf Rechnung oder in Entreprise gebaut werden solle. Der Geschäftsgang bei Aufstellung und Genehmigung der Bau-Projecte war genau derselbe, wie bei Staatsbauten, und die königlichen Behörden entschieden über die Anordnung und Construction der Bauten, so wie großentheils auch darüber, was gebaut werden solle. Namentlich geschah das Letzte, nachdem die Vorlegung der Etate eingeführt war. Die Verhältnisse gestalteten sich hiernach ganz anders, als etwa in den Englischen Häfen, soweit diese nicht dem Staat angehören oder Kriegshäfen sind. Daß die Königsberger Kaufmannschaft selbst zur Verbesserung bedeutende Summen aufbringen sollte, war nicht zu erwarten, da sie theils keine neuen Abgaben auferlegen durfte, theils aber auch das Hinterland wenig Ausdehnung hatte und, von den Strömen abgesehn, aller bequemen Zufuhrwege entbehrte, außerdem aber auch die Zufuhr aus Rußland großen Schwierigkeiten unterlag, während die Einfuhr von Gütern dahin nahezu unmöglich war. Die Unterhaltung und Verbesserung der Hafenanlagen konnten demnach nur den Einnahmen entsprechend zur Ausführung kommen.

Doch auch hierdurch war schon vergleichungsweise mit den bisherigen Verhältnissen sehr viel gewonnen. Nicht nur fanden die Hafengelder ihre volle Verwendung der Bestimmung gemäß, sondern der einfachere Geschäftsgang war frei von den für den Staatsdienst vorgeschriebenen Formen, und wie in einer geregelten Haushaltung oder in einem Privatgeschäft durften günstige Conjunctionen ohne Zeitverlust wahrgenommen werden. Als ich dort Hafengebäude-Inspector war, wurde mir sogar gestattet, bei günstiger Gelegenheit Ankäufe von Holz zu machen, wenn sich auch noch nicht übersehn ließ, wo dasselbe verwendet werden sollte. Eben so durfte ich, ohne die Genehmigung abzuwarten, mit mälsigen Arbeiten vorgehn, um einen plötzlich entstandenen Schaden auszubessern, oder seiner weitem Ausdehnung zu begegnen, oder auch wohl irgend einen günstigen Umstand zu benutzen, der die spätere Ausführung eines in Aussicht stehenden Baues erleichtern konnte. Kommt noch hinzu, daß im Vorsteheramt der

Kaufmannschaft Männer waren, die das Seewesen genau kannten und durch ihre Verbindungen von den Preisen der Baumaterialien in der Umgegend sich unterrichteten, so ergibt sich, daß der Bau-Beamte einer solchen Corporation einer viel schärferen und eingehenderen Controle unterworfen ist, als im Staatsdienst, während bei gegenseitigem Vertrauen ein sehr selbstständiger Wirkungskreis sich ihm eröffnet, der Gelegenheit bietet, die Bauten schneller und wohlfeiler auszuführen, als wenn die sonst vorgeschriebenen Formen streng beobachtet werden müßten.

Der Hafen befand sich, als die Kaufmannschaft ihn übernahm, in dem traurigsten Zustande. Der damalige Wasserbau-Director Fr. Schulz *) berichtete darüber unter dem 28. September 1809 an die Königsberger Regierung Folgendes.

Es existiren zwei See-Gatte, das ältere, welches genau nach Westen gerichtet, ist 11 Fufs tief, das neue dagegen, welches vortheilhafter gelegen, hat nicht mehr als 8 Fufs Tiefe (im Sommer 1810 konnten die Schiffe nur mit 9 Fufs Tiefgang einkommen). An der Stelle, wo beide Gatte sich vereinigen, liegt ein Wrack, ein andres im Kessel. Beim Bau des Leuchthturms, der 80 Fufs hoch und mit Nebengebäuden verbunden werden soll, sind nur zwei Maurergesellen angestellt. Die Bohlwerke befinden sich in „unbeschreiblich schlechtem Zustande“. Von den am innern Hafen belegenen ist der dritte Theil völlig eingestürzt, mehr als ein Drittel kann „ohne Lebensgefahr“ nicht benutzt werden, und nur der übrige kleine Theil ist zu gebrauchen. Das hohe Bohlwerk (auf der Südseite der Stadt, oder am Tief) droht den Einsturz. Seit zwei Jahren ist im Hafen nicht gebaggert, und es können nur Schiffe von 10 Fufs Tiefgang eingebracht werden.

Die Kaufmannschaft schritt nunmehr sogleich zur Verbesserung des Hafens, soweit die Einnahmen dieses irgend gestatteten. Am dringendsten war die Instandsetzung des Binnen-Hafens, und wenn der Neubau der Bohlwerke auch nahe 20 Jahre in Anspruch nahm, so gewann dennoch das Ganze, indem Vieles nur vorläufig ausgebessert wurde, in wenig Jahren schon ein sehr

*) Der Verfasser des wichtigen Werkes: Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Königsberg 1808.

verändertes Ansehn und das erste Bedürfnis war befriedigt. Es ergab sich aber auch, daß die Einnahmen nicht nur die Kosten zur Unterhaltung des Hafens deckten, sondern auch die Mittel boten, um einige wichtige Verbesserungen und neue Anlagen nach und nach zur Ausführung zu bringen.

Namentlich wurde der Bau des Leuchthturms kräftig fortgesetzt, und wenn derselbe auch erst im Jahr 1816 beendigt wurde, so konnte doch schon am 8. Februar 1813, an dem Tage, als die Französische Besatzung die Festung verließ, das Feuer zum erstenmal angezündet werden. Es ist seitdem auch stets unterhalten worden, obgleich es bis gegen 1830 in den Sommermonaten nicht brannte. Das Licht befindet sich 90 Fufs über dem mittleren Spiegel der See. Es sind daselbst 15 Argand'sche Lampen in zwei Reihen über einander aufgestellt, die den halben Horizont nach der Seeseite beleuchten. Jede Flamme befindet sich im Brennpunkt eines versilberten und sauber ausgeführten parabolischen Spiegels von $22\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Das Licht wird gewöhnlich von den ankommenden Schiffen in der Entfernung von 4 Deutschen Meilen deutlich gesehn. Als es eingerichtet wurde, war es das beste Feuer an der ganzen Preussischen Küste. Ursprünglich war es Absicht, noch 2 andre Lampen mit zugehörigen Spiegeln nach der Haffseite zu richten, doch unterblieb dieses zunächst, indem es für entbehrlich erachtet wurde. Erst im Jahr 1842 wurde eine nach dem Haff gerichtete Lampe mit einem neuen Spiegel hinzugefügt.

Der oben erwähnte Abbruch der alten Pfundbude, die sehr weit sichtbar war, und den ankommenden Schiffen als Landmarke diente, veranlafste in dieser Zeit noch einen andern Bau. Das höhere Ufer bei Alt-Pillau, das ganz kahl und mit Sand überweht war, konnte nämlich, wenn es auch etwa 50 Fufs hoch ist, doch in weiter Entfernung nicht deutlich erkannt werden, und die Kuppel des Leuchthturms war zu klein, als daß sie bemerkbar gewesen wäre. Es trat der eigenthümliche Fall ein, daß die Schiffer manche meilenweit hinter Pillau belegene Gegenstände, namentlich die Ruinen des Schlosses Balga und den Dom von Frauenburg früher sahen, als Pillau. Um den Hafen schon in der Ferne kenntlich zu machen, wurde daher auf der höchsten Anhöhe hinter Wogram die sogenannte Landmarke erbaut.

Dieselbe besteht in einer 38 Fufs langen, sehr starken und 36 Fufs hohen Mauer, die ihre breite Seite der See zukehrt, und über die sich noch drei stumpfe pyramidale Spitzen von 10 Fufs Höhe erheben. Die Schiffer sagen, dafs die Marke, wenn sie zuerst sichtbar wird, wie ein dreimastiges Schiff erscheint, doch läfst die grofse Höhe, worin sie gesehn wird, sie bald sicher erkennen. Früher wurde diese Marke weifs angestrichen. Gegen den dunkeln Himmel trat sie sehr deutlich vor, aber bei trübem Wetter war sie nicht sichtbar. Vom Russischen Damm aus, also in der Entfernung von nur etwa 400 Ruthen, war es mir einst unmöglich, das hohe und massenhafte Mauerwerk zu sehn, während die kleine dunkle Blechfahne von nur 2 Fufs Länge vollkommen deutlich war. Auch klagten die Schiffer jedesmal, wenn die Marke frisch geputzt und getüncht war, sie erschien dagegen viel kenntlicher, sobald der Putz abfiel und die rohen Ziegel vortraten. Aus diesem Grunde wird jetzt ein braunrother Anstrich gewählt, der beim Nebel und feinen Regen die Marke besser erkennen läfst.

Der hintere und schmalere Theil des Grabens, in Fig. 143 mit *N* bezeichnet, war bisher Schiffsbaustelle gewesen, bot indessen zu diesem Zweck nicht die nöthige Räumlichkeit, und ausserdem besorgte man, dafs bei den nothwendigen Feuerungen zum Biegen der Planken und zum Theerkochen leicht ein Brand entstehn könnte, der für die im Graben liegenden Schiffe, wie für die Stadt gefährlich wäre. Aus diesen Gründen wurde 1817 die Schiffsbaustelle hinter den Hafen an die mit *P* bezeichnete Stelle verlegt, während jener Theil des Grabens an die Hafengebäudeverwaltung überging, und es wurden die Bagger, die Prahme und andre Dienstfahrzeuge so wie Holzflöße darin untergebracht, auch die beiderseitigen Ufer als Stapelplätze benutzt. Für die verschiedenen Baugeräthe und Utensilien wurde ein hölzerner Schuppen ohnfern der Windmühle *Q* erbaut, und die Ketten, Anker und sonstige werthvollere Gegenstände brachte man in das massive frühere Pechhaus auf der Südseite des Bauhafens.

Die Schiffsbaustelle *P* lag auf Festungsterrain, woher die zugehörigen Schuppen nur leicht in Holz ausgeführt, auch auf Verlangen jederzeit beseitigt werden sollten, während eine mäfsige Pacht für die Plätze erhoben wurde. Auch der nördliche Theil

des Russischen Damms war Festungsterrain, doch wurde daselbst die Einrichtung eines Ballastplatzes, so wie auch die Ausführung einfacher Bohlwerke vor demselben gestattet, während später, bei Erbauung eines Forts an dieser Stelle, der Ballastplatz aufgegeben werden mußte.

Indem das See-Gatt nach dem Uebergange der Hafen-Verwaltung an die Kaufmannschaft mehrere Jahre hindurch mit seltenen Ausnahmen nur 9 bis 10 Fufs tief gewesen war, so stellte sich die Verbesserung desselben durch fernere Einschränkung des Tiefs als dringendes Bedürfnis heraus.

Die Kaufmannschaft erklärte sich bereit, die Kosten dieses Baues aus den Hafengeldern zu bestreiten. Es wurde damit auch bald der Anfang gemacht. 1816 erfolgte die Wiederherstellung der vor fünfzig Jahren von Lilienthal ausgeführten Steinkisten in ihrer frühern Länge. Die Berichte besagen sogar, der Bau sei um 12 Ruthen verlängert worden, doch bestätigen dieses die Charten nicht. Wahrscheinlich waren die alten, sich selbst überlassenen Steinkisten im vordern Theil zerschlagen oder versunken.

Nummehr entstand die Frage, in welcher Art dieser Damm weiter gebaut werden solle. Der Baumeister der Kaufmannschaft, Hafenbau-Inspector Petersen, sprach sich unter dem 18. December 1816 unbedingt für die Beibehaltung der bisherigen Constructionsart, also der Steinkisten, aus. Er wies nach, wie sicher in denselben die Steine gelagert seien, und wie die Kisten keinen Schaden nehmen, wenn die Wellen auch 12 bis 15 Fufs hoch darüber schlagen.

Dieser Vorschlag wurde jedoch Seitens der Staats-Behörden nicht genehmigt. Man glaubte damals, das flache Steindossirungen den Wellen am kräftigsten widerstehn. Der Wellenbrecher vor Plymouth war in dieser Art erbaut, und die Construction desselben fand schon bei den Swinemünder Hafendämmen Nachahmung. Dasselbe sollte auch bei Pillau geschehn, und zwar wurde für diesen Bau gleichfalls ein sehr starkes Profil gewählt. Die Krone des Damms sollte 36 Fufs breit sein, in der Mitte 7 und in ihren Rändern 5 Fufs über dem mittlern Wasserspiegel liegen. Die seeseitige, also südliche Böschung erhielt dreifache und die stromseitige zweifache Anlage. Die Breite in der Höhe des Wasserspiegels betrug also etwa 60 Fufs. Die-

selben Dossirungen setzten sich auch unter Wasser fort, und wenn starke Vertiefungen daneben entstanden, sollten kurze Köpfe 50 bis 100 Fufs weit seitwärts vortreten. Um den Steinen auf dem sandigen Untergrunde ein sicheres Lager zu geben, und um zugleich bei der Kostbarkeit derselben einige Ersparung einzuführen, sollte, wie in Swinemünde geschehn, der Kern des Damms aus Senkstücken ausgeführt und mit Steinen überdeckt werden.

Was die beabsichtigte Richtung und Länge der Mole betrifft, so weist die Situations-Zeichnung Fig. 143 in den punktirten Linien diese nach. Es war also Absicht, die Mole eben so weit, wie das bereits gedeckte nördliche Ufer des Tiefs, vortreten zu lassen.

Als 1817 der Bau beginnen sollte, hatte sich eine hohe Sandbank vor den Kopf des bereits ausgeführten Damms gelegt, deren Beseitigung namhafte Kosten veranlaßt haben würde. Die Ausführung unterblieb also, bis der Sand wieder durch Strömung und Wellenschlag fortgetrieben wäre. 1819 war dieses geschehn und nunmehr wurden Senkstücklagen 170 Fufs weit verlegt und mit Steinen beschwert. Im Jahr 1826 hatte dieser Theil der Mole, der im Wasserspiegel 60 Fufs breit war, die Länge von 15 Ruthen. Die ganze Länge des Damms vom Punkt A ab maß damals 92 Ruthen. Die letzte Strecke war aber noch nicht abgepflastert, vielmehr lagen die zur Beschwerung aufgebrauchten Steine noch in bedeutend größerer Höhe zwischen Caisson-Pfählen. In der Zeichnung Fig. 143 sind durch die beigeschriebenen Jahreszahlen die erwähnten Verlängerungen bezeichnet.

In diesem Zustande blieb der Bau 9 Jahre hindurch und erfuhr in dieser Zeit keine Beschädigung. Vor seinen Kopf legten sich aber zuweilen große Sandmassen, und wurden auch wieder fortgetrieben. Die Tiefe des See-Gatts hatte von 1816 bis 1819 um 3 Fufs sich vergrößert, wozu 1822 bis 1823 noch 1 Fufs kam, so daß sie also nunmehr 15 Fufs maß und für die damaligen Verhältnisse genügte. Aus diesem Grunde wurde von der weitem Fortführung des Baues abgesehn. Dieses war auch geboten, da andre Ausführungen sich als dringend nöthig herausstellten, welche die disponiblen Geldmittel vollständig in Anspruch nahmen.

Diese bezogen sich zunächst auf Instandsetzungen

nach dem Sturm am 17. Januar 1818. Die Verwüstungen desselben waren in der ganzen Provinz übermächtig groß. Dichtgeschlossene Tannenwäldungen wurden umgestürzt, Häuser umgeworfen und dergleichen. Die See vor Pillau schwoll so hoch an, daß die Wellen quer über die niedrige Landzunge zwischen Pillau und Alt-Pillau in das Haff überschlugen. Das hohe Bohlwerk wurde beschädigt, aber vorzugsweise traf die Zerstörung die Steinböschung neben der Windmühle, wie auch weiter westwärts. Zum Theil verschwand sie ganz, man bemerkte aber, daß Unterspülungen sich nirgend gezeigt hatten, daß vielmehr die Steine immer heraufgeworfen waren und hinter der frühern Böschung lagen. Die darüber laufenden Wellen hatten aber die Erdschüttung dahinter stark angegriffen und abgebrochen, so daß tiefe Einrisse darin entstanden. Der Neubau der zerstörten Strecken und die Ausbesserungen erfolgten 1818 und 1819. Hieran schlossen sich auch mehrfache Bohlwerksbauten im Innern des Hafens an.

Am 5. Januar 1825 trat wieder ein sehr heftiger Sturm ein, der die Steinböschung unmittelbar neben der Stadt zerstörte. Fig. 143 zeigt, daß das hohe Bohlwerk sich vor der Mündung des Hafens zur Seite des Tiefs, beim Lootsen-Hafen vorbei bis zum Punkt *H* fortsetzt, hier aber vor einer einspringenden Bucht aufhört. Diese Bucht, die schon früher durch eine Steinböschung gedeckt war, wurde diesesmal am stärksten beschädigt, und das Deckwerk davor verschwand sogar vollständig. § 21 ist hiervon schon die Rede gewesen, auch angegeben, weshalb diese anscheinend mehr geschützte Stelle vorzugsweise beschädigt wurde. Die Steindecke lag nämlich nur auf dem Sande, welchen das von oben hindurchdringende Wasser fortgerissen hatte.

Es wurde vorgeschlagen, die Steinböschung hier ganz eingehn zu lassen, und dafür das hohe Bohlwerk in gerader Linie über die Bucht hinaus zu führen. Dabei wurde darauf hingewiesen, daß, wenn ein Bohlwerk zur Seite des Tiefs auch manchen Beschädigungen, namentlich beim Eisgange ausgesetzt ist, es nach den bisherigen Erfahrungen doch weniger leidet und mit geringern Kosten zu unterhalten ist, als eine Steinböschung. Auch wurde die Wichtigkeit des breiten Kais hervorgehoben, der nach diesem Project gewonnen würde. Der Vorschlag stimmte

nabe mit dem demjenigen überein, den Suchodolitz bereits 1747 gemacht hatte, nichts desto weniger fand derselbe entschiedenen Widerspruch. Trotz mancher bereits vorliegenden unglücklichen Erfahrungen wurde in damaliger Zeit die möglichst flache Steinböschung noch als das sicherste Schutzmittel gegen den Angriff der Wellen angesehen, und so geschah es, daß zwar der erste Theil des Vorschlags, nämlich die Schließung der Bucht, genehmigt, der zweite Theil, oder der Bohlwerksbau, dagegen verworfen wurde. Man solle sogar die Beseitigung des ganzen hohen Bohlwerks in Aussicht nehmen, welches gelegentlich gleichfalls durch eine flache Steinböschung zu ersetzen sei.

Gegen diese Aenderung des Projects und namentlich gegen die beabsichtigte Fortführung der Steinböschung bis zur Hafeneinfahrt wurde Seitens der Hafenverwaltung heftiger Einspruch erhoben, weil dadurch die Schifffahrt wesentlich leiden, sogar der Hafen ganz gesperrt werden würde. Was den ersten Punkt betrifft, so war es augenscheinlich, daß die Steinböschung der in gerader Linie abgeschlossenen Bucht etwa 60 Fufs vor das hohe Bohlwerk vortreten würde, und daß alsdann die Schiffe beim Ausgehn aus dem Hafen bei südlichen oder südöstlichen Winden, indem sie am hohen Bohlwerk die Segel beisetzen, den Fufs dieser Böschung nicht vermeiden könnten. In diesem Fall wäre nur übrig geblieben, das hier übliche und sehr bequeme Manöver beim Ausgehn der Schiffe (§ 31) ganz aufzugeben, und jedes Schiff durch Warpen bis weit vor den Hafen zu bringen, damit es daselbst, indem es vor Anker liegt, die Segel beisetzt.

Die Richtigkeit dieses Bedenkens wurde schließlich von der Regierung anerkannt, und so erhielt das Project die Zustimmung, wonach die Bucht beibehalten und auf der östlichen Seite durch einen Flügel des hohen Bohlwerks begrenzt, im Uebrigen aber durch eine flache Steinböschung umschlossen werden sollte. Der Bau kam 1829 zur Ausführung. Von der Beseitigung des hohen Bohlwerks und der Ersetzung desselben durch eine flache Steinböschung ist seitdem nicht mehr die Rede gewesen.

In demselben Jahr wurde die Hafeneinfahrt durch Verlängerung des Russischen Damms gegen den starken Wellenschlag aus dem Haff gesichert. Der neu hinzugekommene 18 Ruthen lange Flügel I ist in der Situations-Zeichnung Fig. 143

durch die punktirten Linien angedeutet. Auf die früher übliche Constructionsart mittelst Steinkisten durfte dabei nicht zurückgegangen werden, und jedenfalls mußte wegen des zu erwartenden starken Eisandrangs die Steinböschung hier Anwendung finden. Auf der Hafenseite liefs sich indessen eine solche nicht anbringen, weil sonst die Mündung zu sehr beengt worden wäre, auch auf dem Kopf des neuen Damms verbot sie sich, weil sie kegelförmig sich auch auf die innere Seite ausgedehnt haben würde. Um daher den Bau mit Senkstücken und Steinpackung auf der Hafenseite durch eine beinahe senkrechte Wand abzuschliessen, wurde hier, wie auch vor dem Kopf eine Reihe Pfähle eingerammt, die sich einander unmittelbar berührten, also keine Steine hindurchfallen liefsen. Ich versah dieselben wenig über dem mittlern Wasser mit einem Holm und stellte noch eine zweite Reihe Pfähle davor, die 4 Fufs von einander entfernt und gleichfalls mit einem Holm überdeckt waren. Beide Holme wurden darauf mittelst Schraubenbolzen vereinigt, und so erhielt diese Holzwand, die überdies etwas geneigt war, hinreichende Stabilität, um bei der grossen Wassertiefe, die zuweilen 20 Fufs mafs, dem Seitendruck der Steinschüttung widerstehn zu können. Diese Schüttung ruhte auf Senkstücklagen und bildete auf der Hafenseite die Dossirung. Ich muß hinzufügen, dafs ich dreissig Jahre später diesen Bau sehr genau untersucht habe. Die neben einander eingerammten Pfähle, die nur wenig über den mittlern Wasserstand heraufreichten, waren vollkommen fest geblieben, und die Tafeln von Bohlen, die ich dahinter geschoben hatte, um das Durchfallen kleiner Steine zu verhindern, waren gleichfalls noch bemerkbar. Die Holme waren theilweise erneut worden, und der Damm hatte bedeutend an seiner ursprünglichen Höhe verloren, indem die Senkstücke sich stark gesetzt hatten.

Dieser Bau hat später und namentlich seitdem grössere Schiffe in den Hafen einlaufen, zu vielfachen Beschwerden Veranlassung gegeben, insofern er die Hafenmündung zu sehr beengt. Veranlassung zu seiner Ausführung war der sehr starke Wellenschlag bei südlichen und östlichen Winden, wobei sogar zuweilen die im vordern Theil des Hafens vor dem Revisions-Schuppen liegenden Schiffe weiter aufwärts verholt werden mußten. Dieser Uebelstand liefs sich wohl in keiner andern Weise beseitigen,

als durch solchen Flügel. Die Frage, ob derselbe vielleicht zu weit vorträte, hatte ich indessen schon vorher berücksichtigt. Als ich im Winter 1828 auf 1829 das Project bearbeitete, steckte ich auf dem Eise den Flügel aus, und die Lootsen sowohl, wie mehrere erfahrene Schiffer erklärten, daß das Einkommen der Schiffe dadurch keineswegs erschwert werden würde. Um so unerwarteter war es daher, als beim Beginn des Baues die Schiffe wiederholentlich gegen die Rüstungen und eingerammten Pfähle liefen und diese abbrachen, während sie die Rammen umwarfen. Ich mußte daher den Aufseher anweisen, sobald ein Schiff einlief, die Arbeit augenblicklich einzustellen und die gesammte Mannschaft zu entfernen.

Nachdem endlich die Holzwand beendet und mit Steinen hinterfüllt war, stiefs alsbald ein Schiff wieder dagegen. Es litt aber nunmehr selbst Havarie, indem einige Bohlen am Buge durchbrachen. Unmittelbar darauf kam eine andre noch grössere Bark, von einem sehr aufmerksamen Lootsen geführt, ohne Unfall in den Hafen. Hierdurch war der Beweis geliefert, daß jenes erste Auflaufen zu vermeiden gewesen wäre. Während der folgenden beiden Jahre, oder so lange ich in Pillau blieb, hat nie wieder ein Schiff in der Art den neuern Damm berührt, daß es diesen beschädigt oder selbst Schaden gehabt hätte.

Als das See-Gatt im Frühjahr 1855 sich bis auf 22 Fufs vertieft hatte, liefen die Wellen, die bisher auf der Barre gebrochen wurden, nunmehr ungeschwächt in das Tief ein und beim Uebergange an der Mündung des Hafens erregten sie auch in diesem so heftige Bewegungen, daß die daselbst liegenden Schiffe mit besonderer Vorsicht befestigt werden mußten. Diese wurden auch in andrer Weise gefährdet, indem der durch das Tief eintreibende Seesand die Ablagerungen auf der Haffseite weiter ausdehnte und erhöhte, und dadurch die Durchströmung des Hafens vom Kolk aus verstärkte.

Schon früher wurde noch ein andres grosartiges Unternehmen eingeleitet, das bis zur neusten Zeit eifrig fortgesetzt ist, und sehr bedeutende Kosten in Anspruch genommen hat. Dieses ist die Darstellung eines tiefen Fahrwassers zwischen Pillau und Königsberg. Nachdem das See-Gatt, wie erwähnt, die große Tiefe erreicht hatte, wünschte man, daß auch grössere

Schiffe nach Königsberg aufkommen möchten. Das Haff hatte zum Theil bereits die Tiefe von 15 Fufs, doch wurde das Fahrwasser vorzugsweise durch die Verflachungen vor der Pregel-Mündung und in der Renne unterbrochen, wo der Wasserstand zuweilen nur 8 bis 9 Fufs mafs und durch zwei Pferdebagger gewöhnlich auf 11 Fufs gehalten wurde. Mitteltst eines kräftigen Dampfbaggers hoffte man in wenig Jahren durchweg die Tiefe von 15 Fufs darzustellen und dieselbe auch leicht dauernd zu erhalten.

Auf Veranlassung eines in Königsberg ansässigen Engländer's, der die Arbeiten an der Clyde gesehn hatte, kaufte man im Jahr 1831 ein altes Dampfboot, das erste, das auf der Themse gefahren hatte, aber wegen Unbrauchbarkeit schon lange aufser Dienst gesetzt war, und versah dasselbe nach Anweisung desselben Herrn mit einer überaus complicirten Baggermaschine. Der Versuch mißglückte vollständig, dieser Bagger erwies sich sogleich als ganz untauglich. Einige Jahre später wurde ein Schiff nebst Maschine, ähnlich denjenigen, die bereits in Stettin benutzt wurden, bei inländischen Fabrikanten und Schiffbauern bestellt. Dieser Bagger erwies sich zwar ganz brauchbar, aber die Vertiefung des Fahrwassers erfolgte dennoch bei der großen Ausdehnung desselben nur sehr langsam, und die vertieften Stellen verflachten sich wieder so schnell, daß das Aufkommen der Schiffe auf das frühere Maafs beschränkt blieb.

Die Tiefe des See-Gatts war sehr veränderlich, da aber die Erfahrung bereits gezeigt hatte, daß sie nach Verlängerung der Mole sich vergrößerte, so wurde die Aufmerksamkeit wieder auf die weitere Ausdehnung dieses Baues gerichtet. Das Gatt, das 1823 noch 15 Fufs tief gewesen war, hatte sich bald wieder verflacht, so daß seine Tiefe 1826 nur 10 Fufs mafs. Diese Tiefe erhielt sich mit einigen Veränderungen mehrere Jahre hindurch. Im April 1829 trat bei einem Sturm aus West-Nordwest plötzlich eine sehr starke Verflachung ein. Am 5. April war die Tiefe noch 12 Fufs gemessen worden, am 13. betrug dieselbe nur 9 Fufs 9 Zoll, am 14. 9 Fufs 3 Zoll, am 15. 8 Fufs 3 Zoll und am 16. sogar nur 7 Fufs 9 Zoll. Am folgenden Tage nahm dieselbe schon wieder etwas zu, die hierdurch veranlaßten Uebelstände waren so groß, daß augenblicklich Hülfe

geschafft werden mußte. Durch Baggern war dieses nicht thunlich, denn einen Dampfbagger gab es damals noch nicht in Pillau, und eben so wenig ein Dampfboot, mit welchem der schwerfällige Pferdebagger nebst den Prahmen hinaus-, und, sobald es nöthig war, wieder hätte hereingebracht werden können. Es blieb also nur übrig, das Auflockern des Grundes wieder zu versuchen, das auch in diesem Fall von Erfolg war, so lange der starke ausgehende Strom den gelösten Sand fortführte. Die Rinne, in welcher der Rechen arbeitete, nahm die Tiefe von 11 Fufs an. *) Am Schlufs des Jahrs hatte diese sich noch um 1 Fufs vergrößert.

Dieses Mittel liefs indessen keinen dauernden Erfolg erwarten, einen solchen durfte man sich nur von der Fortsetzung der Mole versprechen, und über diese waren bereits seit mehreren Jahren Verhandlungen eingeleitet. Die 1821 ausgeführte Verlängerung hatte augenscheinlich eine überflüssige Breite erhalten, da sie gar keinem Angriff ausgesetzt war, der Sand sich vielmehr sehr bald zu beiden Seiten, und sogar vor dem Kopfe ablagerte, wie Fig. 143 zeigt. Außerdem überzeugte man sich, dafs der Bau, wenn er unter Beibehaltung des vorgeschriebenen Profils fortgesetzt werden sollte, so kostbar sein würde, dafs er mit Rücksicht auf die Hafengelder nur sehr langsam vorschreiten konnte. Man verfolgte aber damals noch die frühere Absicht, ihn in der Richtung und Ausdehnung zur Ausführung zu bringen, die in punktirtten Linien angedeutet ist. Dabei hätte das Tief eine sehr symmetrische Figur angenommen und sich bis auf 100 Ruthen verengt, im äufsern Theil aber wieder etwas erweitert. Die Richtung der von der Nehrungsspitze ausgehenden Mole war wohl nur der Symmetrie wegen gewählt worden, indem dieselbe der rechtseitigen oder nördlichen Begrenzung entsprach. Nichts desto weniger ist die Aehnlichkeit dieser Form mit derjenigen von solchen Ansatzröhren, die bei gleicher Oeffnung die grössten Wassermengen abführen, nicht zu verkennen. Indem man aber die in kleinen Röhren beobachteten Erscheinungen auch auf grofse freie Wasserläufe, wie auf Freiarchen, Brücken u. dgl. übertragen

*) Im II. Theil dieses Handbuchs § 50 ist dieser Versuch näher beschrieben.

hat, so ist es nicht unmöglich, daß auch diesem Project eine solche Absicht zu Grunde lag.

Mit Rücksicht auf die zu erwartende Verlandung wurde schon 1827 genehmigt, das Profil der Mole bei der nächsten Fortsetzung so zu vermindern, daß die Breite in der Höhe des mittlern Wasserstandes nur 30 Fufs betragen dürfe. Zugleich wurden in Betreff der Ausführung sehr specielle Vorschriften gegeben und in den nächsten Jahren noch vervollständigt. Im Jahr 1829, also vor dem Beginn des Baues, wurde das Bedenken aufgestellt, daß die beabsichtigte Verengung des Tiefs bis auf 100 Ruthen möglicher Weise zu groß angenommen sei, indem dadurch die Strömung so verstärkt werden könnte, daß die Schifffahrt zeitweise behindert würde. Es wurde indessen bestimmt, der Bau solle nach Maafsgabe der an der Nehrung eintretenden Verlandungen fortgesetzt, und die der Mole ferner zu gebende Richtung von den inzwischen gesammelten Erfahrungen abhängig gemacht werden. Hierbei zeigte sich schon ein wesentlicher Unterschied zwischen den bei Pillau und bei Swinemünde befolgten Methoden. Bei Swinemünde war das vollständige Bau-Project vorher festgestellt, und indem die Kosten aus Staatsfonds bestritten wurden, so konnte der ganze Bau in wenig Jahren beendet werden. Der Erbauer des Swinemünder Hafens sah dieses als eine Hauptbedingung des Gelingens an. Bei Pillau dagegen mußte man auf die schnelle Beendigung des Baues verzichten, weil diese von dem Ertrage der Hafengelder abhing. Außerdem aber wurde hier die Sandablagerung vorlängs der Nehrungsspitze durch Bepflanzen mit Dünengras möglichst befördert. Man betrachtete dieses Vorrücken des Strandes als eine sehr günstige Erscheinung, in sofern die hier aufgefangenen Massen nicht mehr das See-Gatt bedrohten. Die Jahresberichte enthalten die speciellen Angaben über die Ausdehnung der neu gewonnenen und bepflanzten Flächen. Bei den nächsten Verlängerungen der Mole rückte der Strand auch immer in gleichem Maafse vor, der Küstenstrom wurde daher durch die damaligen Bauten gar nicht abgelenkt.

Die bereits erwähnte sehr starke Verflachung des See-Gatts im Anfange des Jahrs 1829 war Veranlassung, daß endlich im folgenden Jahr der Molenbau wieder aufgenommen und 43 Ruthen weit fortgesetzt wurde. Die Verlängerung betrug jedoch in der

Höhe des mittlern Wasserstandes nur 37 Ruthen, und die folgenden 6 Ruthen waren nicht bis über Wasser, sondern nur aus den gehörig beschwerten Senkstücken aufgeführt, welche durch die flache Dossirung den Kopf schützen und dadurch den Weiterbau erleichtern sollten.

Im Anfange des Jahrs 1831 wurde bestimmt, dafs von einer weitem Beschränkung des Tiefs Abstand genommen und die Mole von ihrem dermaligen Endpunkte ab parallel zum gegenüber liegenden Ufer gebaut werden solle. Hiernach wurde unter Beibehaltung des letzten Querprofils die Richtung geändert und in demselben Jahr die Mole 61 Ruthen weiter hinausgeführt. 1832 erfolgte die Verlängerung um 51 Ruthen, wobei jedoch die letzten 30 Ruthen wegen der gröfsern Tiefe ein stärkeres Profil, nämlich von 40 Fufs Breite in der Höhe des mittlern Wasserstandes erhielten. In gleicher Weise sollte im folgenden Jahr wieder eine Verlängerung um 50 Ruthen statt finden, doch kam diese nur zum kleinsten Theil, oder vielleicht gar nicht zur Ausführung. 1835 wurde dagegen die Mole um 19 Ruthen verlängert.

Die vorstehend bezeichneten jährlichen Verlängerungen, welche die in den Situationsplan Fig. 147 auf Taf. XXXII eingeschriebenen Jahreszahlen andeuten, sind aus den Hafencharten entnommen. Die Angaben in den betreffenden Berichten weichen aber mehrfach hiervon ab. Dieses erklärt sich vielleicht dadurch, dafs die Köpfe, wenn sie während des Winters stark beschädigt waren, zweimal in Rechnung gestellt wurden. Derjenige Theil der Mole, der sich der Richtung des schon im vorigen Jahrhundert ausgeführten Uferwerks anschliesst, soweit er die geringere Breite von 30 Fufs hat, ist 37 Ruthen lang. Der in der veränderten Richtung fortgeführte Theil von derselben Breite ist $76\frac{1}{2}$, und der 40 Fufs breite Theil, der sich hieran anschliesst, 52 Ruthen lang.

Während der Zeit, in welcher die Mole so bedeutend verlängert wurde, war keine Vertiefung des See-Gatts bemerkbar. Die Tiefe verminderte sich sogar 1831 von 12 auf 10 Fufs, und mit geringen Veränderungen behielt sie das letzte Maafs bis Ende 1834 bei. In den Jahren 1835 und 1836 nahm sie zwar auf 11, und zu Zeiten sogar auf 12 Fufs zu, später verminderte sie sich aber wieder, und war bis Ende 1840 nur 10 bis 11 Fufs.

Nichts desto weniger sah man einen Erfolg des Baues darin, daß das See-Gatt in dieser Zeit dauernd dieselbe Richtung beibehielt, auch glaubte man einen günstigen Erfolg erreicht zu haben, indem auf der westlichen Seite der Nehrungsspitze immer neue Sandmassen ablagerten, die, wenn sie in das See-Gatt getrieben und darin liegen geblieben wären, dasselbe unfehlbar vollständig gesperrt haben würden. Ohne Zweifel waren dieselben aber auch schon früher in gleichem Maasse durch die Küstenströmung vorübergeführt, ohne das See-Gatt anzufüllen.

Obwohl man von den Molenbau noch sehr günstige Erfolge erwartete, so wurde dennoch schon in dieser Zeit darauf Bedacht genommen, noch in andrer Weise auf die Vertiefung des See-Gatts hinzuwirken. Im Jahr 1833 versuchte man dieses durch Baggern. Der Englische Ballast-Bagger und andre Fahrzeuge mit ähnlichen Einrichtungen wurden Ende April ausgerüstet und auf der flachsten Stelle des Gatts in Thätigkeit gesetzt. Wenige Tage später folgte auch der Pferdebagger, der, so oft die Witterung es erlaubte, bis Ende Juni daselbst beschäftigt wurde. Man glaubte einen bedeutenden Erfolg hierdurch erreicht zu haben, der nicht sowohl in der Vertiefung, als in der Verbreitung des Fahrwassers sich zu erkennen gab. Letzteres hatte durch diese Arbeiten eine sehr gerade Richtung und eine Breite von 10 Ruthen gewonnen.

Im Jahr 1835 war der erste brauchbare Dampfbagger fertig. Derselbe wurde zunächst in der Mündung des Pregels beschäftigt, im September aber nach Pillau gebracht, woselbst seine Leistungen jedoch nicht besonders günstig ausfielen. Seit dieser Zeit, und namentlich nachdem ein zweiter Dampfbagger angeschafft war, wurde derselbe vielfach im See-Gatt benutzt. Dieses geschah 1839, 1842 und von 1844 bis 1854 in jedem Jahre. Besonders in dieser letzten Periode, wo das See-Gatt sich gut ausbildete und ohne wesentliche Verflachung sich auch dauernd erhielt, bemühte man sich, die Tiefe von gegen 15 Fufs immer durch Baggern wieder darzustellen, wenn sie zufällig sich vermindert hatte.

Es leidet keinen Zweifel, daß die Bagger-Arbeiten im See-Gatt von Erfolg gewesen sind, obwohl die Vertiefung, die zuerst 1841 eintrat und mit einzelnen Unterbrechungen sich dauernd

erhielt, noch andern Umständen zugeschrieben werden muß. Die mäfsigen Sandmassen, die vom Bagger gehoben und beseitigt werden, können freilich vergleichungsweise gegen diejenigen, welche hier ein Spiel der Wellen sind, nicht in Betracht kommen, und der Versuch, ein tieferes Fahrwasser durch Baggern darzustellen und zu erhalten, würde gewifs vergeblich sein, wenn die verstärkte Strömung denselben nicht unterstützt hätte. Die Barre besteht in einem ziemlich schmalen Rücken, in den der ausgehende Strom die etwas tiefere Rinne, oder das See-Gatt, einschneidet. Die gröfsere Tiefe veranlafst aber, dafs der Strom sich hier concentrirt und verstärkt, also die zufälligen Ablagerungen in gewissem Grade verhindert oder auch beseitigt werden. Wenn man daher die Barre an einer Stelle durchbaggert, die vom ausgehenden Strom besonders getroffen wird, so nimmt diese Rinne den Strom vollständiger auf, und in Folge dessen bleibt sie nicht nur frei von Ablagerungen, so lange dieselben Verhältnisse dauern, sondern sie verbreitet und vertieft sich auch so sehr, dafs, wenn bei westlichen und besonders nordwestlichen Winden der ausgehende Strom aufhört und die antreibenden Sandmassen sich in ihr ablagern, dennoch ihr Profil nur theilweise geschlossen wird und sie später durch die Strömung sich aufs Neue aufräumt.

Von viel gröfserem Einflufs auf die Vertiefung des See-Gatts war indessen unbedingt eine andre Anlage, nämlich die Norder-Mole. Dafs man zunächst die Spitze der frischen Nehrung sicherte, um eine weitere Verbreitung des Tiefs zu verhindern und die Strömungen aus dem Königsberger und dem Elbinger Haff möglichst zu vereinigen, war gewifs gerechtfertigt. Die günstigen Veränderungen des See-Gatts, die wenigstens Anfangs nach den kurzen Verlängerungen der Süder-Mole sich einstellten und eine Folge derselben zu sein schienen, erweckten die Hoffnung, dafs hierdurch die gewünschte Verbesserung des Fahrwassers sich werde erreichen lassen. Hieraus erklärt es sich, dafs man zunächst die Süder-Mole eben so weit, wie das nördliche Ufer des Tiefs hinauszuführen gedachte, doch war ein solcher Plan wohl nie endgültig gefafst, weil es an den nöthigen Geldmitteln fehlte, um einen grofsartigen Bau in wenig Jahren zur Ausführung zu bringen. Die Mole konnte daher nur langsam fortgeführt werden, und so war Gelegenheit geboten, die während

des Baues gemachten Erfahrungen bei der spätern Fortsetzung des Werks zu benutzen. In dieser Weise war die Ausführung begonnen und mehrere Jahre hindurch fortgeführt, ohne das man wufste, ob und in welcher Weise auch eine Norder-Mole erbaut werden solle.

Es unterlag keinem Zweifel, das die Küstenströmung, welche sehr grose Sandmassen herbeiführt, bei ruhiger Witterung von Süden nach Norden gerichtet ist. Diese Strömung nimmt aber bei starken nördlichen und nordwestlichen Winden eine entgegengesetzte Richtung an. Aus der nähern Untersuchung des nördlichen Ufers, das bis Brüsterort im Abbruch liegt und meist aus Thonboden besteht, liefs sich vermuthen, das diese südwärts gerichtete Strömung vergleichungsweise gegen die nördliche, welche den Strand der Nehrung verfolgt, nur wenig Sand herbeiführt. Um das Eintreten des letztern in das See-Gatt zu verhindern, war der Bau der weit vortretenden Süder-Mole gewifs angemessen. Dieselbe erfüllte auch diesen Zweck.

Indem jedoch die letzten Verlängerungen der Süder-Mole keinen Einflufs auf die Vertiefung des See-Gatts hatten, so schlug der damalige Hafenbauinspector Fischer 1834 vor, nunmehr eine weit vortretende Norder-Mole zu erbauen. Er motivirte diesen Antrag dadurch, das das See-Gatt besonders bei nordwestlichen Stürmen verflacht werde, und folglich die schädlichen Sandmassen nicht von Süden, sondern von Norden herbeigeführt würden.

Der letzten Schlußfolge widersprachen die an der Süder-Mole gemachten Erfahrungen, und die bei Nordwest-Stürmen bemerkten Verflachungen erklärten sich wohl durch den alsdann eintretenden besonders heftigen Wellenschlag, wobei zugleich die Ausströmung ganz aufhört. Nichts desto weniger sprach ein andrer Grund für den Bau einer längeren Norder-Mole. Sobald nämlich unter gewöhnlichen Verhältnissen der ausgehende Strom aus dem Tief trat, so nahm er keineswegs die Richtung nach dem See-Gatt an, sondern wandte sich sogleich nordwärts und der allgemeinen Küstenströmung entsprechend war er noch meilenweit vor dem Ufer zu bemerken. In Neuhäuser, wo schon damals einige Badegäste sich aufzuhalten pflegten, wurde darüber geklagt, das sie nicht Seewasser, sondern nur das süfse und oft stark verunreinigte Haffwasser hätten. Der ausgehende Strom

konnte sonach, wenn er nicht etwa besonders stark war, auf die Offenerhaltung oder weitere Vertiefung des See-Gatts nicht einwirken, und in dieser Beziehung empfahl sich allerdings die Norder-Mole.

Nichts desto weniger wurde dieser Vorschlag damals noch nicht genehmigt, vielmehr im folgenden Jahre die Süder-Mole noch etwas verlängert, und später in der vorgeschriebenen Art profilirt und abgeplastert, außerdem aber noch an der äußern Seite mit bühnenartig vortretenden kurzen Köpfen versehen, die 20 Ruthen von einander entfernt waren, und die Vertiefung unmittelbar neben der Mole selbst verhindern sollten.

Im Jahre 1838 wiederholte Fischer seinen Vorschlag in Betreff der Norder-Mole und wies zugleich darauf hin, daß in dem Tief selbst Veränderungen eingetreten seien, welche auf eine unregelmäßige und der Schifffahrt nachtheilige Ausbildung des Stromschlauchs schliessen ließen. Es zeigten sich nämlich sehr starke Sandablagerungen vor dem nördlichen Ufer des Tiefs, die selbst vor dem Lootsenhafen bei *D* (Fig. 143) eine solche Höhe annahmen, daß sie das Ausgehn der darin liegenden Böte erschwerten. Auch die Schiffe, die an dem hohen Bohlwerk Segel machten, waren bei südlichen Winden der Gefahr ausgesetzt, auf diese Bänke zu treiben. Im folgenden Jahr lag weiter westlich am nördlichen Ufer sogar ein großes Sandfeld trocken. Dasselbe trat der Kirche gegenüber vor die Steinböschung, und erstreckte sich nahe bis gegen den Punkt *U*, von wo ab es sich nach Norden hinzog. In der Mitte maß seine Breite beinahe 20 Ruthen. An der westlichen Seite, also vor *U*, war es in sehr gerader Richtung und ziemlich steil abgeschnitten, und nordwärts des erwähnten Punktes zeigte sich in der alten Sandablagerung ein starker Einriß. Diese Erscheinungen zeigten, daß selbst eine stärkere Strömung nicht mehr das Tief in seiner Richtung verfolgte, sondern es vielmehr kreuzte, indem sie von der Ecke *A* auf der Nehrung sich nach *U* am Ende der Steinböschung auf dem nördlichen Ufer wandte. Die Sandbank, welche 1828, wie Fig. 143 zeigt, vor der Süder-Mole gelegen hatte, war inzwischen vollständig verschwunden.

Hiernach wurde 1839 der Bau der Norder-Mole höhern Orts genehmigt, und derselbe in der Richtung, die Fig. 147 auf

Taf. XXXII zeigt, im Jahre 1840 auf 120 Ruthen Länge ausgeführt. Indem man aber in kurzer Zeit eine starke Verlandung erwartete, auch die Tiefen in dieser ganzen Linie nicht bedeutend waren, so wählte man nur schwache Profile, so daß die Breite Anfangs nicht mehr als 24 Fufs betrug, die aber gegen das Ende bis auf 36 Fufs zunahm.

Die gehegten Erwartungen gingen bei diesem Bau sogleich in Erfüllung. Am Schlufs des Jahrs 1840 hatte die Tiefe des See-Gatts von 10 bis auf 12 Fufs zugenommen, und nach Verlauf des nächsten Winters war das Norder-Ufer auf 30 Ruthen Länge neben der neuen Mole weiter hinausgetreten. Diese sehr günstigen Umstände ermuthigten zur schleunigen Fortsetzung des Baues, und diese war um so leichter, als in der Richtung desselben eine flache Sandbank sich abgelagert hatte. 1841 verlängerte man die Mole um 145 Ruthen, und zwar gab man ihr in der Höhe des Wasserspiegels nunmehr nur die Breite von 20 Fufs, während man an ihrem Ende die Senkstücke soweit vortreten liefs, daß daselbst ein flach dossirter kreisförmiger Kopf von 40 Fufs Durchmesser gebildet werden konnte. In der Situations-Zeichnung Fig. 147 ist der äufsere Theil dieser Mole nur in punktirten Linien angegeben, da derselbe bald vollständig zerstört wurde und versank.

Der ganze Bau war hiernach überaus schwach. Er wurde aber in den folgenden Jahren verstärkt, und namentlich gab man ihm auf der Stromseite eine dreifüßige Böschung. Auch den Kopf verbreitete man so, daß dieser nunmehr 60 Fufs im Durchmesser hielt. Die Wirkungen waren augenscheinlich sehr günstig. Das See-Gatt nahm bald die Tiefe von 13 bis 15 Fufs an, und diese hat sich, wenn auch zeitweise noch starke Verflachungen eintraten, doch im Allgemeinen ungefähr erhalten. Indem aber nur mäfsige Tiefen überbaut waren, so stellten sich die Kosten vergleichungsweise gegen die der Süder-Mole sehr gering heraus. Sie betragen, abgesehen davon, daß ein Theil der regelmässigen Abpflasterung noch fehlte, 376 Thlr. für die laufende Ruthe, während auf der Nehrungsseite dafür durchschnittlich 1000 Thlr. ausgegeben waren.

Ohnerachtet der wesentlichen Verbesserung des See-Gatts wurde dennoch die Verlängerung der Süder-Mole wieder

aufgenommen, und sogar die Ansicht ausgesprochen, dafs die Molenbauten nur als beendigt angesehen werden dürften, wenn das Tief bis über die Barre hinaus auf beiden Seiten durch Dämme eingefafst sein würde. In der Richtung der Süder-Mole fanden sich grofse Tiefen vor, deren Durchbauung theils die Kosten sehr vermehrt, theils auch die Ausführung verzögert haben würde. Es ergab sich, dafs man selbst bei sehr schwachen Profilen etwa 10 000 Thlr. ersparen könne, wenn man statt die gerade Richtung zu verfolgen, eine Bucht darstellte und die grofse Tiefe umging. Dabei wurde noch die Aussicht eröffnet, dafs diese Bucht unter Umständen als Sicherheitshafen von Wichtigkeit sein könne. Falls aber, wie zu erwarten stand, hier eine starke Verflachung eintrat, so konnte später mit mäfsigen Kosten die Mole in gerader Richtung hindurchgeführt werden. Im Jahr 1843 erfolgte in dieser Weise die Verlängerung der Süder-Mole um 111 Ruthen.

In den folgenden Jahren traten manche Beschädigungen ein. 1844 wurde der äufere Theil der Norder-Mole, und zwar auf 44 Ruthen Länge in der Art zerstört, dafs die Steine bis unter den mittleren Wasserstand herabsanken. Es wurde damals beschlossen, die Wiederherstellung nicht in der ganzen Länge vorzunehmen, vielmehr die äufsern 10 Ruthen des Werks zur Bildung einer sehr flachen Dossirung vor dem Kopf zu benutzen.

Dieser Kopf erfuhr indessen während eines heftigen Nordsturms am 18. Februar 1846 aufs Neue eine starke Beschädigung. Die ersten Nachrichten besagten, eine Eisscholle von solchen Dimensionen, dafs man ihre äufseren Grenzen nicht habe absehn können, und die mindestens mehrere Quadratmeilen grofs gewesen, sei wahrscheinlich vom Bothnischen Meerbusen aus angetrieben, und indem sie den Norder-Molenkopf getroffen, habe sie denselben gedreht, so dafs er jetzt nahe nach Westen gekehrt sei. Eine nähere Untersuchung zeigte bald, wie vorherzusehn war, das Irrige dieser Auffassung. Die Steine waren gegen Westen, zum geringern Theil auch nach der andern Seite oder nach Norden geworfen, und diese Erscheinung stimmt mit andern Erfahrungen genau überein. Letztere sind, soweit sie in Irland gesammelt sind, § 40 angeführt, sie wiederholen sich auch in geringerm Maafse in unsern Ostsee-Häfen, sind aber nur die Folge des

heftigen Wellenschlags, der eine flache Steinböschung trifft. Das Eis mag die Lösung der Steine befördert haben, aber auch ohne dieses würde der Erfolg kein anderer gewesen sein. Von einem Drehn und Verschieben des Baues, ohne die Steine und Senkstücke von einander zu trennen, kann nicht die Rede sein, auch ist es unmöglich, dafs so grofse Eisschollen, ohne dafs sie zerbrechen, während eines Sturms aus weiten Entfernungen herschwimmen. Bei den übermäfsig hohen Eisbergen, die aus den Gletschern der Polarzone sich lösen, und dem kalten Strom folgend in dem Atlantischen Ocean südwärts treiben, ist das Verhältnifs ein ganz andres, indem sie wegen ihrer Dicke nicht so leicht zerbrochen werden. Die Erscheinung vor Pillau war neu, weil man noch niemals in der Nähe des tiefen Wassers die Wirkung eines heftigen Wellenschlags beobachtet hatte, und man suchte daher nach einer andern Erklärung und fingirte jene zusammenhängende grofse Eisscholle. Wenige Jahre später bemerkte man auch, dafs ein Stein von 40 Cubikfufs, der den Mittelpunkt des Kopfes der Norder-Mole gebildet hatte, nur durch die Wellen 10 Ruthen weit fortgetrieben wurde.

1846 wurde die Süder-Mole noch etwas verlängert, seit dieser Zeit beschränkte man sich aber darauf, die Werke zu erhalten, und so oft sie beschädigt wurden, sie wiederherzustellen und zu verstärken, wobei die Lage der Köpfe sich mehrfach änderte und bald etwas herausgerückt, bald aber auch eingezogen wurde. Die Norder-Mole, die sich als zu schwach ergab, wurde in den Jahren 1850 bis 1853 noch wesentlich verstärkt und verbreitet. Die regelmäfsige Abpflasterung beider Molen setzte man auch fort, doch ergab die Erfahrung, dafs hierdurch die Beschädigungen keineswegs verhindert werden konnten.

Von der äufsersten Wichtigkeit war die Vertiefung des See-Gatts, die im April des Jahrs 1855 eintrat. In wenig Tagen nahm die Tiefe von 15 Fufs bis zu der noch nie gewesenen Tiefe von 22 Fufs zu. In der Situationszeichnung Fig 147 sind die Tiefenmessungen von 1854 und 1855 zusammengestellt. Es ergibt sich daraus, dafs der ausgehende Strom zwischen den beiderseitigen Molen schon 1854 ein regelmäfsiges Bette sich gebildet hatte, dafs dieses aber in der Zwischenzeit nicht nur im eigentlichen See-Gatt, also auf der Barre, sondern schon im Tief und

von hier bis zur offenen See sich bedeutend vertieft und erweiterte. Es mußte also eine sehr starke Ausströmung eingetreten sein. Dieses war in der That der Fall, und zwar hatte ein Ereigniß in weiter Entfernung dazu Veranlassung gegeben. Es dürfte sich rechtfertigen, hierüber einige Mittheilungen zu machen, woraus sich namentlich ergeben wird, daß man auf ein für den Pillauer Hafen so günstiges Ereigniß in Zukunft nicht mehr hoffen darf, und es sonach dringend geboten ist, für die Sicherung der damals gewonnenen Tiefe möglichst zu sorgen.

Beim Bau der Ostbahn, die zunächst von Berlin nach Königsberg geführt wurde, mußte die Weichsel und die Nogat überbrückt werden. Die Nogat führte bisher unter gewöhnlichen Verhältnissen nur den kleinsten Theil des Wassers der ungetheilten Weichsel ab. Sie schwoll dagegen bei hohen Fluthen, und namentlich während des Eisgangs sehr stark an, und wenn zufällig in der Weichsel Eisversetzungen vorkamen, so nahm sie den größten Theil des Wassers auf. Beide Arme bedurften der Regulirung, und es war eine gehörige Vertheilung des Wassers zwischen ihnen einzuführen, damit sie in angemessener Weise im Schiffsahrts- und Vorfluths-Interesse verbessert würden. Es durfte nicht mehr dem Zufall überlassen bleiben, ob das Hochwasser durch diesen oder jenen Arm sich ergoß, weil in solchem Fall beide sehr große Profile behalten mußten, um dieses abzuführen. Zur Entscheidung über diese Fragen wurde eine selbstständige Commission gebildet, die mit Umgehung der damals noch bestehenden Ober-Baudeputation beschloß, daß die obere Mündung der Nogat, die nahe in der Richtung der ungetheilten Weichsel lag, wasserfrei abgeschlossen, und nach einem Princip, welches vielfach ausgesprochen war, aber wohl nur selten Anwendung gefunden hatte, die Nogat eine neue Mündung erhalten sollte, die beinahe rechtwinklig von der Weichsel abging. Die scharfe Krümmung, die das Wasser verfolgen mußte, wenn es hier eintrat, sollte den Hauptstrom verhindern, diesem Nebenarm zu folgen, der überdies im obern Theil so beschränkt wurde, daß er zur Abführung großer Wassermassen nicht genügte.

Diese Arbeiten zur Darstellung der neuen Mündung der Nogat waren 1854 beendigt. Im nächsten Frühjahr trat ein sehr bé-

denklicher Eisgang ein. In den letzten Tagen des März kam das Eis in Bewegung. Die großen Schollen folgten der Richtung, in der sie herabgekommen waren, schwammen also an der Nogatmündung vorbei, während beim steigenden Wasser ein sehr starkes Gefälle in dieser Mündung sich bildete, indem das weite Bette der Nogat die durch den schmalen Canal zufließende Wassermenge ohne starke Anschwellung leicht abführte. Es entstand also eine kräftige, wenn auch sehr unregelmäßige Seitenströmung, wodurch der Strom in der Weichsel sich schwächte. Die schnell antreibenden Eisschollen konnten hiernach nicht in gleicher Weise weiter geführt werden, sammelten sich daher an, und bald entstand eine gefährliche Eisstopfung in der Weichsel. Mit der Anschwellung des Wassers verstärkte sich die Durchströmung des Canals. Von der über denselben erbauten Laufbrücke wurden mehrere Pfeiler zerstört, außerdem brachen auch die Seiten-Böschungen ein, und indem bei Piekel die Ufer der Weichsel in weiter Ausdehnung fortgespült wurden, erhielt der neue Seitenlauf eine etwas günstigere Mündung, und schließlichs ergoß sich der stark angeschwollene Strom ganz in die Nogat, und durch diese in das Frische Haff und durch das Pillauer Tief in die Ostsee.

An der Montauer Spitze, unterhalb des Trennungspunkts, sind zwei Pegel angebracht, deren Nullpunkte in gleicher Höhe liegen, und von denen der eine den Wasserstand der Nogat, der andre aber den der Weichsel anzeigt. Bei offenen Hochwassern hat nach diesen Pegeln die Weichsel gewöhnlich einen um 1 bis 2 Fuß höhern Stand, als die Nogat, weil letztere weiter abwärts in ein weites und offnes Profil übergeht, während ihre Einmündung schon durch frühere Anlagen beschränkt war, um der Weichsel bis zum Hafen Neufahrwasser genügenden Zufluß und Fahrtiefe zu geben. In dieser Zeit ereignete es sich, daß nach den erwähnten Zerstörungen der Abfluß nach der Nogat so stark wurde, daß der Wasserstand in der Weichsel unterhalb jener Eisversetzungen sich niedriger herausstellte. Die Zerstörungen in dem Zuleitungs-Canal begannen schon den 27. März, nahmen aber mehrere Tage hindurch an Ausdehnung zu. Die Anschwellungen ergaben sich aus den Pegel-Beobachtungen folgendermaßen:

		Wasserstände in der	
		Nogat.	Weichsel.
1. März	1855	9' 1"	13' 10"
10. -	-	8' 8"	13' 4"
20. -	-	12' 3"	18' 8"
27. -	-	12' 3"	19' 8"
28. -	-	17' 3"	22' 6"
29. -	-	25' 8"	23' 7"
30. -	-	26' 0"	23' 6"
31. -	-	24' 11"	22' 4"
1. April	1855	22' 9"	19' 7"
5. -	-	17' 5"	14' 9"
10. -	-	16' 3"	13' 11"
15. -	-	15' 2"	13' 4"
20. -	-	13' 0"	11' 9"
25. -	-	10' 9"	9' 9"
30. -	-	8' 11"	7' 11"

Der Pegel am Lootsen- oder Hafen-Haus, ohnfern der Mündung des Elbing-Flusses, markirt den Wasserstand in dem südlichen Theil des Elbinger Haffs. In demselben traten in dieser Zeit sehr vielfache Wechsel ein, und auffallender Weise wurden hier starke westliche Winde und sogar Stürme notirt, während gleichzeitig in Pillau nur schwache Ostwinde herrschten. Am 20. und 26. März, wie auch am 12. April stieg das Wasser $2\frac{1}{4}$ Fufs über den mittleren Stand, indem es die Höhe von 9 Fufs 10 Zoll erreichte. In den Zwischenzeiten sank es um 1 bis 2 Fufs.

In Pillau behielt das Wasser in der zweiten Hälfte des Monats März sehr nahe den mittleren Stand, indem bis zum 30. März der Pegel 7 Fufs 6 Zoll markirte. Am 31. März zeigte derselbe 8 Fufs 6 Zoll, und am 1. und 2. April 8 Fufs 11 Zoll. Später sank das Wasser langsam, und erreichte am 7. April den Stand von 7 Fufs 9 Zoll. Das plötzliche und sehr starke Steigen war aber nicht durch Anschwellen der See veranlaßt, denn vom 28. März bis zum 16. April wurde ausgehender Strom beobachtet, auch war in dieser Zeit der Wind vorherrschend östlich, wenn er auch zu Zeiten, ohne besonders stark zu werden, sich nach Norden wandte. Die Vertiefung des See-Gatts erfolgte zwischen dem 11. und 13. April, da jedoch immer nur die geringste Tiefe im Fahrwasser, also die grösste Erhebung des noch bestehenden

Rückens von den Lootsen gemessen und notirt wird, so hatte die Vertiefung ohne Zweifel schon früher begonnen, und erst bei der Peilung am 13. April fand man den hohen Rücken vollständig durchbrochen. Es mögen nachstehend die in dieser Zeit gemessenen Tiefen, auf den mittleren Wasserstand von 7 Fufs 8 Zoll übertragen, mitgetheilt werden. Solche Messungen werden nicht täglich, sondern nur, wenn man Aenderungen vermuthet und wenn die See sich hinreichend abgestellt hat, gemacht. Die Tiefe des See-Gatts betrug

am 14. März	15' 2"
- 11. April	14' 8"
- 13. -	22' 4"
- 20. -	22' 6"
- 25. -	21' 4"
- 3. Mai	21' 8"
- 12. -	22' 3"

Diese, während der starken Ausströmung eingetretene wesentliche Verbesserung des See-Gatts kann nicht befremden, wenn man beachtet, daß der hohe Wasserstand bei Pillau von der Anfüllung des Haffs aus dem Binnenlande herrührte, also der Spiegel der See daran nicht Theil nahm. Der Pegel steht in dem kleinen Lootsenhafen neben dem Leuchthurm, das Gefälle bildete sich also in der kurzen Strecke von hier bis jenseits der Barre, oder etwa auf 600 Ruthen Länge. Man darf annehmen, daß es damals etwa 2 Fufs betrug. Bei der mittleren Tiefe des Stromschlauchs von 20 Fufs bildete sich alsdann eine Geschwindigkeit von nahe 7 Fufs, und indem diese in der vollen Stärke 2 Tage hindurch anhielt, und zwar bei ruhiger Witterung, während die Nogat die ganze Wassermasse der Weichsel dauernd in das Haff ergoß, so erklärte es sich, wie das See-Gatt sich so schnell und so bedeutend vertiefen konnte. Aehnliche Verbesserungen stehn aber in Zukunft nicht in Aussicht, denn die Coupirungen an der obern Mündung der Nogat sind nunmehr so gesichert, und unterstützen sich gegenseitig auch so vollständig, daß ein nochmaliger Durchbruch nicht zu erwarten ist. Durch Regulirung der Weichsel bemüht man sich außerdem, einem ähnlichen Ereigniß vorzubeugen, und bei der nunmehr eingetretenen Vertheilung des Hochwassers der Weichsel muß man sogar erwarten, daß dem Haff,

und sonach dem Tief bei Pillau aus der Nogat nicht so viel Wasser, wie in früherer Zeit bei gewöhnlichen Frühjahrs-Anschwellungen zufließen wird. Es ist sogar vorgeschlagen, im Interesse der sehr niedrigen Polder neben der Nogat, den Zufluss in diese aus der Weichsel vollständig und wasserfrei zu schliessen, was für die Erhaltung des Pillauer Hafens gewifs höchst bedenklich wäre.

Um so dringender ist es, für die möglichste Sicherung des See-Gatts zu sorgen. Dafs die Tiefe desselben seit dem Monat April 1855 sich langsam vermindert, ergeben augenscheinlich die spätern Messungen. An vielfachen Beschädigungen der Molen fehlte es auch nicht. Bei dem heftigen Sturm in der Nacht vom 22. auf den 23. December 1863, der an der ganzen Preussischen Ostsee-Küste grosse Zerstörungen angerichtet hat, litten auch die Molen vor Pillau weit mehr, als dieses bisher geschehen war. In der Norder-Mole wurde die Krone an drei verschiedenen Stellen durchbrochen. Der Kopf der Süder-Mole erlitt auf 8 Ruthen Länge starke Beschädigungen, und ausserdem wurde diese Mole an der Stelle, wo vor ihr die kleine Bucht besteht, die als Hafen benutzt werden sollte, auf 20 Ruthen Länge 3 bis 9 Fufs unter Wasser durchbrochen. Dieser Durchbruch war von der Seeseite aus erfolgt, denn der hindurchtreibende Strom hatte auf der Nordseite des Damms, also im Tief, einen Kolk von 27 Fufs Tiefe eingerissen.

In Betreff des Molenbaues ist noch die Frage von Wichtigkeit, ob die Sandablagerung vor dem Tief, oder die Barre, in welcher das See-Gatt sich befindet, durch die Verlängerung der Molen weiter hinausgeschoben ist, oder ob sie sich noch an derselben Stelle befindet, wo sie früher war.

Die in Fig. 142 mitgetheilte alte Charte von 1623, von der § 50 die Rede war, kann zu solchem Vergleich nicht mit Sicherheit benutzt werden, da sie weder in der Umgebung von Pillau, noch auf der Nehrung einen Festpunkt angiebt, dessen Lage sich noch mit Gewifsheit bestimmen liesse. Ausserdem bezeichnet sie auch nur die innere Begrenzung der Barre, ohne dafs man entnehmen kann, wie weit dieselbe sich seewärts erstreckte. Nichts desto weniger zeigt die Umgrenzung des Tiefs auf der Nord- und Südseite doch eine unverkennbare Aehnlichkeit mit der Aufnahme

von 1828 (Fig. 143), die Breite des Tiefs, der Nehrungsspitze gegenüber, stimmt sehr nahe überein, auch tritt diese Spitze in beiden Fällen ungefähr gegen die Mitte des nördlichen Ufers. Die Ausdehnung dieses nördlichen, von Nordwest nach Südost gerichteten Ufers maßt aber 1623 nur 220 Ruthen, während es 1828 etwa 60 Ruthen länger war. Sieht man von dieser Differenz ab und nimmt man außerdem an, daß der Rücken der Barre 1623 an der Stelle lag, wo die Charte die beiden flacheren Stellen von 4 und 6 Fufs Tiefe angiebt, so war in dieser Zeit die Barre von der Mitte des Norder-Ufers 370 Ruthen entfernt, wogegen 1828 diese Entfernung 340 Ruthen maßt.

Vergleicht man dagegen die Aufnahme von 1828 mit derjenigen von 1854 und 1855, so ergibt sich allerdings, daß in der Zeit, in welcher die sehr bedeutenden Molenbauten zur Ausführung kamen, die flachste Stelle im See-Gatt etwa um 50 Ruthen weiter hinausgerückt ist. In der Zwischenzeit von 1854 bis 1855, also während jene große Vertiefung eintrat, ist dagegen die flachste Stelle des See-Gatts wieder etwas zurückgewichen. Zu beiden Seiten des Fahrwassers haben sich indessen die Sandablagerungen weit in die See vorgeschoben, und man darf daher, wenn es sich um die Lage der Barre im Allgemeinen handelt, nicht sowohl diese Stelle, als vielmehr solche betrachten, die mehr seitwärts liegen, und bei Beantwortung der Frage, ob die Barre weiter seewärts herausgerückt ist, kommt es weniger auf die Lage der flachsten Stellen an, namentlich wenn diese verschiedene Tiefen haben, als auf gewisse Tiefenlinien am äußern Rande der Sandablagerung. Die Aufnahmen sind sämmtlich zu wenig ausgedehnt, als daß man hierüber sicher entscheiden könnte. Wenn man indessen in der Richtung der Norder-Mole den Abstand der äußern Drei-Fadenlinie mißt, so ergibt sich, daß dieser in den Jahren 1828, 1854 und 1855 sehr nahe unverändert geblieben ist.

Die in neuester Zeit ausgeführten Tiefenmessungen erstrecken sich nur auf die Wasserfläche zwischen den Molen und werden abgebrochen, sobald die flachste Stelle nur eben überschritten ist, oder die Tiefe wieder etwas größer wird. Die Lage der Barre läßt sich also keineswegs sicher erkennen. Vergleicht man indessen die Aufnahme von 1877 (Fig. 145. A Taf. XXX) mit

denjenigen von 1855 (Fig. 147. Taf. XXXII), so scheint der Rücken der Barre sogar um 70 Ruthen zurückgewichen zu sein, und nunmehr schon innerhalb der Ausdehnung der Norder-Mole zu liegen. Letztere hat indessen unbedingt wesentlich auf ihre Umgebungen eingewirkt, woher von diesen nicht auf die Lage der Barre im Allgemeinen geschlossen werden darf.

Wichtig bleibt indessen die Thatsache, dafs die Vergleichung der zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Messungen nicht erkennen läfst, dafs durch die Molenbauten die Barre seewärts weiter hinausgeschoben sei. Die Verhältnisse scheinen also hier eine gewisse Aehnlichkeit mit denen von Calais zu haben. Sowohl vor der Nehrung als auch vor dem nördlichen Ufer liegt die Dreifaden-Linie etwa 120 Ruthen von der Grenze des mittlern Wassers entfernt. Dem Tief gegenüber springt diese Linie aber viel weiter vor, weil hier der Sand sich am stärksten ansammelt. Sobald die Ausströmung bei westlichen Winden aufhört, oder in den eingehenden Strom umsetzt, so wird der auf der Seeseite antreibende Sand, den die Wellen in Bewegung erhalten, hineingetrieben. Wenn aber später wieder Ausströmung statt findet, so führt diese denselben Sand, vorausgesetzt, dafs er nicht etwa bis in das Haff gedrungen ist, wieder zurück, und läfst ihn an der Stelle fallen, wo sie sich mäfsigt, also zur Seite oder aufserhalb des See-Gatts. Fände hier eine so starke Küstenströmung wie in dem Canal zwischen Frankreich und England statt, so würde die vortretende Zunge, so oft sie sich gebildet hat, schnell angegriffen und beseitigt werden. In gewissem Grade geschieht dieses ohne Zweifel auch hier, denn sie ist bei nördlichen, wie bei südlichen Winden vorzugsweise dem Angriff der Wellen ausgesetzt, und die Thatsache, dafs sie im Lauf der Zeit nicht weiter vorrückt, zeigt, dafs der neu hinzukommende Sand nicht liegen bleibt, sondern wirklich dem schwachen Strom folgt und fortgetrieben wird. Es ist in dieser Beziehung ein gewisser Beharrungsstand eingetreten, den die regelmäfsig wiederkehrenden verschiedenen Witterungsverhältnisse bedingen, und die Barre bleibt daher unverändert an ihrer Stelle. Je kräftiger sie aber von dem ausgehenden Strom getroffen wird, um so gröfsere Tiefe nimmt die Rinne in der Barre oder das See-Gatt an.

Was endlich die vielfachen Beschädigungen betrifft, welche

die mit flachen Steinböschungen versehenen Molen vor Pillau erlitten haben, die hier sogar stärker, als in den andern Preussischen Häfen gewesen sind, so erklären sie sich zum Theil dadurch, daß diese Hafendämme bei westlichen Stürmen, die auf der nördlichen Hemisphäre die heftigsten sind, den vollen Angriff der Wellen erleiden. Neufahrwasser und Swinemünde sind in dieser Beziehung günstiger situirt. Andererseits haben die Molen vor Pillau vergleichungsweise aber auch nur sehr schwache Profile erhalten. Bei der Swinemünder Ostmole konnten enorme Steinmassen in den Hafen geworfen werden, ohne daß die Krone vollständig durchbrochen oder bis zum Mittelwasser herabgesunken wäre. Bei Pillau wurde dagegen der Kopf der Norder-Mole so beschädigt, daß er schon nach wenig Jahren aufgegeben wurde, und obwohl man stets neue Steinmassen aufbrachte, so brach 1863 die Mole an drei Stellen vollständig durch. Es wiederholte sich also hier besonders auffallend die vielfach gemachte Erfahrung, daß flache Steinböschungen im Wellenschlage ganz unhaltbar sind.

Es ist bereits erwähnt worden, daß nach dem starken Anwachsen der Untiefen, welche das Tief auf der Haffseite begrenzen, der Hafen zuweilen stark durchströmt wurde, so daß die darin liegenden Schiffe mit besonderer Vorsicht befestigt werden mußten, während andererseits beim Eisgange größere Schollen durch den Hafen trieben und neue Gefahren veranlaßten. Aus diesen Gründen war schon lange der Abschluß gegen das Haff in Aussicht genommen und 1857 das betreffende Project aufgestellt. Dasselbe veranlaßte jedoch fortificatorischerseits große Bedenken und die Ausführung wurde erst 1863 unter der Bedingung genehmigt, daß der Damm sich nicht unmittelbar an den Russischen Damm anschließen dürfe, vielmehr eine 2 Ruthen breite und 6 Fuß tiefe Oeffnung dazwischen bleiben solle. In Folge dieser Aenderung des Projects wurde andererseits beantragt, dieselbe Oeffnung so weit und tief darzustellen, daß sie für größere Schiffe einen zweiten Zugang zum Hafen bildete. Man überzeugte sich aber bald, daß in solchem Fall übermäßige Baggerungen vorgenommen werden müßten. Endlich 1864 kam der Damm zur Ausführung. Er besteht auch gegenwärtig nur aus einer rohen Steinschüttung, deren sehr unregelmäßige und schmale Krone etwa 3 Fuß über Mittelwasser liegt. Die im Anschlage vorge-

sehene Abpflasterung ist bisher unterblieben. Die vorgeschriebene Oeffnung wurde freigelassen, verlandete aber in kürzester Zeit. Fig. 146 A auf Taf. XXXI zeigt diesen Damm, der am hohen Ufer bei Camstigal beginnend sich an den Russischen Damm anschloß. Der ihn kreuzende Eisenbahndamm wurde später angeschüttet.

Seit mehreren Jahren war bereits die Südbahn concessionirt, welche eine directe Verbindung von Pillau über Königsberg und Warschau mit Odessa darstellen sollte. Der Bau war bereits begonnen, als die Einführung der Bahn in das Festungsterrain bei Pillau und die Anordnung des Bahnhofes daselbst noch vielfachen fortificatorischen Bedenken unterlag. 1862 wurde hierüber ein Beschluß gefaßt, und während für eine directe Verbindung und unmittelbare Ueberladung der Güter von der Bahn auf die Schiffe gesorgt, auch dem Bahnhofe genügende Ausdehnung gegeben werden mußte, gingen sowohl die bisherigen Schiffsbaustellen, wie auch der dahinter liegende Holzhafen ein. Letzterer wurde 1864 seinem bisherigen Besitzer abgekauft, und in demselben Jahr fand die Eröffnung der Eisenbahn statt, welche dem Pillauer Hafen eine Bedeutung gab, die er bisher nie gehabt hatte.

Nachdem vorstehend die Anlagen eingehend beschrieben sind, die während der Zeit zur Ausführung kamen, als die Königsberger Kaufmannschaft den Hafen verwaltete, ist es entbehrlich, die am Schluß dieser Periode stattfindenden Verhältnisse übersichtlich zusammenzustellen, und es bleibt nur übrig, über den Hafen selbst Einiges nachzuholen.

Derselbe bestand nach Fig. 143 auf Taf. XXVIII sowohl aus dem ältern Bassin, dem Graben, als aus dem eigentlichen Hafen, der auf der Ostseite vom Russischen Damm begrenzt wird. Der letzte Theil war der Liegeplatz für größere Schiffe. Seine Breite war sehr verschieden, nämlich zwischen 12 und 23 Ruthen, und seine Länge maß 130 Ruthen, doch fehlte nahe auf die Hälfte dieser Länge, nämlich in seinem hintern Theil, jeder Anlegeplatz für Schiffe. Auf der westlichen Seite zwischen der bisherigen Schiffsbaustelle und dem Graben, bei T, befand sich ein kleines Fort, die Hafenschanze genannt, das freilich dem Verkehr insofern diente, als es seit geraumer Zeit an einzelne Spediteure zur La-

gerung von Gütern verpachtet war, wo aber dennoch ein öffentliches Kai nicht angelegt werden durfte. Das Festungsterrain erstreckte sich noch weiter nordwärts bis an das Ende des tieferen Hafens, und wenn auch hier zum Bau eines Privatspeichers die Erlaubnifs ertheilt war, so fehlte es hier doch so sehr an Verbindungswegen, daß die Benutzung dieses Ufers sich dem Verkehr fast ganz entzog. Auf der andern Seite, nämlich am Russischen Damm, lagen in früheren Zeiten gröfsere Schiffe, nachdem ihre Zollabfertigung an der Mündung des Hafens bei *G* bereits erfolgt war. Aufserdem befand sich weiter nordwärts auf dem Russischen Damm der Ballastplatz. Derselbe ging indessen ein, als hier ein Fort erbaut wurde. Die Bagger nebst Prahmen, Bugsirbooten und dergleichen vermehrten sich nach und nach so sehr, daß sie das ganze Ufer des Russischen Damms verlegten, dieses also gleichfalls dem Verkehr entzogen wurde. In dieser Weise beschränkte sich also der Platz zum Anlegen der gröfsern Schiffe auf die etwa 60 Ruthen lange Uferstrecke der Stadtseite, von *G* bis zur Mündung des Grabens. Es ist aber bereits erwähnt worden, daß hier sowohl Wellenschlag, wie starke Strömung und Eisgang zuweilen sehr störend wurden. Letzterer sollte freilich durch die beiden Eisbrecher (bei *O*) zwischen der nördlichen Spitze des Russischen Damms und dem Holzhafen verhindert werden, doch wurden dieselben bei eintretendem Eisgang gemeinhin sogleich abgebrochen. Nach Ausführung des Abschlußdamms hörte die Gefahr der Durchströmung und des Eisgangs auf.

In dem vordern Theil des Hafens wurde durch Baggern die Tiefe von 15 Fufs erhalten, und diese war auch in dem Fall nothwendig, wenn das See-Gatt sich verflacht hatte. Es wurden nämlich nicht selten Probeladungen vorgenommen, um die berechnete Tragfähigkeit der Schiffe zu prüfen.

Starke Schlickablagerungen fanden übrigens im Hafen nicht statt. Am Ufer des Russischen Damms in der Ecke *B* wurde eine *Moderbank* erhalten, die nahe bis zur Höhe des mittlern Wasserstandes anstieg. Dieselbe diente zum Aufsetzen solcher Schiffe, die mit zu großer Fahrt in den Hafen einkamen, als daß sie noch rechtzeitig gestoppt werden konnten.

Im Graben erhielt man die geringere Tiefe von 12 Fufs,

und an der Stadtseite, wo nur Marktschiffe anlegten, oder Lichterfahrzeuge untergebracht wurden, mafs sie etwa 6 Fufs.

An geräumigen Kais fehlte es dem Hafen beinahe ganz, nur am Eingange vor dem Schuppen, wo die Zollabfertigung geschah, war ein solcher vorhanden, der aber weiterhin noch durch den Bootshafen *S* beschränkt wurde. Bei dem frühern Verkehr lag in dieser Beziehung auch kein Bedürfnifs vor, da Pillau kein selbstständiger Handelsplatz war, was eine alte Verordnung von 1718 auch ausdrücklich verboten hatte. Die einkommenden Güter wurden sogleich in Lichterfahrzeuge oder im Winter in Schlitten verladen und über das Haff nach Königsberg befördert. Dasselbe geschah auch mit dem ausgehenden Getreide.

Das nördliche Ufer des Tiefs ist zunächst am Hafen, nämlich zwischen *G* und *H*, mit einem Bohlwerk eingefafst, welches das hohe Bohlwerk heifst. Es führt diesen Namen, weil es sich theils 10 Fufs über Mittelwasser erhebt, und theils, weil es eine grofse Tiefe vor sich hatte. Letztere misst gewöhnlich 14 bis 18 Fufs, doch nimmt sie zuweilen, wenn die zufälligen Sandablagerungen den Strom darauf weisen, in kurzer Zeit um 10 Fufs zu. Aus diesem Grunde müssen die Pfähle sehr tief eingerammt, und doppelt verankert werden. Die obern Anker sind aber auch nach rückwärts gestützt, damit beim Aufstossen der Schiffe das Bohlwerk nicht eingedrückt wird.

Die Unterhaltung dieses Baues ist sehr kostbar, da nicht nur das Holz bei der abwechselnden Nässe und Trockenheit und bei der Berührung mit der feuchten Hinterfüllungserde der Fäulnifs unterworfen ist, sondern es leidet auch vom unvermeidlichen Gegenstossen der Schiffe, und vorzugsweise treten beim Eisgang starke Beschädigungen ein. Sobald im Elbinger Haff das Eis sich in Bewegung setzt, treiben ausgedehnte Eisfelder dagegen. Die Geschwindigkeit derselben pflegt freilich nicht grofs zu sein, aber ihre Masse ist so bedeutend, dafs des Widerstandes unerachtet die Bewegung nicht sobald aufhört. Die Scholle treibt, nachdem sie schon das Bohlwerk berührt hat, noch mehrere Minuten hindurch in ihrer früheren Richtung gegen dasselbe. Beim Anlaufen zerbröckelt ihr äufserer Rand. Es bilden sich grofse Haufen des zerstückelten Eises, die sehr schnell anwachsen, sich über das Bohlwerk erheben, und hier oft in solcher Höhe sich

aufthürmen, daß man aus den Erdgeschossen der dahinter stehenden Häuser nicht darüber fortsehn kann. Bei solchem Eisgange wird oft in einer Viertelstunde eine große Anzahl von Pfählen vollständig durchschnitten, während die andern tief eingekerbt sind. Diese Pfähle durch eiserne Schienen zu schützen, ist nicht zulässig, weil dabei die Schiffe leiden würden; mir blieb daher zur Sicherung dieses Bohlwerks nur übrig, besondere Eispfähle davor leicht einzurammen und gegen die Holme zu bolzen. Es wurden dazu die schlechtesten Stämme verwendet, die entweder zu kurz oder zu schwach, oder sehr gekrümmt waren, die also nur wenig kosteten. Sie litten augenscheinlich noch mehr, als die Bohlwerkspfähle, aber sie gewährten den großen Nutzen, daß sie die letztern schützten.

Vor dem hohen Bohlwerk liegen in der Regel keine Schiffe, weil sie hier dem vollen Wellenschlage ausgesetzt sein würden, nur vorübergehend geschieht dieses. In welcher Weise aber die Schiffe bei mäligem südlichen Winde und bei ausgehendem Strom von hier fortsegeln, ist am Schluß § 31 bereits mitgetheilt.

Die drei mit *F* bezeichneten Gerüste in Fig. 143 sind drei *Baaken*, welche dem ankommenden Schiffer die Lage des Fahrwassers im See-Gatt angeben. Alle drei sind beweglich, so daß sie bei eintretenden Aenderungen des See-Gatts verstellt werden können. In frühern Zeiten geschah dieses sehr häufig, und oft sogar mehrmals in einem Jahr. In allen lassen sich die hohen Ruthen niederlegen, und dieses geschieht, wenn die Lootsen das Einsegeln für gefährlich halten. Gewiß ist es aber noch gefährlicher, wenn das Schiff im Sturm dem Hafen sich schon so weit genähert hat, daß es die offene See nicht wieder gewinnen kann, es also unerachtet jeder Gefahr den Versuch machen muß, einzulaufen, und nunmehr die einzigen Marken, welche die Fahrt bezeichnen, ihm entzogen werden. Die äußerste und kleinste Baake ist die *Wink-Baake*. Sie wird mit einer Flagge versehen, wenn sie gebraucht werden soll. Je nachdem man den beweglichen Flaggen-Stock rechts oder links neigt, soll das Schiff in gleicher Richtung die Baaken-Linie verlassen. Dieses Signal ist aber höchst zweifelhaft, weil man von dem niedrigen Ufer aus, auf dem die Baake steht, die Entfernung des Schiffs nicht

beurtheilen, also auch nicht wissen kann, ob es sich gerade an der Stelle befindet, wo das Fahrwasser die Biegung macht.

Das See-Gatt ist auf der Nordseite mit weissen und auf der Südseite mit schwarzen Tonnen bezeichnet, und die schwarz und weisse Aufsentonne liegt weiter seewärts in der Baaken-Linie. Diese Tonnen sind bei ruhiger Witterung sehr deutlich und schon aus weiter Ferne zu erkennen, bei westlichen Stürmen aber, also gerade in der Zeit, wenn die Lootsen nicht hinauskommen können, werden sie von den Wellen verdeckt, und nur selten sieht man eine oder die andre aus der Brandung vortreten. Die Baaken sind alsdann für den Schiffer von besonderer Wichtigkeit, doch neben diesen bezeichnet auch die schwächere Brandung das tiefste Fahrwasser. Je höher die Untiefe ansteigt, um so höher schwillt darüber auch die Welle an. Der Unterschied ist freilich nicht bedeutend, doch giebt er bei großer Aufmerksamkeit sich zu erkennen, und manches Schiff verdankt diesem Umstande seine Rettung.

Die Rhede von Pillau liegt ganz offen, und bietet keinen Schutz gegen westliche Stürme, nichts desto weniger wurde sie doch immer benutzt, so oft das See-Gatt nicht hinreichende Tiefe hatte. Die ankommenden und ausgehenden Schiffe mußten einen Theil der Ladung auf der Rhede lichten oder einnehmen, also hier vor Anker gehn, die Ankunft der Lichterfahrzeuge abwarten, und so lange liegen, bis die Umladung erfolgt war. Um die Lichterfahrzeuge keiner zu großen Gefahr auszusetzen, auch um den Weg derselben möglichst abzukürzen, pflegten die Schiffe sich dem See-Gatt so sehr zu nähern, wie dieses bei der jedesmaligen Witterung irgend zulässig erschien. Wenn in solchem Fall aber starker westlicher Wind eintrat, wobei die Schiffe diese Stelle verlassen mußten, so wurde es ihnen zuweilen unmöglich, die offene See wieder zu gewinnen, und Strandungen waren alsdann unvermeidlich. Auch die Lichterfahrzeuge wurden, während sie draussen waren, zuweilen durch einen plötzlich eintretenden Sturm überrascht, und wenn sie wegen des flachen Bodens auch überall hoch auf den Strand aufsetzen konnten, so trat für die Mannschaft noch der große Uebelstand hinzu, daß sie mit Lebensmitteln und mit Wasser nicht versehen waren.

Vorzugsweise gefährlich war für die großen Holzschiffe

das Liegen auf der Rhede. Solche gingen bei östlichen Winden mit dem Theil der Ladung aus, den sie nach der jedesmaligen Tiefe des See-Gatts aufnehmen konnten, ohne den Grund zu berühren, und der Rest folgte in Flößen nach, auf welche oft Segel aufgesetzt waren, und die überdies von Ruderböten bugsirt wurden. Das Schiff wie das Floß legten sich aufserhalb des See-Gatts nahe neben einander vor Anker. Im Schiffe wurde diejenige Lucke im Buge, die möglichst nahe über dem Wasserspiegel sich befand, geöffnet, und durch diese ein Balken nach dem andern in den Rumpf des Schiffs eingeschoben. Sobald Bewegung im Wasser eintrat, mußte die Lucke sogleich geschlossen werden. Hierzu war immer die nöthige Zeit vorhanden, aber alsdann hörte das Ueberladen auf, und zwar mußte dieses viel früher unterbrochen werden, als etwa das Ueberwerfen einer Getreideladung, was bei mäßigem Wellenschlage noch fortgesetzt werden konnte. Beim Eintritt des westlichen Windes konnte ein Lichterfahrzeug, das nur einen Theil der Ladung abgegeben, oder diese vielleicht noch ganz inne hatte, gewöhnlich in den Hafen zurückgehn. Beim Holzfloß war dieses aber nicht möglich, denn eines Theils liefs es sich nicht steuern, und aufserdem wurde es auch schon bei sehr mäßigem Wellenschlage zertrümmert. Schwere Verluste an Holz wiederholten sich daher sehr häufig.

Von der ganz ungeschützten Lage abgesehn, ist die Pillauer Rhede in sofern günstig, als der Ankergrund rein und von der erforderlichen Consistenz ist. Er besteht aus fest abgelagertem, sehr zähem Thon, worin die Anker leicht fassen und meist hinreichend haften. Wenn die Schiffe auf der sogenannten Aufsen-Rhede oder auf 9 bis 10 Faden Tiefe bleiben, so wird auch bei starker Wellenbewegung der Grund nicht leicht gelockert, und der Anker pflegt selbst bei heftigem Sturm zu halten. Dieses geschieht aber nicht mehr, wenn die Schiffe näher am Gatt oder auf 5 bis 6 Faden Anker werfen. Bei anhaltendem Sturm kommen sie alsdann ins Treiben.

Vor 60 Jahren war die Rhede sehr unrein, indem eine Menge Anker darin lagen, welche häufig die Taue oder Ketten fausten, und dadurch Strandungen verursachten. Diese Anker rührten vorzugsweise aus der Zeit des Französischen Kriegs her, denn wenn es auch sonst schon vielfach vorgekommen sein mochte,

dafs ein Anker zufällig so fest eingegriffen hatte, dafs er mit dem grofsen Spill nicht gelichtet werden konnte, so mußte doch besonders in Kriegszeiten jeder unnöthige Aufenthalt, und namentlich auf der Rhede, vermieden werden, wo an ein Entkommen nicht zu denken war, sobald ein feindliches Schiff sich näherte. Aufserdem stellen sich in solcher Zeit die Frachten auch so hoch, dafs der Verlust eines Ankers gegen den zu erwartenden Gewinn nicht in Betracht kommt, und so geschah es damals sehr häufig, dafs das Heben des Ankers gar nicht versucht, sondern, nachdem die Ladung eingenommen war, das Ankertau sogleich gekappt wurde.

Um die Rhede zu reinigen, wurde später das Fischen der Anker frei gegeben, und zwar in der Art, dafs wer einen dieser Anker hob, denselben als Eigenthum behielt, wenn nicht vielleicht der frühere Besitzer sein Eigenthumsrecht nachwies, was jedoch nur in sehr seltenen Fällen geschah, und selbst alsdann mußte der Fischer für die Hebung vollständig entschädigt werden. Bei dem grofsen Werth der Anker wurde nunmehr das Fischen derselben ein sehr lockender Erwerbszweig, der um so mehr anzog, als er gelegentlich, wenn andre Beschäftigung fehlte, betrieben werden konnte. In welcher Art dabei verfahren wurde, ist bereits früher (im zweiten Theil dieses Handbuchs § 52) beschrieben worden. In wenig Jahren verschwanden vollständig die bisher so gefährlichen Anker von der Rhede.

§ 53.

Neuste Bauten.

Aus vorstehenden Mittheilungen ergibt sich, dafs während der fünfzigjährigen Verwaltung des Pillauer Hafens durch die Königsberger Kaufmannschaft derselbe sich wesentlich verbessert hatte. Nichts desto weniger stellte sich namentlich in der letzten Zeit das Bedürfnis zu vielen und zwar sehr kostspieligen Anlagen dringend heraus.

Die plötzliche Vertiefung des See-Gatts im Jahr 1855 hatte den Hafen viel gröfsern Schiffen, als bisher, zugänglich gemacht. Die darauf allmähig erfolgende Verflachung liefs aber sicher

erwarten, daß die frühere mälsige Fahrtiefe sich bald wieder einstellen werde, wenn nicht der Molenbau, der in Swinemünde so günstig und so nachhaltig gewirkt hatte, kräftigst wieder aufgenommen und durchgeführt würde. Die Gefahr der Verflachung war aber gegenwärtig viel größer, als bisher geworden, da die solide Durchbauung der Nogat an der Montauer Spitze nicht nur die Wiederkehr eines ähnlichen Ereignisses, wie zu Anfang 1855, unmöglich machte, sondern auch durch die Beschränkung des Profils der Nogat nahe unterhalb ihrer Trennung von der Weichsel die dem Haff zufließende Wassermasse wesentlich vermindert war.

Es handelte sich aber nicht nur um die Verlängerung der Molen, sondern die in einer langen Reihe von Jahren ausgeführten Theile derselben waren in den Kronen versunken, zerrissen und stellenweise durchbrochen, so daß die Wellen herüberschlugen und hin und wieder starke Durchströmungen stattfanden. Die flachen Steinböschungen hatten sich also auch hier wieder nicht bewährt.

Ein anderer Umstand, der eine wesentliche Umgestaltung und Vergrößerung des Hafens forderte, war der Bau der Südbahn, und zwar zunächst der Strecke von Pillau nach Königsberg, indem durch diese und die bereits bestehende Ostbahn Pillau mit den Russischen Bahnen verbunden wurde. Da aber unter allen an der östlichen Seite der Ostsee belegenen Häfen Pillau derjenige ist, der am seltensten zufriert, der nahe eben so lange offen bleibt, als der Sund, so war mit Sicherheit zu erwarten, daß während des Winters der Verkehr mit Rußland und namentlich die sehr bedeutende Ausfuhr von Getreide, Oelsamen, Hanf und dergleichen großentheils über Pillau erfolgen werde. Es mußte also für ausgedehnte Anlegestellen unmittelbar neben Zweigbahnen gesorgt werden. Die Anlegestellen waren aber überaus beschränkt, und wie bereits erwähnt, waren sie unter den bisherigen Verhältnissen auch entbehrlich gewesen. Das kleine Städtchen Pillau, dem jedes Hinterland fehlt, konnte sich daher an dem Verkehr nicht weiter, als durch Speditions-Geschäfte betheiligen, wobei geräumige Kais und Speicher nicht erforderlich waren.

Bei Darstellung der nunmehr nothwendigen Kais, die auch mit Eisenbahngleisen versehen sein mußten, durften indessen die

bisherigen Bohlwerke nicht beibehalten werden, die Erbauung massiver, in großer Tiefe fundirter und daher sehr kostbarer Ufermauern liefs sich nicht umgehn.

Ferner war für den erwarteten sehr ausgedehnten Verkehr, der sich in der That unmittelbar nach Eröffnung der Bahn im nächsten Winter einstellte, der ganze Hafen zu klein, und für die großen Schraubendampfer, die schon früher zuweilen einkamen, war auch die Hafenmündung zu enge, und konnte bei heftigen Strömungen nur mit großer Vorsicht durchfahren werden. Bei Schüttung des Steindamms von dem Russischen Damm nach dem hohen Ufer bei Camstigal war zwar eine sehr bedeutende Vergrößerung des Hafens eingeleitet, aber die hinzugekommene Fläche hatte nirgend hinreichende Tiefe, und ausgedehnte Bagger-Arbeiten mußten hier vorgenommen werden. Dabei war aber zu berücksichtigen, daß der Hafen nur in seinem vordern Theil eisfrei bleibt, oder nur hier beim Zufrieren geöffnet werden kann, während weiter nordwärts die Eisdecke immer stärker wird. Es empfahl sich daher, ein zweites Hafenbassin auf der Ostseite des Russischen Damms anzulegen, wie ein solches schon im vorigen Jahrhundert projectirt war.

Außer diesen großartigen Bauten waren noch andre Bedürfnisse zu beachten, die bei einem regen Schiffsverkehr sich gleichfalls als dringend herausstellten. Hieher gehörte zunächst die Einrichtung eines besondern und feuersicher abgeschlossenen Hafens für die Petroleum-Schiffe. Demnächst die Beschaffung einer Schiffsbaustelle, auf der wenigstens die in Havarie eingekommenen Schiffe in Stand gesetzt werden konnten. Die frühern Schiffsbauplätze waren aufgegeben, da der Bahnhof unbedingt auf ihre Stelle verlegt werden mußte. Sodann war für einen Ballastplatz zu sorgen, der seit der Erbauung des kleinen Forts auf dem Russischen Damm eingegangen war, und eben so auch für geräumige Kohlenmagazine, zur Versorgung der einlaufenden Dampfschiffe.

Endlich wurde ein wenigstens 15 Fufs tiefes Fahrwasser nach Königsberg für dringend nöthig erachtet. Seit 45 Jahren war man bemüht gewesen, durch Dampfbagger ein solches darzustellen, dabei war aber wenig mehr erreicht, als zwei Pferde-bagger in früherer Zeit schon geleistet hatten.

Zu diesen verschiedenen baulichen und sonstigen Anlagen waren die der Kaufmannschaft zugewiesenen Hafengelder ganz ungenügend, während bedeutende Zuschüsse aus Staatskassen nicht in Aussicht standen, so lange die Regierung nicht selbst die Verwaltung des Hafens übernahm. Alsdann durfte man freilich hoffen, daß ähnlich, wie einst in Swinemünde, und vor Kurzem wieder in Stolpmünde geschehn, sehr bedeutende Summen zur Verbesserung des Hafens bewilligt werden würden.

Hierzu kam noch, daß die vielfach erhobenen Beschwerden über vorhandene Mängel von den Behörden nicht unbeachtet gelassen werden konnten und zu dringenden Anforderungen an die Kaufmannschaft Veranlassung gaben, welchen diese mit den ihr zu Gebote stehenden Mitteln nicht nachkommen konnte. Als endlich im Jahr 1863 die Regierung eine Ermäßigung der Hafengelder forderte, also die schon ungenügenden Einnahmen noch beschränkt werden sollten, da entschloss sich die Kaufmannschaft, die Verwaltung des Hafens aufzugeben. Im Anfang des Jahrs 1864 bot sie diese der Regierung an. Seitens der Staats-Behörden wurde hierauf sehr bereitwillig eingegangen und schon am 12. Mai 1864 erfolgte die Uebergabe.

Die Erwartung, daß nunmehr viel grössere Summen, als die Hafengelder eintrugen, zur Verbesserung des Hafens verwendet werden würden, ging in der That in Erfüllung, und wenn auch die politischen Ereignisse zuweilen Beschränkungen und selbst die Einstellung der Bauten veranlafsten, auch bis jetzt (1880) noch keins jener vorstehend bezeichneten Bedürfnisse vollständig befriedigt ist, so entwickelte sich dennoch seit jener Zeit eine Bauthätigkeit, wie solche bisher noch nie hier stattgefunden hatte.

Was den Molenbau betrifft, so kam es zunächst darauf an, die versunkenen und durchbrochenen Dämme in solcher Art wieder herzustellen, daß sie dauernd den Strom einschliessen, auch den Uebertritt der Wellen verhindern. Zu diesem Zweck wurde zunächst angeordnet, es solle nach Ausgleichung der Steinschüttung darüber eine Schicht großer Béton-Blöcke in der Höhe des mittlern Wasserstandes so versetzt werden, daß sie als Läufer und Binder schon an sich einigen Verband darstellten, außerdem aber noch in gewisser Art in einander griffen und dadurch um so sicherer in ihrer Lage erhalten würden. Auf

dieser Grundlage solle alsdann die Uebermauerung erfolgen, die aber noch auf beiden Seiten durch Pfahlreihen eingeschlossen wäre. In diesen Reihen seien die Pfähle von Mitte zu Mitte 3 Fufs von einander entfernt, durch die vorhandene Steinschüttung hindurch einzurammen und durch Holme zu verbinden. Auf diese Holme seien Eisenbahnschienen zu nageln, auf welchen ein grosser Krahn läuft, der die erwähnten Blöcke aus dem Prahm hebt und versetzt. Mit dem Rammen der Pfähle sei der Bau zu beginnen.

Der Local-Baubeamte, dem die Ausführung dieses Projects aufgetragen wurde, erklärte, es sei unmöglich, durch die Steinschüttung hindurch, die meist aus grossen Granitgeschieben bestehe, die Pfähle so einzurammen, dafs sie einen festen Stand und zwar in solcher Richtung einnähmen, dafs die Holme aufgezapft werden könnten. Nunmehr wurde ein Versuch und zwar mit eichenen und mit mit schweren Schuhen versehenen Pfählen angeordnet, dabei aber bemerkt, es sei nicht erforderlich, dafs dieselben scharf in eine Linie träfen, wenn sie nur so weit gerichtet wären, dafs sie mit Blattzapfen gegen die Holme gebolzt werden könnten. Dieser im Jahr 1866 angestellte Versuch ergab ein sehr ungünstiges Resultat, und es wurde darauf von jenem Project abgegangen.

Mit der Anfertigung der Béton-Blöcke hatte man aber sogleich den Anfang gemacht und 124 derselben, deren jeder eine halbe Schachtruthe hielt, lagen auf der Spitze der Frischen Nehrung zur Verwendung bereit.

Hierauf wurde ein andres Project unter Zugrundelegung der in neuester Zeit sowohl in Stolpmünde, wie in Swinemünde gemachten Erfahrungen angeregt, mit dem sich auch die Local-Baubeamten einverstanden erklärten. Beim Ausbau der Norder-Mole, mit welcher der Anfang zu machen sei, sollte, so lange man die Richtung des alten Damms verfolgte, die Steinschüttung in der Höhe des mittlern Wasserstandes möglichst ausgeglichen, und eine 10 Fufs hohe Uebermauerung mit steil ansteigenden Seitenflächen darauf gestellt werden. Indem sicher zu erwarten, dafs der erste Theil dieser Mauer keinem starken Angriff durch Wellenschlag ausgesetzt sein, vielmehr bei der Verlandung der schmalen Bucht, die ihn noch von dem Ufer trennte, er sich

bald in eine Ufermauer verwandeln werde, so schien es entbehrlich, demselben eine große Breite oder Stärke zu geben. Es kam nur darauf an, ihn gegen den Stofs der Wellen, die vor Beendigung der Süder-Mole ihn auf der Hafenseite treffen, zu sichern. Unter der Voraussetzung, daß der stärkste Druck der Wellen hier 2000 Pfund auf den Quadratfuß beträgt, ergab sich die erforderliche Kronenbreite gleich 10 Fufs. Sollte diese Breite, falls die Verlandung unterbliebe, nicht genügen, so würde die nöthige Verbreitung sich leicht darstellen lassen, jetzt komme es nur darauf an, die Instandsetzung der Mole möglichst zu beschleunigen. Weiter hin sei dagegen die Verbreitung unbedingt nothwendig. Seeseitig, also auf der Nordseite, sollte aber die Mauer in cylindrischer Fläche an das Banket vor der Stein-dossirung sich anschließen. Endlich seien die vorräthigen Béton-Blöcke zum Schutz dieser Mauer zu verwenden, sobald an irgend einer Stelle durch Annäherung einer bedeutenden Tiefe Unterspülung besorgt werden könnte.

Diese Vorschläge wurden genehmigt, die Veranschlagung erfolgte bald darauf und im Sommer 1867 war bereits auf 27 Ruthen Länge die Uebermauerung ausgeführt.

Nach einem starken Sturm in demselben Jahr, der von der Südseite die Wellen gegen die Mole trieb, spritzte das Wasser gegen die senkrechte Wand so hoch auf, wie dieses hier bisher noch nie bemerkt war, und in der Besorgniß, daß der Bau dabei leiden möchte, wurden gleich darauf die sämtlichen vorräthigen Béton-Blöcke auf die hafenseitige Dossirung verlegt. Obgleich die Besorgniß wohl unbegründet gewesen, so war diese Vorsicht doch in so fern ohne Nachtheil, als es gleichgültig war, ob die Blöcke hier oder auf der Nehrung lagen, und sie zu anderweitem zweckmäßigen Verbrauch auch von hier entnommen werden konnten.

Anfang 1868 war die Mauer auf 122 Ruthen theils in voller Höhe und theils nur einige Fufs über Mittelwasser ausgeführt. Indem von hier ab die Verlandung hinter der Mauer nicht mehr sicher erwartet werden konnte, so wurde die Krone nunmehr in sanftem Uebergange auf 16 Fufs verbreitet. Nachdem aber 1873 die Uebermauerung wieder um 108 Ruthen weiter geführt war, ging man in gleicher Weise zur Kronenbreite

von 20 Fufs über, die aber wegen des Leuchtthurms auf dem Kopf bald bis 25 Fufs zunehmen sollte.

In dieser Art war die Norder-Mole 1874 auf 250 Ruthen Länge übermauert, indem man dabei stets auf der alten Stein-schüttung blieb. Von hier ab mußte diese verlassen werden, damit das aus den vertriebenen Steinen des alten Molenkopfs gebildete Riff nicht auf der Hafenseite vorträte. Außerdem schien es auch passend, eine sanfte Krümmung einzuführen, um die Strömung neben der Mole zu concentriren. Bevor indessen hier der Weiterbau begonnen wurde, ging man zur Verlängerung der Süder-Mole über. Hierzu kam, dafs die Erfolge der in Rügenwalder-Münde zu versuchenden Constructions-Art eines massiven Kopfs abgewartet werden sollten, die vielleicht auch hier zu wählen wäre. In welcher Weise die Verlandung auf der Nordseite der Mole vorgeschritten ist, ergiebt sich aus der Vergleichung der beiden Situationszeichnungen auf Taf. XXXII und XXX. Doch ist dabei zu erwähnen, dafs die im Jahr 1855 daselbst liegende Sandfläche, die sich erst vor Kurzem gebildet hatte, viel niedriger, als 1877 war.

Beim Ausbau der Süder-Mole mußte eine sehr bedeutende Verlängerung derselben in Aussicht genommen werden, denn die ungünstige Lage und die Veränderlichkeit des See-Gatts rührte augenscheinlich davon her, dafs die Strömung keineswegs neben der Norder-Mole blieb, vielmehr sich von derselben süd-wärts wandte, und hier oftmals tiefe Rinnen bildete, wie auch die Situations-Zeichnung vom Jahr 1877 zeigt, woher die Tiefe in der Hauptrichtung sich verminderte.

Zunächst kam es auch hier darauf an, die alte versunkene und zerstörte Mole zu übermauern, und dabei entstand die Frage, ob die Bucht unmittelbar vor der Nehrung durchbaut oder die früher gewählte Richtung des Damms beibehalten werden sollte. Dafs diese Bucht als Hafen für kleine Fahrzeuge nicht nutzbar sei, wie man erwartete, hatte die Erfahrung bereits gezeigt. Dagegen konnte diese Bucht auch nicht wesentlich nachtheilig sein, und die Uebermauerung des sie umschliessenden Damms war schneller und mit geringeren Kosten auszuführen, als wenn man einen ganz neuen Damm hindurchgeführt hätte. Das Bedürfnis der schleunigen Instandsetzung und Weiterführung der Süder-

Mole war Anfang 1870 von verschiedenen Seiten zur Sprache gebracht und mußte auch anerkannt werden. Da aber das Steinmaterial, das im andern Fall erforderlich gewesen wäre, sich nicht schnell genug beschaffen liefs, so blieb nur übrig, den alten Damm zu erhöhen und zu verstärken.

Nachdem in den letzten Jahren das Ufer der Nehrung stark abgebrochen war, mußte zunächst statt der bisherigen Ufermauer ein mehr gesicherter und zugleich tiefer fundirter Verbindungsdamm zwischen dem 1835 ausgeführten Molenkopf und der Wurzel der spätern Mole dargestellt werden. Derselbe erhielt nur die mäfsige Kronenbreite von 6 Fufs.

Zur Seite der Bucht wurde die Kronenbreite der Mole auf 10 Fufs festgestellt, weiterhin aber auf 16 Fufs vergrößert, und in dieser Breite wurde die Uebermauerung in gleicher Art wie auf der Norder-Mole bis an das Ende des alten Damms fortgeführt. Ihre ganze Länge bis zu diesem Punkt mafs 115 Ruthen. Von hier ab mußte die Fortsetzung in grofser Tiefe ausgeführt werden. Man wählte dabei diejenige Constructionsart, die in Stolpmünde und noch mehr in Swinemünde sich bereits bewährt hatte, nämlich zwischen zwei etwas rückwärts geneigten möglichst schließenden Wänden von eingerammten Rundhölzern wurden gröfsere Steine geschüttet, die später über Mittelwasser übermauert werden sollten. Da dieser Bau frei in die See trat, auch nicht durch Steinschüttungen zur Seite gesichert war, so bestimmte man für denselben die Kronenbreite in der Höhe von 10 Fufs über Mittelwasser zu 23 Fufs. Die specielle Beschreibung der Construction wird bei Gelegenheit der Ausführung der Hafendämme gegeben werden.

Nachdem die nöthigen Materialien, wie auch Zugrammen, und Dampfrahmen beschafft waren, begann dieser Bau 1874, wurde jedoch in demselben Jahr schon auf unangenehme Art für einige Zeit unterbrochen. In der Erwartung, dafs heftige Stürme nicht so früh eintreten würden, hatte man die Rammarbeiten weit über die Steinschüttungen hinaus fortgesetzt, woher die frei stehenden Pfähle der Rüstung und selbst diejenigen, welche die Wände bildeten, bei einem starken Seegange im Anfange des Monats October abbrachen und durch andre ersetzt werden mußten. Indem die Pfahlwände in derselben Richtung

sich nicht erneuern ließen, so ging man nunmehr zur Kronenbreite von 25 Fuß über, sorgte aber sowohl durch rechtzeitiges Einwerfen von Steinen, wie auch durch möglichste Verbindung und Verstrebung der Rüstung- und Wandpfähle dafür, daß ähnliche Zerstörungen sich nicht wiederholten.

So lange es sich nur um die Uebermauerung der alten versunkenen Molen handelte, war über die Richtung, in der diese verlängert werden sollten und über die Lage der beiderseitigen Molenköpfe noch kein endgültiger Beschluß gefaßt worden. Dieses geschah im October 1872 und zwar in der Art, wie Fig. 145 A auf Taf. XXX in den punktirten Linien zeigt. Bei der Lage der Barre, die im Lauf der Zeit nicht wesentlich herausgerückt war, fehlte jede Veranlassung, die Norder-Mole über den alten versunkenen Kopf derselben hinauszuschieben, doch mußte sie einige Krümmung erhalten, um theils den Strom an dem Kopf angemessen vorbeizuführen, theils aber auch, um das Steinriff zu überbauen, welches bei der Zerstörung des alten Molenkopfs auf der Binnenseite sich gebildet hatte. Die Süder-Mole mußte jedenfalls so weit, wie die Norder-Mole verlängert werden, um die Ausströmung in südlicher Richtung zu unterbrechen, die auch gegenwärtig noch diejenige in der Richtung der Norder-Mole überwiegt, und daher die Bildung eines angemessenen Fahrwassers verhindert.

Die Weite der Ausmündung oder der lichte Abstand beider Molenköpfe wurde auf 80 Ruthen angenommen, da die Flächeninhalte verschiedner Querprofile des Tiefs dieses Maafs als passend erscheinen ließen, und man auch vermeiden wollte, wie bei Swinemünde geschehn, eine so weite Oeffnung darzustellen, daß der hindurchtretende Strom sie nicht frei erhalten konnte, und die daher im Lauf der Zeit nur zum kleinsten Theil hinreichend tief blieb. Nichts desto weniger durfte diese Annahme doch nicht als ganz sicher angesehen werden, und es wurde daher gleichzeitig gefordert, man solle während des Baues aufmerksam sein, ob vielleicht gewisse Erscheinungen eintreten, die eine Aenderung und namentlich eine Vergrößerung dieses Maafs rechtfertigen. Die inzwischen gemachten Erfahrungen haben freilich bisher nichts ergeben, wonach eine größere Weite als nothwendig sich herausgestellt hätte, da es indessen übermäßige

Kosten veranlassen würde, nach Vollendung des Baues die Mündung wieder zu verbreiten, wenn vielleicht spätere Erfahrungen dieses fordern sollten, so wurde 1879 beschlossen, nachdem man den Punkt erreicht hatte, der in derselben Figur mit dieser Jahreszahl bezeichnet ist, nicht weiter die projectirte Richtung zu verfolgen, sondern von hier ab den Bau in seiner bisherigen Richtung fortzusetzen, und an das Ende desselben einen Flügel anzuschließen, der sich dem Kopf der Norder-Mole so weit nähert, wie das Bedürfnis verlangt.

Um über die vorstehend angeregte, gewis sehr wichtige Frage Entscheidung zu treffen, ist wohl vorzugsweise darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Einströmung bei anschwellender See nicht verhindert, und dadurch bei der folgenden Ausströmung die Einwirkung auf das See-Gatt nicht beeinträchtigt wird. Eine überflüssige Weite der Mündung, die sich bald verflacht, befördert augenscheinlich nicht diesen Zweck, während sie theils zur Verstärkung des Wellenschlags im Tief Veranlassung giebt und theils die Ausbildung eines geregelten und dauernden See-Gatts behindert. Der Betrieb der Schifffahrt kommt hierbei wenig in Betracht, da weder die Einströmung, noch die Ausströmung stärker werden dürfte, als sie schon jetzt stellenweise zu Zeiten ist, und da der eingehende Strom bei heftigen Weststürmen der stärkste ist, so kommt noch hinzu, daß alsdann kein Schiff ausgeht.

Bei dem bisherigen sehr weiten Abstände der Enden beider Molen von einander kann es nicht befremden, daß die Richtung des ausgehenden Stroms und sonach auch die Lage und Richtung des See-Gatts sich häufig verändert, auch gewöhnlich mehrere tiefere Rinnen neben einander bestehn, durch welche der Strom über die Barre tritt. Die Tiefe des See-Gatts, welche seit 1811 in den Pillauer Schiffslisten mitgetheilt wird, bezieht sich immer auf dasjenige Fahrwasser, durch welches die Lootsen die Schiffe ein- und ausbringen, und sobald ein anderer Weg gewählt wird, ergeben die Listen gewöhnlich auch eine andre Tiefe, wenn auch thatsächlich keine Aenderung in der Barre eingetreten ist. Hierzu kommt noch, daß diese Tiefenmessungen nur vorgenommen werden können, wenn die See einigermaßen sich abgestillt hat, auch Rinnen von größerer Tiefe nicht berücksichtigt werden dürfen, wenn sie für den Durchgang der Schiffe zu enge oder zu scharf

gekrümmt sind. Endlich darf auch der jedesmalige Wellenschlag nicht unbeachtet bleiben, und wenn im Allgemeinen die Lootsen mit Bezug auf diesen schon jedesmal die Fahrtiefe etwas geringer angeben, als sie dieselbe gefunden haben, so muß das Maafs noch mehr vermindert werden, wenn anhaltend unruhige See zu erwarten ist.

Es ergibt sich hieraus, daß diese Angaben wenig sicher sind, und ihre vollständige Mittheilung, die ich in der ersten Ausgabe dieses Handbuchs für den Zeitraum von 1786 bis Anfang 1864 gab, nur im Allgemeinen den Einfluß erkennen läßt, den die Molenbauten vorübergehend oder dauernd auf die Ausbildung des See-Gatts geäußert haben, daß aber hiervon die Aenderungen der Tiefe ganz unabhängig sind, die in neuerer Zeit auch vielfach durch die Baggerungen veranlaßt sein mögen.

Nichts desto weniger dürfte es doch von Interesse sein, die wichtigsten Aenderungen in diesen Tiefen des See-Gatts, und zwar auf den Wasserstand von 7 Fufs 8 Zoll reducirt hier zu erwähnen. Dabei ist zu bemerken, daß die Angaben, welche sich auf die Zeit vor 1811 beziehen, aus einer Zusammenstellung entnommen sind, die von dem schon mehrfach benannten Wasserbau-Director Fr. Schulz herrührt.

Anfangs 1786 maß die Tiefe 13 bis 14 Fufs und nahm vom April ab so zu, daß sie am Schluß des Jahrs 17 Fufs war. Im Sommer 1787 vergrößerte sie sich auf 18 Fufs, verminderte sich aber im nächsten Jahr wieder, und erhielt sich von 1790 bis 1793 ziemlich unverändert auf 15 Fufs. Nunmehr wurde sie geringer, stellte sich bis 1795 durchschnittlich auf 10 Fufs und zeitweise sogar auf 8 Fufs. Bis Ende 1799 maß sie ohne wesentliche Aenderung 10 bis 11 Fufs, 1800 nur 8 Fufs. 1802 und 1803 war sie gleichfalls 10 bis 11 Fufs, im Frühjahr 1805 verminderte sie sich sogar bis auf 6 Fufs. Nunmehr stellte sie sich mit mäßigen Schwankungen eine lange Reihe von Jahren hindurch, nämlich bis 1816, durchschnittlich auf 10 Fufs. Alsdann nahm sie auf 13 Fufs zu, die bis Ende 1824 sich erhielten, während vorübergehend auch 14 und selbst 15 Fufs gemessen wurden. Hierauf nahm sie auf 11 Fufs und 1834 sogar auf 10 Fufs ab. 1836 war sie 12 Fufs, in den nächsten Jahren aber wieder nur 10 bis 11 Fufs. 1840 ver-

größerte sie sich auf 14 Fufs und später bis Anfang 1855 bei vielfachen Schwankungen durchschnittlich auf 15 Fufs. Ohne Zweifel wurde diese dauernde Vertiefung zum Theil durch den damals so kräftig betriebenen Bau der Norder-Mole veranlafst.

Im März 1855 vertiefte sich bei der ganz ungewöhnlichen Entwässerung der Nogat das See-Gatt bis auf 22 Fufs. Hiervon ist bereits die Rede gewesen. Diese Tiefe erhielt sich aber nicht lange. 1858 bis Mitte 1863 mafs sie durchschnittlich nur 21 Fufs, alsdann bis 1865 nur 19, und darauf bis 1871 nur 17 bis 18 Fufs. Von dieser Zeit ab pflegt ein kräftiger und in grofse Tiefe eingreifender Dampfbagger, so oft es erforderlich ist und die Witterung es irgend erlaubt, die Barre zu durchbrechen, und hierdurch erklärt es sich wohl, dafs die Tiefe von 20 Fufs nicht nur wieder gewonnen ist, sondern bis zum Jahr 1879 auch mit sehr geringen Schwankungen sich dauernd erhalten hat.

Gewifs wird die Veränderlichkeit des See-Gatts sich wesentlich mäfsigen, vielleicht sogar ganz aufhören, sobald die Süder-Mole die südlichen Ausströmungen, deren die Situations-Zeichnung von 1877 sogar zwei zeigt, vollständig schliesst. Es ist auch mit Sicherheit zu erwarten, dafs nach Beendigung dieser Bauten, und sobald die Rinne neben der Norder-Mole sich ausgebildet hat, das See-Gatt nicht nur die Tiefe von 20 Fufs dauernd behalten, sondern wohl sich noch günstiger gestalten wird. Dabei mufs indessen vorausgesetzt werden, dafs die sonstigen Verhältnisse ungeändert bleiben, und nicht etwa, wie vorgeschlagen, die Nogat vollständig gesperrt wird. In diesem Fall würde das Haff den bedeutendsten Zuflufs verlieren, und in den Sommermonaten, wenn die See nicht leicht grofse Wassermassen hineintreibt, würde die dauernde Ausströmung sich wesentlich schwächen und das See-Gatt bedroht werden.

Im Jahr 1879 war die Norder-Mole in ihrer ganzen Länge im Unterbau, also in den Pfahlwänden, der Steinschüttung und der provisorischen Beschwerung derselben durch darüber gemauerte grofse Bétonblöcke beendet, auch war der im Wasserspiegel 45 Fufs breite Kopf, auf den eine Leuchtbaake gestellt werden soll, durch eine gehörig verankerte Pfahlwand seeseitig geschlossen. Die hier gewählte Constructionsart wird gleichfalls

später beschrieben werden. Die Süder-Mole war dagegen in gleicher Art im Ganzen auf 200 Ruthen Länge ausgeführt, also bis zu dem Punkt, der in Fig. 145 A auf Taf. XXX mit der Jahreszahl 1879 bezeichnet ist. Mit der Uebermauerung beider Dämme war man auch so weit vorgegangen, als dieses mit Sicherheit geschehn konnte.

Zur Erhaltung der bedeutenden Tiefen im See-Gatt haben in den letzten Jahren ohne Zweifel die Baggerarbeiten mit beigetragen. Solche konnten freilich nur bei günstiger Witterung und ziemlich ruhiger See vorgenommen werden, doch zeigten sie sich insofern wirksam, als sie in den schmalen und hohen Sandrücken der Barre Rinnen eröffneten, die den Strom anzogen und durch denselben weiter ausgebildet wurden. So vertieften sie 1871 in kurzer Zeit das Gatt von 16 auf 19 Fufs. Gegenwärtig haben sie noch gröfsere Bedeutung gewonnen, seitdem der grofse Dampfbagger Namens Pillau erbaut ist, der durch die Dampfmaschine mittelst zweier Schrauben sich selbst fortbewegt, der also, wenn plötzlich ungünstige Witterung eintritt, ohne fremde Hülfe in den Hafen zurückkehrt, so dafs das Bugsirboot ausschliesslich zur Bergung der Prahme benutzt werden darf. Auch hebt er bis zur Tiefe von 22 Fufs den Grund aus.

Dabei mag erwähnt werden, dafs zum Hafenbau in Pillau nunmehr sogar acht, theils gröfsere und theils kleinere Dampfbagger gehören, die sowohl zur Vertiefung der neueren Hafenanlagen, und des Tiefs und See-Gatts, als auch in dem Fahrwasser nach Königsberg benutzt werden.

Als der Staat die Verwaltung des Hafens übernahm und die Eröffnung der Eisenbahn in Aussicht stand, wurde der Mangel an brauchbaren Anlegestellen und zwar neben solchen Ufern, wohin Zweigbahnen sich leicht führen liefsen, besonders lebhaft empfunden, und auf die Abstellung desselben Seitens der Kaufmannschaft vorzugsweise gedungen. Wie bereits erwähnt, hatte der bisherige Verkehr diesen Mangel nicht fühlbar gemacht, da nur die mit Salz befrachteten Schiffe ihre Ladungen in das Magazin neben dem Graben löschten (dasselbe ist auf Taf. XXVIII mit dem Buchstaben *M* bezeichnet), während sonst das Ueberladen in Lichterfahrzeuge erfolgte. Wegen des bequemeren Verkehrs legten die Schiffe wohl stets an das Ufer an, doch

geschah dieses oft in drei Reihen hinter einander. Dasselbe erfolgte vorzugsweise in der Strecke zwischen der Hafeneinfahrt und dem Graben, doch war im vordern Theil derselben seit 1855 der Wellenschlag zuweilen höchst unbequem und selbst gefährlich. Dazu kam noch, daß eben daselbst diejenigen Schiffe liegen mußten, welche Stückgüter einführten, und daher einer eingehenden Zollrevision unterlagen, so wie auch, daß der Bootshafen bei *S* immer zugänglich bleiben mußte. In dieser Weise stand sonach dem Verkehr nur die kurze Strecke zwischen diesem Bootshafen und dem Graben frei und gerade hier ist die Uferstraße noch nicht 2 Ruthen breit und wird außerdem durch die Schiffshalter beschränkt, woher eine Eisenbahn nicht darauf gelegt werden konnte. Ihre Verbreitung verbot sich aber dadurch, daß die daneben stehenden Häuser zu den bedeutendsten der ganzen Stadt gehörten.

Jenseit des Grabens befand sich die sogenannte *Hafenschanze*, Fig. 143 mit *T* bezeichnet, die sich an Erdwälle anschloß, die bis zur Schiffbaustelle *P* sich ausdehnten. Obwohl hier die Erbauung eines kleinen hölzernen Speichers einst gestattet war, so wurde dennoch das Anlegen von Schiffen nicht erlaubt, auch fehlte es hier an Verbindungswegen auf dem Ufer. Auf der östlichen Seite des Hafens oder auf dem Russischen Damm wurde aber das Ufer, wie bereits erwähnt, vollständig von der Hafenbau-Verwaltung benutzt.

Der Graben ist auf der nördlichen Seite für größere Schiffe noch zugänglich bis zu dem alten Schiffbau-Hafen, die südliche oder die Stadtseite wird aber vollständig von den Marktschiffen und den LichteFahrzeugen in Anspruch genommen, die, um daselbst Platz zu finden, nicht langseitig, sondern quer gegen das Ufer liegen.

Unter diesen Verhältnissen entstand nach Eröffnung der Eisenbahn im Herbst und Winter 1866 die äußerste Verlegenheit. Es blieb nur übrig, das ankommende Getreide und andre Güter auf Wagen von der Eisenbahn nach dem Hafen zu fahren und die Kosten dieses Zwischen-Transports betragen $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Silbergroschen für den Centner. Dazu kam noch, daß in dem Hafen der Raum so beschränkt war, daß die zu befrachtenden Schiffe in zwei Reihen hinter einander lagen, die Ladung also

über ein Schiff fort getragen werden mußte. Dadurch steigerten sich die Kosten noch mehr und die Gefahr lag nahe, daß der Verkehr über Pillau als gar zu theuer aufgegeben werden möchte. Die Ueberführung der Güter konnte oft auch nicht schnell genug erfolgen, oder die Schiffe, welche sie laden sollten, waren noch nicht eingelaufen, während weder auf dem Bahnhof, noch in der Stadt große Magazine vorhanden waren. Alsdann mußte das Getreide oder andre Rohproducte unter freiem Himmel aufgeschüttet und Schnee und Regen ausgesetzt werden, während andererseits die seeseitig einkommenden Güter in hohen Haufen übereinander geschichtet auf dem Platz neben der Hafensmündung und zum Theil selbst in den anstossenden Strafsen lagen.

Um diesem, schon früher vorgesehenen Uebelstande zu begegnen, war bereits vor der Eröffnung der Bahn der Bau einer Kaimauer vor dem Bahnhof auf Staatskosten begonnen, und 1867 auf 600 Fufs Länge beendet, während davor schon früher die für große Schiffe erforderliche Tiefe hergestellt war. Hier bildete sich also in dem benannten Jahr eine bequeme Anlegestelle in Verbindung mit der Eisenbahn. Diese Mauer begann neben der Hafenschanze und endigte an der Stelle, wo später ein Krahn aufgestellt wurde, der in der Situations-Zeichnung Fig. 146. A auf Taf. XXXI mit K bezeichnet ist. Die Direction der Südbahn hatte aber die Verpflichtung übernommen, diese Mauer in der Richtung nach Alt-Pillau um 500 Fufs weiter fortzusetzen.

Hierdurch war indessen das Bedürfnis keineswegs befriedigt. Bei Beginn des Winters liefen die großen Schraubendampfer gar zu zahlreich ein. Im Jahr 1868 geschah es sogar, daß an einem Tage zwanzig derselben ankamen, während ihre durchschnittliche Länge 200 Fufs maß. Sie sollten aber alle schleunigst gelöscht oder beladen werden, und zwar eben so schnell, als die Ladung vom Deck in den Raum oder umgekehrt geschafft werden konnte, und wenn dieses nicht geschah, so war dem Eigenthümer des Dampfboots für jeden Tag Verzögerung eine Entschädigung von mehren Hundert, bis 800 Thaler zugesichert. Hierdurch steigerten sich die Kosten wieder in hohem Grade und das Bedürfnis einer weitern Ausdehnung der Anlegestellen wurde um so dringender.

Die Erbauung von Ladedämmen, die weit vor das Ufer

vortreten und mit Geleisen versehen sind, verbot sich hier, weil es an der nöthigen Tiefe fehlte, und diese nicht schnell genug hergestellt werden konnte. Die Anlegestellen aber noch weiter in der Richtung nach Alt-Pillau auszudehnen, was freilich später geschehn ist, erregte Bedenken, insofern die Eisdecke weiter aufwärts immer stärker wird und die hier eingerichteten Plätze während des Frostes nicht zu benutzen sein würden.

Der Vorschlag, die Eisenbahn nach dem Russischen Damm hinüberzuführen und das hafenseitige Ufer desselben wieder dem öffentlichen Verkehr frei zu geben, erwies sich als unausführbar, da einerseits kein Platz sich vorfand, wo die große Anzahl der zum Hafenbau gehörigen Fahrzeuge stationirt werden konnte, andererseits aber auch die Fortification die Erlaubniß zur Ueberführung der Eisenbahn damals unbedingt verweigerte.

Dagegen wurde schon im Sommer des Jahrs 1867 im Handels-Ministerium darauf hingewiesen, wie die Hafenschanze *T* (Fig. 143) einen großen Theil des Ufers am Hafen und am Graben dem öffentlichen Verkehr entzog, in fortificatorischer Beziehung aber von geringem Werth zu sein scheine, da sie an Privatpersonen verpachtet werde. Der Vorschlag, dieselbe zu beseitigen, wurde bald darauf von der Königsberger Kaufmannschaft dringend unterstützt. Die betreffenden Verhandlungen mit den Militärbehörden schienen Anfangs ganz erfolglos, es wurde sogar nicht genehmigt, die Eisenbahn neben dem Fort nach der Holzweise oder auf das nördliche Ufer des Grabens zu führen. Anfangs 1869 kam jedoch ein Vertrag zu Stande, wonach die Hafenschanze gegen eine mäfsige Entschädigung, behufs Verstärkung anderer Werke, aufgegeben wurde. Sowohl die Königsberger Kaufmannschaft wie auch die Direction der Südbahn erklärten sich bereit, einen Theil der Kosten dieser Entschädigung zu tragen. Die Uebergabe des Terrains an die Hafen-Verwaltung verzögerte sich indessen noch vier Jahre. Die Erbauung der Kaimauern davor in Verbindung mit derjenigen an der nördlichen Seite des Grabens war inzwischen schon nachgegeben, und sonach wurde 1873, wie die Situation auf Taf. XXXI, Fig. 146 *A* zeigt, die Eisenbahn auf beiden Seiten des Forts bis zur Holzweise fortgeführt.

Hiernach waren allerdings Anlegestellen für Schiffe in Ver-

bindung mit Eisenbahnen geschaffen, doch entsprachen sie noch keineswegs dem gegenwärtigen Bedürfnis. In den zwanzig Jahren von 1853 bis 1873 hatte die Anzahl der einkommenden Schiffe sich ungefähr verdoppelt, das Gewicht der beförderten Güter sich aber verfünffacht, und dabei vertheilte sich der Schiffsverkehr nicht gleichmäfsig über das ganze Jahr. Im Sommer war derselbe überaus schwach, und hörte beinahe ganz auf, während er im Beginn des Winters zu diesem hohen Maafs sich ausdehnte. Die Kaufmannschaft machte aufserdem darauf aufmerksam, dafs im Jahr 1872 die Südbahn bis zu dem wichtigen Knotenpunkt der Russischen Bahnen Brest-Literosk geführt sei, und dadurch der Verkehr über Pillan bis Moskau und Odessa sich ausdehnen könnte. Eine wichtige Concurrrenz mit Pillau wurde indessen zu dieser Zeit durch den von der Russischen Regierung unternommenen Ausbau des Hafens Libau eröffnet. Derselbe ist freilich nicht in gleichem Maafs, wie Pillau, doch unter den Russischen Häfen an der Ostsee am längsten eisfrei, und er gewinnt einen wesentlichen Vorzug vor Pillau dadurch, dafs die Frachtsätze auf den zu ihm führenden Bahnen viel niedriger gestellt sind, als auf denjenigen, die sich an die Preussischen Bahnen anschliessen. Die Abnahme des Pillauer Verkehrs im Jahr 1878 gab dieses schon zu erkennen, doch darf nicht unerwähnt bleiben, dafs die Zugänglichkeit zum Hafen Libau keineswegs gesichert ist. Kein Strom, oder gröfserer Binnensee liegt neben ihm, das See-Gatt über die Barre kann daher nur durch Baggern offen erhalten werden. Wenn dieses aber auch im Sommer vollständig geschehn ist, und es verflacht sich bei den Herbststürmen, so ist der Hafen während des Winters gesperrt, da keine durchgehende Strömung dasselbe aufs Neue vertieft, und die Bagger nur bei günstiger Witterung in Thätigkeit gesetzt werden können.

Um bei Pillau in kurzer Zeit noch einige Ladestellen zu gewinnen, wurde, wie die Situations-Zeichnung nachweist, die Ufer-Einfassung vor dem Bahnhof noch weiterhin nach Alt-Pillau fortgesetzt, doch nicht durch eine Mauer, sondern nur durch ein Bohlwerk. Gleichzeitig wurde auch eine Rinne davor ausgehoben, damit gröfsere Schiffe daneben anlegen könnten.

Die Anlegestellen neben dem Hafen maassen nunmehr vor Eisenbahnen:

An der Kaimauer vom Graben bis zum Krahn 88 Ruthen;
 An den hieran sich anschließenden Steinböschungen vor
 Spundwänden, 37 Ruthen;

Und weiterhin bis gegen Alt-Pillau an Bohlwerken 212
 Ruthen.

Dazu kommt noch die 70 Ruthen lange Kaimauer an der
 Nordseite, des Grabens.

Es ist schon oben angedeutet, daß außer den so eben be-
 zeichneten Mängeln noch eine Anzahl anderer bestand, die bei
 dem zunehmenden Verkehr unbedingt beseitigt werden mußten.
 Der vorhandene Hafen, soweit er hinreichende Tiefe hatte und
 gewöhnlich eisfrei blieb, war zu klein und seine Mündung für
 die nunmehr einkommenden Schiffe zu enge. Ein abgeschlossener
 Petroleum-Hafen mußte eingerichtet werden, eben so auch ein
 bequemer Ballastplatz, ein abgesonderter Hafenaufbau-Hafen und ge-
 räumige Kohlenplätze neben dem Hafen. In letzter Beziehung
 mag erwähnt werden, daß zur Versorgung der vielen Dampf-
 schiffe und bei dem gänzlichen Mangel an Raum auf den Ufern,
 alte Schiffe als Kohlenmagazine benutzt wurden, denen aber keine
 festen Liegestellen angewiesen werden konnten, die vielmehr immer
 bemantelt bleiben, und so oft sie den Verkehr im Hafen behinderten,
 verholzt werden mußten.

Zur Befriedigung dieser verschiedenen Bedürfnisse war die
 Anlage eines zweiten, ganz neuen und zwar sehr aus-
 gedehnten Hafens nothwendig. Von den verschiedensten Seiten
 wurden in Bezug desselben Vorschläge gemacht und Projecte
 aufgestellt, die mit einer einzigen Ausnahme in den wesentlichsten
 Punkten unter einander und mit demjenigen Project überein-
 stimmten, dessen Ausführung genehmigt, und seit mehreren Jahren
 bereits begonnen ist. Die Situations-Zeichnung Fig. 146. A auf
 Taf. XXXI stellt dasselbe dar, und zwar in den als Ufer be-
 zeichneten Linien, so weit es Ende 1879 ausgeführt ist, während
 die ausgezogenen Linien den noch fehlenden Theil des genehmigten
 Projects darstellen. Nach der Gestaltung des Terrains liefs sich auch in der That keine andre Anordnung treffen, wenn
 man nicht gar zu kostbare Aenderungen einführen und den größten
 Theil des Russischen Damms abgraben und in ein tiefes Hafenaufbau-
 bassin verwandeln wollte.

Nach diesem Project soll auf der Südseite des Russischen Damms, also im Haff, ein ausgedehntes Bassin, in der Zeichnung Vorhafen genannt, umschlossen werden. In demselben ankern diejenigen Schiffe, welche nicht unmittelbar ihre Ladungen auf die Eisenbahn löschen, oder solche von dieser aufnehmen, also namentlich diejenigen, die LichteFahrzeuge gebrachten. Auch liegen hier Schiffe, die zum Abgange in See oder in das Haff bereit sind, und durch ungünstige Winde oder aus andern Gründen zurückgehalten werden. Wenn sie von hier nach Königsberg aufgehn, müssen sie freilich noch etwas weiter westwärts steuern als bisher, um nach der Renne zu gelangen, die Kaufmannschaft erklärte aber diesen Uebelstand für unerheblich.

Durch das weite Vortreten des Umschließungs-Damms erwartet man, besonders wenn das Ufer vor Pillau nach der punktirten Linie noch vorgeschoben sein wird, sowohl den eingehenden, wie den ausgehenden Strom passender aus dem Tief in die Renne oder umgekehrt zu leiten. Dieser Damm ist indessen dem vollen Andränge des Eises aus dem Elbinger Haff ausgesetzt, und eine Pfahlwand vor demselben würde wahrscheinlich in noch höherem Grade, als bisher das hohe Bohlwerk, der Zerstörung ausgesetzt sein. Es ist also Absicht, ihn auf der äußern Seite durch eine gehörig befestigte Steindossirung zu schützen, die bis über den gewöhnlichen Wasserstand hinaufreicht. Auf der Hafenseite wird der Damm durch eine steile Pfahlwand begrenzt, an welche die Schiffe unmittelbar anlegen können. Sollte aber der Verkehr es verlangen, so würde auch durch Ueberbrückung der Verbindung zwischen dem Petroleum- und dem Vorhafen die Eisenbahn auf diesem Damm sich fortsetzen lassen.

An den Vorhafen schließt sich der Petroleum-Hafen an, der nach dem ursprünglichen Project nur mit dem Vorhafen in Verbindung stehn, aber sonst keinen besondern Zugang haben sollte. Vor Kurzem ist indessen das Project in der Art geändert, wie die Zeichnung anzeigt. Dieser Hafen wird also eine besondere und zwar offene Mündung nach dem Tief erhalten, so daß die Petroleum-Schiffe mit den im Vorhafen liegenden gar nicht in Berührung kommen dürfen. Nichts desto weniger wurde eine Verbindung zwischen beiden Häfen doch für nothwendig erachtet, dieselbe wird indessen durch ein Floß geschlossen werden, welches

das Ausfliessen des brennenden Petroleums verhindert. Die Einfuhr des Petroleums hatte sich ausserordentlich ausgedehnt. Im Jahr 1875 liefen 71 Schiffe mit 110 500 Fässern ein. In den letzten Jahren haben freilich die ungünstigen Tarife auf den Russischen Bahnen eine bedeutende Verminderung veranlasst, nichts desto weniger bleibt noch immer die sichere Entfernung dieser Schiffe von den übrigen geboten. Zunächst wurde vorgeschlagen, einen solchen Hafen zwischen dem Hafen und Alt-Pillau, also an der Stelle, wo gegenwärtig das Kai mit der Eisenbahn hinter dem Bohlwerk liegt, einzurichten. Hierzu konnte indessen die Genehmigung nicht ertheilt werden, da besorgt wurde, ein ohnfrem belegen Pulvermagazin möchte dabei gefährdet werden. Eine provisorische Umschließung der Petroleum-Schiffe durch feuersichere und mit einander scharf verbundene Flöße, wie solche in Marseille benutzt werden, erschien nicht genügend, und es blieb nur übrig, den Petroleum-Hafen in den neuen Vorhafen zu legen. Fortificatorische Rücksichten verbieten freilich, daneben Gebäude, also Magazine zu errichten, doch sind diese nach der Aeußerung der Kaufmannschaft hier entbehrlich, da solche bei Königsberg bereits eingerichtet sind, und das in Pillau eingeführte Petroleum unmittelbar in Lichterfahrzeuge oder in Eisenbahnwagen verladen werden kann.

In dem Vorhafen ist ferner an den Russischen Damm anschliessend eine Fläche bereits angeschüttet, welche den Ballast-Platz bilden soll. Mit der Anschüttung des gebaggerten Bodens wird daneben noch fortgefahren, weil es Absicht ist, wie die Zeichnung ergibt, den Bauhof mit den zugehörigen Werkstädten, Werften, Hellinggen u. dgl. hieher zu verlegen, und zugleich den daneben befindlichen Theil des Vorhafens ausschliesslich als Liegeplatz für die zum Hafenbau gehörigen Fahrzeuge zu benutzen. Indem aber voraussichtlich Materialien und Maschinen auf der Eisenbahn den Werkstätten zugeführt werden, so soll später auch die Verbindung derselben mit dem Bauhof dargestellt werden.

Bei dieser Anordnung wird das östliche Ufer des alten Hafens frei und kann dem öffentlichen Verkehr übergeben werden. Dabei ist auch die Möglichkeit vorbehalten, die Eisenbahn an dasselbe heranzuführen. Auf diesem Ufer dürften zugleich die

Kohlenmagazine ihre Stelle finden, die man ursprünglich in den Vorhafen verlegen wollte, woselbst aber der dazu erforderliche Raum nicht gewonnen werden konnte.

Endlich ist noch die Erhaltung einer Untiefe, auf welche die mit starker Fahrt einkommenden Schiffe auflaufen können, oder einer *Moderbank* im Vorhafen in Aussicht genommen.

Die Verbindung dieses Hafens mit dem sehr großen Bassin hinter dem alten Hafen, das aber größtentheils wegen mangelnder Tiefe noch nicht benutzt werden kann, stellte sich gleich beim Beginn des Baues als nothwendig heraus. Der bei Vertiefung der Rinnen vor den Kais gewonnene Boden wurde zu den Anschüttungen neben dem neuen Hafen benutzt, und es mußte daher der alte Steindamm, der den Russischen Damm mit dem Ufer vor Camstigal verbindet, durchbrochen und ein Fahrwasser hier dargestellt werden, durch welches die beladnen Baggerprahme geführt werden konnten. Dasselbe ist, wie die Figur zeigt, durch eine Drehbrücke überspannt.

Um den Russischen Damm und den Petroleum-Hafen mit der Südbahn zu verbinden, soll in der durch scharfe Striche bezeichneten Linie die Bahn hinübergeführt werden. Zum Theil wird dieselbe den alten Steindamm verfolgen, doch mußte sie zum Theil darüber hinaus verlegt werden, um Krümmungen darzustellen, die noch mit Locomotiven befahren werden können. Ein Theil dieser Dammschüttungen ist bereits ausgeführt.

Die Schiffbau-Stelle, die schon seit einigen Jahren durch Anschüttungen vor dem Dorfe Wogram gebildet und benutzt ist, durfte durch die Eisenbahn nicht vom Hafen getrennt werden. Es sind einige Hellinge darauf eingerichtet, so wie auch eine Kielbank nebst Kielgraben. Eine vertiefte Rinne verbindet sie mit dem hintern Theil des Hafens und die Mittellinie derselben ist durch zwei Baaken auf der Baustelle bezeichnet.

Der theils aus Steinkisten und theils aus Senkstücken und Pfahlwänden gebildete Damm am Eingange des alten Hafens besteht zur Zeit (Ende 1879) noch, sobald der Vorhafen umschlossen sein wird, soll er aber beseitigt werden. Die Mündung des Vorhafens erhält nach dem bereits genehmigten Project die bedeutende Weite von 40 Ruthen und es ist wohl zu besorgen, daß bei heftigen Westwinden die von der See aus einlaufenden Wellen nicht nur

in diesem, sondern auch in dem alten Hafen solche Bewegung veranlassen werden, daß die daselbst liegenden Schiffe in Gefahr kommen. Hiernach wird ohne Zweifel das Bedürfnis sich bald herausstellen, auch den andern, bereits in Aussicht genommenen Theil des Project's zur Ausführung zu bringen. Dieser ist durch die punktirten Linien angedeutet, und bezieht sich darauf, das Ufer vor der Stadt Pillau etwa 30 Ruthen weit in das Tief hinauszuschieben. Der hierdurch zu gewinnende Raum ist gewiß um so werthvoller, als fortificatorische Rücksichten jede andre Erweiterung der Stadt verbieten, doch wird die neue Ufer-Einfassung, die nur eine Kaimauer sein kann, bedeutende Kosten veranlassen, da sie nicht nur dem heftigen Andrang des Eises widerstehn muß, sondern auch voraussichtlich große Tiefen davor sich bilden werden.

Achter Abschnitt.

Ausführung der Hafendämme.

§ 54.

Profile der Hafendämme.

Die Construction der Hafendämme hängt wesentlich von den Profilen derselben ab. Ueber diese sind bereits § 40 verschiedene Mittheilungen gemacht, doch sind dabei in Betreff der Ausführung noch mehrfache Ergänzungen erforderlich.

Hat der Hafendamm keinen andern Zweck, als die ausgehende Strömung zu begrenzen und zusammenzuhalten, so genügt es, wenn er nur den mittlern Wasserstand überragt, rührt die Strömung aber von der Spülung her, und tritt sie daher nur zur Zeit des niedrigen Wassers der Springfluthen ein, so ist selbst diese Höhe der Krone nicht erforderlich, und der Damm oder die Mole erhebt sich zuweilen in diesem Fall nur wenig über die daneben liegenden Watten oder Sandbänke. Beispiele dieser Art finden sich mehrfach an der Französischen Seite des Canals. Die Mündung des kleinen Hafens von Gravelines ist mit solchen niedrigen Dämmen eingefasst, und ein solcher setzt sich auch vor Boulogne in der Richtung des östlichen Hafendamms fort. Dabei tritt indessen die Gefahr ein, daß beim Einsegeln entweder die Marken, welche die Ausdehnung und Lage des Damms bezeichnen, in der Dunkelheit oder bei ungünstiger Witterung nicht deutlich erkannt werden, oder daß auch wohl die heftige Küstenströmung, die über den Damm fortgeht, die Schiffe darauf wirft. Endlich kommt noch hinzu, daß man von solchem niedrigen Damm aus den ein- und ausgehenden Schiffen keine Hülfe leisten kann, was häufig als wesentliches Erforderniß erachtet wird.

Will man dieses letztgenannte Bedürfniß berücksichtigen, so muß der Hafendamm sich über das höchste Wasser erheben, und auch gegen das Ueberschlagen der Wellen gesichert sein.

Zu diesem Zweck wird er, wenn er massiv ist, mit einer hinreichend hohen und starken Brustmauer versehen, die bei Englischen Häfen fast nie fehlt. Die Wassermasse der anlaufenden Welle, wenn sie wegen des flach aufsteigenden Grundes auch bereits zum Theil aus der kreisförmigen in die fortschreitende Bewegung übergegangen ist, nimmt vor der senkrecht ansteigenden Brustmauer, wenn nicht schon vor der steilen Fläche des Hafendamms, die verticale Richtung an, und erhebt sich, wie § 6 mitgetheilt wurde, bei heftigen Stürmen und bei freier Lage des Hafens bis 100 Fufs. Das Herabstürzen dieser Wassermassen macht freilich das Betreten des Damms, unerachtet der Brustmauer, zuweilen unmöglich. Letztere verhindert aber jedenfalls das Ueberlaufen der Wellen, gestattet also unter etwas günstigeren Verhältnissen den Zugang, der ohne die Brustmauer schon bei mäfsigem Wellenschlage gefährlich wäre.

In den Französischen Häfen am Canal hat man diese Aufgabe in andrer Art gelöst. Die massiven Dämme, welche den Spülstrom bis über das Watt hinausleiten, sind nämlich, obwohl zuweilen durch Steinpackung erhöht, im Allgemeinen nur niedrig gehalten, darüber erhebt sich aber eine hölzerne Ueberbrückung, auf der nicht nur die Mannschaft sich bewegt, welche die Schiffe einbringt, sondern an die auch die Packetböte anlegen, und woselbst die Reisenden, so wie auch leichte Güter aufgegeben und abgesetzt werden. Die Brücken sind mit Bohlen belegt, damit diese aber nicht von den darunter tretenden Wellen zerstört werden, müssen sie so hoch liegen, dafs die Scheitel der Wellen sie nicht erreichen. Unter allen Wirkungen, die der Wellenschlag ausübt, ist keine so überraschend und so mächtig, als der Stofs in der Richtung von unten nach oben gegen horizontale Flächen. Nicht nur Bohlen werden dadurch, wenn sie auch aufgenagelt sind, zerrissen und ausgehoben, sondern selbst Balken zerbrechen dabei. Solche Brücken pflegt man daher 10 Fufs über den höchsten bekannten Wasserstand zu legen, und dennoch wird an den Stellen, wo die Wellen ungeschwächt eintreten, der Belag nicht aus Bohlen, sondern aus hochkantigen und in den untern Flächen zugeschärften Latten dargestellt, die sich nicht berühren, sondern 2 bis 3 Zoll weite Zwischenräume zwischen sich offen lassen. Namentlich geschieht dieses, wenn verschiedene

Böden unter einander liegen, die durch Treppen in Verbindung stehn, und zum Ein- und Aussteigen der Reisenden bei niedrigeren Wasserständen dienen.

Dafs der Hafendamm auf der innern Seite steil ansteigt, damit die Schiffe unmittelbar daneben anlegen können, ist als eine nothwendige Bedingung anzusehn, obwohl in unsern Häfen diese Forderung früher unbeachtet blieb. Lassen die Molen zwischen sich einen weiten Raum frei, und liegt das tiefste Fahrwasser ungefähr in der Mitte, wie dieses vor Pillau der Fall war, wo die Schiffe wegen der davor liegenden Sandbänke sich den Hafendämmen doch nicht nähern dürfen, so ist es in dieser Beziehung ziemlich gleichgültig, ob die Molen auf der innern Seite steil ansteigen, oder mit flacher Böschung versehen sind. Wenn die Dämme aber unmittelbar neben dem Fahrwasser liegen, wie in Swinemünde, in den Hinter-Pommerschen Häfen und in Danzig, so sind flache Böschungen nicht angemessen. Man hilft sich alsdann damit, dafs man an den Fufs der Steinböschungen sogenannte Gordungswände stellt. Eine solche besteht aus einer Reihe starker Pfähle, die eine leichte Laufbrücke tragen. Die Reparaturen derselben wiederholen sich aber sehr häufig, indem die Schiffe beim Einlaufen, namentlich bei starkem Wellenschlag und wenn das Fahrwasser enge ist, dagegen stossen. Besonders in den Hinter-Pommerschen Häfen, die unmittelbar an der offenen See liegen, wiederholten sich fast jährlich diese Beschädigungen, und es kam sogar vor, dafs hohe Wellen die Schiffe zwischen die Gordungswand und die Mole warfen.

Die flachen Böschungen, die gewöhnlich mit dreifacher, und nicht selten sogar mit noch stärkerer Anlage sanft ansteigen, waren in der frühesten Zeit unbekannt. Sie lassen sich nur durch Steinschüttung darstellen, und gewifs würden sie ohne die mechanischen Hilfsmittel, die man heutiges Tags beim Transport der Felsmassen benutzen kann, übermäfsig kostbar geworden sein. Man sucht indessen in ältern Schriften vergeblich nach einer Aeufserung, welche solche flache Böschung als zweckmäfsig oder als besonders widerstandsfähig bezeichnet. Belidor, der die steil ansteigenden Hafenmauern und hölzernen Hafendämme beschreibt, erwähnt zwar auch der Faschinendämme bei Dünkirchen, doch erheben sich diese auf der Hafenseite ganz steil, und auf

der Seeseite haben sie im untern Theil, wo sie am flachsten gehalten sind, nur ein und einhalbfache Anlage.

Die Dämme, welche im sechszehnten Jahrhundert zum Abschluss des Hafens von Dover ausgeführt wurden, bestanden aus zwei Pfahlreihen, wozwischen man Steine schüttete. Bei Ramsgate wurden im Jahr 1749 die massiven und senkrechten Hafenmauern in Senkkasten ausgeführt. Als der Bau des Wellenbrechers bei Cherbourg begann, sprach sich de Cessart unbedingt gegen den Vorschlag aus, eine Steinschüttung dabei zu versuchen. Er meinte, der Angriff der See sei gegen eine solche zu heftig, man könne den Wellenschlag nur brechen, wenn eine Reihe von Körpern aufgestellt würde, die sich steil aus der Tiefe erheben. Andererseits war für diesen Bau auch das Versenken von Schiffen vorgeschlagen. Dieses Verfahren hatte schon vielfach Anwendung gefunden, da es große Bequemlichkeit bietet und verhältnißmäßig wenig kostbar ist. Die Mündung des Hafens von Cuxhaven ist auf der westlichen Seite in solcher Weise gesichert, und der Kopf führt noch heutigen Tags den Namen des darunter liegenden Schiffs: die alte Liebe. Auch in der Geschichte der verschiedenen Tiefe zwischen dem Frischen Haff und der Ostsee, so wie bei Gelegenheit des ersten Vorschlags zum Molenbau bei Pillau ist vom Versenken von Schiffen mehrfach die Rede. In späterer Zeit war dagegen in Pillau wie in allen Häfen längs der Preussischen Küste der Bau mit Steinkisten üblich geworden. Die nähere Beschreibung derselben wird im Folgenden gegeben werden, hier wäre nur zu bemerken, daß sie allerdings keinen ganz geregelten Bau darstellen, auch leicht in der Oberfläche beschädigt werden, und alsdann der Instandsetzung bedürfen. Es fehlt selbst nicht an Beispielen, wie in Colbergermünde geschah, daß sie ganz durchbrochen wurden. Nichts desto weniger haben sie sich im Allgemeinen auffallend besser gehalten, als die später bei uns eingeführten flachen Steinschüttungen über Senkstücken, und dabei waren sie sowohl in der ersten Anlage, wie in der Unterhaltung weniger kostbar, als diese.

Schon bei Beschreibung des Wellenbrechers vor der Cherbourger Bucht wurde darauf hingewiesen, daß dieser Bau wiederholentlich einen vollständigen Umschwung in den Grundsätzen des Hafenbaues veranlaßte. Die Kegel, welche zunächst all-

gemeines Aufsehn erregt hatten, wurden sehr bald zerstört, und um ihre Reste zu sichern, und zu verhindern, daß dieselben sich nicht in eine Reihe gefährlicher Klippen verwandeln möchten, blieb nur übrig, darüber und dazwischen Steine zu schütten. Beim Auflaufen der Wellen nahm diese Steinschüttung zwar eine andre Form an, doch ergaben die wiederholten Messungen, daß ihr Profil an allen Stellen sich ziemlich gleichmäÙig gestaltete, auch im Lauf der Zeit nicht wesentlich sich veränderte. Hiernach glaubte man die Entdeckung gemacht zu haben, in welcher Weise ein Damm gegen Zerstörungen durch Wellenschlag gesichert werden könne.

Als man daher in der Bucht von Plymouth einen Wellenbrecher erbauen wollte, wurden die bisher bei Cherbourg gemachten Erfahrungen dem Project zum Grunde gelegt. Der Bau begann 1812.

Bald darauf kamen die Molen vor Swinemünde zur Ausführung, und wenig später auch die südliche vor Pillau. Es kann nicht auffallen, daß man den Ansichten der Englischen Ingenieure, die einen so großartigen Bau unternahmen, auch bei uns sich anschloß. Der Kostenpunkt machte indessen einige Aenderungen dringend nothwendig. Eines Theils wurde die Böschung etwas steiler gehalten, andern Theils auch die Steinmasse dadurch vermindert, daß man den Kern des Werks aus Faschinen bestehn lieÙ. In der letzten Beziehung schloß man sich dem Vorschlage an, den schon am Ende des vorigen Jahrhunderts der Russische Ingenieur-Major Creutz gemacht hatte*), indem er, auf die Erfahrungen in Holland gestützt, die Anwendung der Senkstücke auch bei Seebauten empfahl.

Die Versuche, auf dem Cherbourger Damm Batterien und ähnliche Bauten aufzuführen, mißglückten indessen jedesmal, und Fouques-Duparc machte schon 1829 darauf aufmerksam, daß der ganze Damm, obwohl seine Form dieselbe blieb, in steter Bewegung sei und langsam von den Wellen zurückgedrängt werde. Die Erscheinung ist genau dieselbe, wie die der wandernden

*) Vergleichung der verschiedenen Bauarten der Hafendämme u. s. w. von J. F. Creutz, übersetzt aus dem Französischen und mit Anmerkungen begleitet vom Geh. Oberbaurath D. Gilly. Berlin 1796.

Dünen. Die Steine der seeseitigen Böschung werden einzeln über die Krone fort geschleudert und fallen auf der Binnenseite nieder. Dieselbe Erfahrung machte man auch bei Plymouth. Hier versuchte man den Beschädigungen dadurch zu begegnen, dafs man den ganzen Damm, soweit er bei den niedrigsten Ebben trocken wird, mit schweren Quadern abpflasterte, und in dieser Weise die auflaufende Welle verhinderte, auf irgend einen Stein einen starken Angriff auszuüben. Ob dadurch wirklich dem Ausheben einzelner Blöcke Einhalt geschehn, ist nach den verschiedenen Aussagen von Sachverständigen, die im Auftrage des Parlaments darüber vernommen wurden, mehr als zweifelhaft. Jedenfalls steht es aber fest, dafs der Bau hierdurch keineswegs gesichert worden ist. Auf den Theil der Böschung, der wegen seiner niedrigen Lage nicht abgepflastert werden konnte, übten nämlich nach wie vor die Wellen ihren zerstörenden Einflufs aus, und sobald in solcher Weise das Pflaster seine Unterstützung verlor, lösten sich aus demselben die einzelnen Quadern und folgten den andern Steinen. Um wenigstens grosse Blöcke nicht in die innere Bucht fallen zu lassen, hat man eine starke Kette der Länge nach über die Krone gezogen, welche die Steine hier zurückhält. Nach jedem Sturm liegen diese in grosser Anzahl vor der Kette, und werden alsdann, soviel es geschehn kann, wieder an ihre frühere Stelle gebracht.

Die bereits § 40 mitgetheilte Auslassung der Englischen Admiralität über die Hafendämme in Irland schliesst sich den bei Plymouth und Cherbourg gemachten Erfahrungen vollständig an. In Cette sah ich, dafs an beiden Enden des Wellenbrechers ausgedehnte Steinriffe sich gebildet hatten, die weit in die geschützte Bucht vortraten. Dieselben bestanden aber aus den Steinen, die früher zur Darstellung der flachen Böschung benutzt waren. Auch in unsern Ostsee-Häfen wiederholt sich dieselbe Erscheinung. Geschiebe von 40 Cubikfufs und selbst Béton-Blöcke von einer halben Schachtruthe Inhalt wurden sowohl über die Dammkronen geworfen, als auch bei andrer Richtung des Windes zur Seite der Dämme fortgeschoben.

Diese grossen Uebelstände, so wie die Unmöglichkeit, flache Steinböschungen gegen den Wellenschlag zu sichern, wurden beim Ausbau des Cherbourger Wellenbrechers als solche anerkannt, und

hier kam zuerst die Ansicht zur Geltung, daß nur senkrechte, oder nahe senkrechte Mauern die nöthige Widerstandsfähigkeit besitzen. Diese Auffassung hat gegenwärtig in Frankreich, wie in England allgemein Eingang gefunden, man hat sich wenigstens davon überzeugt, daß nur solche Mauern das Forttreiben der Steine aus den anschließenden Schüttungen verhindern können. In Cherbourg, wie in Cette sind senkrechte Mauern auf die Steinschüttungen der alten Wellenbrecher gestellt, und wenn diese Schüttungen durch Senkung auch noch zu manchen Beschädigungen der Mauern Veranlassung geben, so haben die Mauern doch dem Stofs der Wellen widerstanden. Bei der großartigen Hafenanlage vor Marseille sind solche Mauern sogleich zur Ausführung gekommen. Eben dasselbe ist in England geschehn, wo die riesenmäßigen Bauten bei Dover, Holyhead und Portland auf dem Princip der steilen Hafenmauern beruhn, und bisher keine Erscheinung gezeigt haben, welche gegen dasselbe Zweifel erwecken könnte. Dabei mag auch an die Erfahrung erinnert werden, daß auf der Nordseite des Pillauer Tiefs das einfache Bohlwerk niemals in ähnlicher Weise zerstört worden ist, wie die daneben befindlichen Steinböschungen, die vielfach bei heftigen Stürmen zusammenstürzten.

Die Erklärung dieser Erscheinungen liegt sehr nahe, und begründet sich in der oben (§ 2) entwickelten Wellentheorie. Die Geschwindigkeit, mit der in der frei schwingenden Welle das im obern Scheitel derselben befindliche Wassertheilchen sich bewegt, würde der Geschwindigkeit der Welle gleich sein, wenn diese sich vollständig entwickelt hätte, oder ihr Längenprofil die gewöhnliche Cycloide mit den scharf zugespitzten Scheiteln darstellte. In diesem Fall würde die ganze Höhe der Welle, vom untern bis zum obern Scheitel gemessen, sich zur Länge der Welle oder dem Abstände zweier obern Scheitel, wie der Durchmesser zum Umfange des Kreises verhalten. Aber selbst alsdann hätte nur dasjenige Theilchen, welches die Oberfläche bildet, diese Geschwindigkeit, während die darunter befindlichen sich langsamer bewegten.

Die Welle bildet sich indessen in der Wirklichkeit niemals so vollständig aus, und ihr Längenprofil bleibt immer eine gestreckte Cycloide. Nach der Messung von Scoresby war bei

einem sehr heftigen Sturm im Atlantischen Ocean die Höhe der Welle nur dem zwanzigsten Theil ihrer Länge gleich. Nach andern Messungen stellte sich das Verhältniß etwas größer heraus, so daß die Höhe durchschnittlich dem zwölften Theil der Länge gleich kam. Nennt man dieses Verhältniß n , so daß unter Beibehaltung der in § 2 gewählten Bezeichnung

$$n = \frac{\lambda}{2\rho}$$

so ist

$$\frac{\rho}{r} = \frac{\pi}{n}$$

und wenn v die Geschwindigkeit des Wassertheilchens in der Oberfläche des Scheitels und c die der Welle bedeutet, so folgt

$$v = \frac{\pi}{n} c$$

Es ergibt sich hieraus, daß v immer nur ein kleiner Theil von c ist.

Setze ich

$$\begin{aligned} n = 20 & \text{ so ist } v = 0,157 \cdot c \\ & = 18 \quad \quad \quad = 0,174 \cdot c \\ & = 15 \quad \quad \quad = 0,209 \cdot c \\ & = 12 \quad \quad \quad = 0,261 \cdot c \end{aligned}$$

Innerhalb dieser Grenzen, welche wahrscheinlich die äußersten vorkommenden Fälle umfassen, ist also die Geschwindigkeit des Wassertheilchens nur ein Sechstel bis ein Viertel von der der Welle.

Mache ich ferner die Voraussetzung, daß bei den stärksten Stürmen in der Ost- und Nordsee die ganze Höhe der freischwingenden Wellen 12 Fufs beträgt, oder $\rho = 6$ ist, so ergeben sich für die vorstehenden Werthe von n die folgenden Geschwindigkeiten:

$$\begin{array}{lll} n = 20 & c = 34,56 \text{ Fufs} & v = 5,43 \text{ Fufs} \\ & = 18 \quad \quad = 32,78 \text{ -} & = 5,72 \text{ -} \\ & = 15 \quad \quad = 29,93 \text{ -} & = 6,27 \text{ -} \\ & = 12 \quad \quad = 26,77 \text{ -} & = 7,01 \text{ -} \end{array}$$

Indem die Welle mit der Geschwindigkeit des Eilzugs auf einer Eisenbahn fortschreitet, so bewegt sich das Wassertheilchen in der Oberfläche nur mit der Geschwindigkeit eines Fußgängers, und

in der gröfseren Tiefe ist sie noch geringer. Diese sehr mäfsige Geschwindigkeit v ist es nun, welche den Stofs gegen einen steilen Hafendamm bedingt.

Wenn dagegen die Welle eine flache Böschung ansteigt, und die regelmäfsigen kreisförmigen Schwingungen aufhören, so nimmt die ganze Wassermasse die Geschwindigkeit der Welle oder den Werth von c an, und wenn dieser wegen der Reibung sich auch etwas vermindert, so bleibt er dennoch immer viel gröfser, als derjenige von v . Ein Stein, der auf der flachen Böschung liegt, wird sonach viel heftiger gestofsen, als wenn er in einer steilen Mauer von der regelmäfsig schwingenden Welle getroffen wird.

Hierzu kommt noch ein anderer eben so wichtiger Umstand. Der Stein, der in der Oberfläche der flachen Böschung liegt, ist, wenn er nicht etwa sorgfältig versetzt wurde (was unter Wasser doch nicht geschehn kann), ganz frei. Er wird durch keinen andern Stein überdeckt, und die Stützung, die er von demjenigen erfährt, an welchen er sich lehnt, ist keineswegs vollständig. Er kann daher dem Stofs keinen kräftigen Widerstand entgegensetzen, und wird von der Welle leicht gefafst und fortgeschleudert. Ganz anders verhält es sich mit einem Stein in der steilen Hafendammwand. Auf diesem liegen andre, die ihn drücken und dadurch seine Bewegung verhindern. In der obern Schicht findet dieses freilich nicht mehr statt, aber diese mufs in solcher Höhe sich befinden, dafs der Stofs der Wellen sich daselbst schon sehr mäfsigt, oder ganz aufhört. Sind die Steine, wie doch immer geschieht, in vollen Fugen und in gehörigem Verbande vermauert, so sind sie um so mehr gesichert, und Beschädigungen pflegen alsdann gar nicht, oder doch nur in geringem Maafs vorzukommen.

Wenn man verschiedene Böschungen mit einander vergleicht, so ist es klar, dafs die steilere dem Stofse der Wellen einen gröfseren Widerstand entgegensetzt, als die flachere, weil bei ihr die Steine sich vollständiger überdecken, also mehr gesichert sind. Bei der an den Ostsee-Häfen üblichen Constructionsart der Molen pflegte man die so eben im Grundbau fertig gestellte Strecke in ihrer Krone sehr stark zu belasten, indem man die Steine, die später zur regelmäfsigen Verpackung und zur Abpflasterung, aufserdem aber auch zur Ueberdeckung der Dossirungen bestimmt waren, daselbst aufbrachte und daraus einen Damm bildete, der

zu beiden Seiten, wenn auch höchst unregelmäßig, doch ziemlich steil anstieg. Diese rohe Steinpackung hat selbst bei Stürmen sich gut erhalten. Sie sollte den Unterbau möglichst comprimiren und mußte deshalb wenigstens einen Winter hindurch auf demselben liegen bleiben, sie war also einem starken Wellenschlag ausgesetzt. Bei dem Molenbau in Pillau habe ich nie bemerkt, daß diese Steine, von der Sackung abgesehn, in Bewegung gekommen, oder einzelne daraus fortgespült wären. In Swinemünde hat man dieselbe Erfahrung gemacht, und da die Köpfe der Molen in den Hinter-Pommerschen Häfen wiederholentlich zerstört wurden, schlug ich vor, dieselben nicht wieder abzupflastern, sondern nur rohe und steile Stein-Packungen darauf anzubringen. Mehrere Jahre hindurch erhielten sich diese auf allen Köpfen unbeschädigt, nur beim Sturm im December 1863, als die Wellen sich zu einer größern Höhe erhoben, und dadurch die in der obern Lage befindlichen Steine dem starken Stofs ausgesetzt wurden, konnten sie demselben nicht widerstehn und trieben in gleicher Art fort, als wenn sie auf einer flachen Böschung gelegen hätten.

Diese Erfahrungen haben einen vollständigen Umschwung der Ansichten über die Anordnung der Hafendämme und Molen veranlaßt. Der oben beschriebene Pier vor Dover ist aus der Tiefe von 40 Fufs unter dem niedrigsten Wasser mittelst der Taucherglocke steil aufgemauert. Dasselbe ist auch sonst in den vereinigten Königreichen und namentlich auch in dem Fall geschehn, wo Steinschüttungen als Grundlage angewendet wurden, die aber an den Köpfen der Dämme durch Mauern ersetzt werden mußten. Die Hafendämme vor Triest und vor der Mündung des neuen nach Amsterdam führenden Canals in die Nordsee sind gleichfalls mit nahe senkrechten Bétonwänden eingefast, die nahe bis zum Grunde herabreichen. Bei großen Tiefen, und wo festes Steinmaterial in der Nähe vorkommt, wendet man noch Steinschüttungen bis zur Höhe des niedrigsten Wassers an, sobald aber die Schüttung sich soweit erhebt, daß sie im Niedrigwasser der Springfluthen trocken wird, so stellt man eine nahe senkrechte Mauer darauf. Zur Zeit des Hochwassers, also bei dem heftigsten Wellenschlag, liegt die Schüttung so tief unter Wasser, daß sie nur mäßige Angriffe erfährt, aber auch bei niedrigem

Wasser wird das Forttreiben der losen Steine grolsentheils durch die Mauer verhindert, vor der sie liegen bleiben, und von wo sie wieder hinabrollen, sobald ihre Ablagerung zu steil wird. Man bedeckt sie auch wohl durch grofse Bétonblöcke von 300 bis zu 2000 Cubikfuß Inhalt. In der einen und der andern Art ist bei Marseille, Holyhead, Portland und bei andern Häfen in neuerer Zeit verfahren. Wo ältere flache Steinböschungen noch vorhanden sind, wie bei Cherbourg und Cette, hat man gleichfalls in der Höhe des niedrigsten Wassers Mauern darauf gestellt und daneben Béton-Blöcke verlegt, um den obern Theil der Böschung zu decken, während der untere dem Angriff weniger ausgesetzt ist, und sich selbst überlassen bleibt. Sollte sich hier aber einst beim dauernden Forttreiben der Steine eine steile Böschung darstellen, die bei geringen Dimensionen des verwendeten Materials Bersorgnifs erregen könnte, so würden darüber gleichfalls Béton-Blöcke zu versenken sein.

Zwischen Holzwänden läfst sich leicht und mit geringen Kosten ein steiler Hafendamm darstellen. Bis zur Höhe des mittleren Wasserstandes und noch darüber ist in der Ostsee das Kiefernholz als unvergänglich anzusehn. Selbst in England, wo doch der Wasserwechsel wegen der Fluth und Ebbe die Anwendung des Holzes sehr bedenklich macht, betrachtet man die Umschließung der Steinschüttung mit Holzwänden als eine sichere und zugleich als die wohlfeilste Construction der Hafendämme. Der Ingenieur Coode, der den Hafen bei Portland ausführte, hat in dem kleinen Hafen Bridport, wo die sehr geringen Geldmittel die möglichste Sparsamkeit geboten, einen solchen Damm empfohlen und erbaut. Das dabei verwendete Holz war mit Creosot getränkt.

Die mitgetheilten Erfahrungen haben indessen noch keineswegs zu einem übereinstimmenden Urtheil über die zweckmäfsigste Profilirung der Hafendämme geführt. Es dürfte passend sein, die Ansichten einiger bedeutender Englischer Ingenieure, so wie auch manche Thatsachen mitzutheilen, die sich hierauf beziehn.

Thomas Stevenson kommt in der neueren Ausgabe seines Werks über den Hafenbau wiederholentlich auf die dem Wellenschlage ausgesetzten Hafendämme zurück. Das für den Admi-

ralitäts-Pier in Dover gewählte Profil erkennt er nirgend als passend an, auch muß erwähnt werden, daß dieser Bau nur selten Nachahmung gefunden hat, daß vielmehr bei neuern Anlagen in England die steilen Mauern nur bis zum niedrigsten Wasser herabreichen und hier auf Steinschüttungen ruhn, daß diese Schüttungen aber auf der Seeseite zum Theil flach geböscht sind und daher eine sehr breite Basis haben. Stevenson meint, die senkrechte oder nahe senkrechte Mauer sei sowohl im Fuße, wie in der Krone großen Gefahren ausgesetzt, im Fuße drohe ihr die Unterspülung und in der Krone der Stoß der Wellen und des aufschlagenden Wassers.

Was die Unterspülung betrifft, so geht Stevenson von der Ansicht aus, daß der Wellenschlag bei der plötzlichen Unterbrechung der schwingenden Bewegung des Wassers den Grund angreift und vertieft, wenn derselbe nicht aus festem Felsboden besteht. Eine Thatsache, welche dieses bewiese, sucht man vergebens in seinen Mittheilungen. Es scheint, daß die fortschreitende Welle mit der schwingenden, oder vielleicht die Wirkung der Strömung mit der des Wellenschlags verwechselt ist. Treffen die Wellen bei großer Wassertiefe normal eine steile Mauer, so ist nicht denkbar, daß der Druck gegen den Boden das Forttreiben des Sandes oder Kieses veranlassen sollte. Anders verhält es sich freilich bei einer schrägen Richtung der Wellenbewegung, wobei die zurückgeworfenen Wellen möglicher Weise die einzelnen Körnchen seitwärts führen, ähnlich wie es die auf den Strand auflaufenden Wellen thun. Nimmt man indessen darauf Rücksicht, daß die Wellenbewegung unmittelbar über dem Boden überaus geringe und jedenfalls auch hier abwechselnd hin und her gerichtet ist, so muß man bezweifeln, daß eine Vertiefung überhaupt erfolgen kann. Manche Erfahrungen, die bereits § 6 mitgetheilt sind, bestätigen dieses, und es mag hinzugefügt werden, daß unmittelbar vor dem aus der Tiefe von 18 Fuß steil ansteigenden neuen Kopf der Swinemünder Ost-Mole ohnerachtet der Küstenströmung keineswegs eine Rinne sich gebildet hat, vielmehr nach der im Herbst 1879 ausgeführten Messung in der Richtung der Achse der Mole die Tiefen auf der hier befindlichen höheren Sandablagerung in Abständen von je 16 Fuß (5 Meter) folgendermaßen gefunden wurden:

1 . . .	18' 2"	11 . . .	21' 8"
2 . . .	18' 2"	12 . . .	22' 0"
3 . . .	18' 10"	13 . . .	22' 7"
4 . . .	19' 1"	14 . . .	23' 7"
5 . . .	19' 9"	15 . . .	24' 3"
6 . . .	20' 1"	16 . . .	25' 2"
7 . . .	20' 1"	17 . . .	26' 5"
8 . . .	20' 9"	18 . . .	26' 9"
9 . . .	21' 0"	19 . . .	27' 9"
10 . . .	21' 4"	20 . . .	28' 0"

Die letzte Tiefe ist im Abstand von $26\frac{1}{2}$ Ruthe vom Molenkopfe gemessen.

Wenn dagegen heftige Küstenströmungen stattfinden, oder der ausmündende Strom sich scharf um den Kopf wendet, wie etwa während der Ausführung der Hafendämme oft geschieht, so treten allerdings davor Vertiefungen ein, oder es bilden sich tiefere Rinnen und die Anwendung von Sicherungs-Maafsregeln ist alsdann nothwendig.

Demnächst findet Stevenson noch eine andre Veranlassung zur Unterspülung, nämlich die Grundwellen oder Rölller (§ 1). Es ist schon früher erwähnt worden, dafs nicht nur die Natur derselben, sondern auch überhaupt ihr Vorkommen höchst zweifelhaft ist. Es sollen isolirte fortschreitende Wellen sein, in denen die ganze Wassermasse gleichmäfsig fortgestofsen wird, wie dieses vor flachen Ufern und in kleinen Wasserläufen in Folge äufserer Einwirkungen geschieht. Erscheinungen dieser Art können im offenen Meer aber doch nur durch terrestrische Bewegungen verursacht werden. Jedenfalls würden die in solcher Weise entstandenen Grundwellen zu den allerseltensten Erscheinungen gehören, und es ist viel einfacher, die besonders hohen Wellen, die man bei heftigem Seegang vielfach bemerkt, und die sich auch durch höheres Aufspritzen an den Hafendämmen zu erkennen geben, durch das zufällige Zusammentreffen zweier verschiedenen Wellensysteme zu erklären. Dafür spricht auch der Umstand, dafs solche sehr hohe Wellen nicht einzeln auftreten, sondern zwei oder drei derselben unmittelbar einander folgen, bis die abweichenden Perioden der Wellensysteme ein ferneres Zusammentreffen nicht mehr gestatten.

Stevenson ist nun der Ansicht, daß diese Roller einen übermäßigen Stofs gegen einen senkrechten Damm ausüben und zugleich eben so heftig auch den Grund davor angreifen. Er meint, dieser Gefahr lasse sich nur dadurch begegnen, daß man die horizontale Bewegung in einer gekrümmten Bahn in die verticale übergehn läßt. Der Fuß des Damms soll also in eine Fläche auslaufen, welche in die Ebene des umgebenden Grundes übergeht, also nahe horizontal ist. Von dieser aus soll aber die äußere Böschung bei zunehmender Höhe immer steiler werden, bis sie endlich vertical ansteigt. Ein solches Profil hat man indessen, soviel bekannt, noch niemals einem Hafendamm gegeben, und namentlich bei den neueren Ausführungen in England fällt die Steinschüttung so steil gegen den Meeresboden ab, wie dieses überhaupt möglich ist, während dem obern Theil derselben eine sehr flache Neigung gegeben wird.

Was die Gefahren betrifft, denen die Krone einer nahe lothrechten Mauer ausgesetzt ist, so beziehn sich diese theils darauf, daß jede Mauerschicht um so leichter beschädigt und zerstört werden kann, je geringer die darauf ruhende Masse ist. Indem nun die oberste Schicht ganz frei liegt, so wird sie durch den Stofs der anlaufenden Wellen am leichtesten getrennt und abgehoben. Besonders heftig sind diese Stöße aber, wenn etwa, wie oft geschieht, ein Gesimse, oder auch nur ein einfaches vorspringendes Glied vor die Mauerfläche hinaustritt. Unbedingt übt gegen ein solches die aufsteigende Wassermasse einen sehr heftigen Stofs aus, und Stevenson hat bemerkt, daß in solchem Fall jede Welle die Mauer fühlbar erschüttert, wodurch ihre Verbindung gelockert wird.

Dazu kommt noch, daß Steine, die nicht besonders fest sind, mit der Zeit in der Höhe des Wasserspiegels angegriffen werden und ausbröckeln, so daß nach und nach tiefere Rinnen sich da selbst bilden. Diese wirken in gleicher Weise wie jene vortretenden Glieder und vertiefen sich dabei immer mehr. Namentlich sind aber ihre obern Ränder dem stärksten Angriff ausgesetzt, woher sie sich stets weiter aufwärts ausdehnen.

Sodann sind die Kronen der lothrechten Hafendämme noch einem andern starken Angriff ausgesetzt, nämlich dem Stofs der auf sie herabfallenden Wassermassen. Schon § 6 wurde das

hohe Aufspritzen des Wassers vor steilen Ufern oder Mauern erwähnt. Selbst in der Ostsee geschieht dieses wenigstens bis zur Höhe von 60 Fufs, nach manchen an der Englischen Küste gemachten Erfahrungen bis 100 Fufs. Wenn es indessen auch keine compacte Wassermassen sind, die sich so hoch erheben, so bestehn dieselben doch auch keineswegs nur aus feinen Tropfen oder aus Schaum, sie sind vielmehr so gewichtig, dafs sie beim Herabfallen aus solchen Höhen das Betreten des Damms unmöglich machen, und sogar die Oberfläche desselben angreifen. Die abgeplasterte Krone der Swinemünder Ost-Mole hatte man bei Ausführung der Brustmauer mit einer dünnen Lage Béton überzogen, um die Oberfläche etwas auszuebnen. Diese Decke wurde aber sehr bald von den herabstürzenden Wassermassen zerschlagen und fortgespült. Aehnliche Erfahrungen theilt auch Stevenson mit, und erwähnt dabei, dafs diese Massen in einem Fall so grofs waren und so heftige Strömung veranlafsten, dafs selbst grofse Bleiklumpen fortgespült wurden, die zufällig auf dem Damm lagen.

Um einigermaafsen diesen Uebersturz zu mäfsigen, läfst man die Mauern zuweilen sogar über die lothrechte Richtung hinaus treten, so dafs ihre obern Theile etwas überhängen, wodurch die ansteigenden Wasserstrahlen nach der Seeseite gelenkt werden sollen. Da jedoch die heftigen Stürme, die solchen See-gang veranlassen, jedesmal von dieser Seite auch das aufspritzende und eben so das herabfallende Wasser treffen, so stürzen sie dasselbe noch stärker auf die Krone, als wenn die Mauer lothrecht gerichtet wäre, weil im letzten Fall ein grofser Theil der Masse über die Mauer hinaus niederfallen würde.

Die Mauer, die mit nahe lothrechten Seitenflächen bis zum Meeresgrund sich fortsetzt, hat vor einer darunter anzubringenden Steinschüttung den Vorzug, dafs ihre Darstellung weniger Material erfordert, und dieser Umstand ist besonders von Bedeutung, wenn die zur Schüttung nöthigen Steine nur aus weiter Ferne beigeschafft werden können. Dagegen treten der Ausführung des Mauerwerks tief unter Wasser die wesentlichsten Schwierigkeiten entgegen. Gewöhnliche Mauern lassen sich in der Tiefe nicht ausführen, da theils die Arbeit durch Taucher zu kostbar wäre, theils aber selbst schnell bindender Mörtel bei Verwendung

im Wasser zerfliessen würde. Es bleibt also nur übrig, möglichst grofse und vollständig bearbeitete natürliche oder künstliche Steinquadern zu benutzen, die nur neben und auf einander versetzt werden. Wenn dieses auf einem ziemlich ebenen und festen Meeresgrunde, der keine spätere Vertiefung besorgen läfst, also auf Felsboden, durch Taucher ausführbar ist, so bleibt diese Arbeit sehr zeitraubend und kostbar, da einiges Ausebnen des Grundes doch immer nothwendig ist. In welcher Weise man aber auf Sandboden dergleichen Blöcke sicher und regelmäfsig versetzt, soll später eingehend mitgetheilt werden.

Was die Steinschüttungen betrifft, so sind dieselben dem Angriff der Strömung, mag diese von den fortschreitenden Wellen veranlaßt, oder mag sie Küstenströmung sein, um so weniger ausgesetzt, je tiefer sie unter Wasser liegen, und es giebt wohl für alle Local-Verhältnisse gewisse Tiefen, in welchen gröfsere oder kleinere Steine selbst unter den ungünstigsten Umständen nicht mehr in Bewegung gesetzt werden. In diesen Tiefen, deren Grenzen zu 12, 15 und sogar bis 20 Fufs unter dem niedrigsten Wasser angegeben werden, mäfsigt sich die Wellenbewegung so sehr, dafs ihre Wirkung aufhört. Auch die Strömung verliert ihre Bedeutung so weit, dafs sie Steine nicht mehr in Bewegung setzt, wenn diese nicht etwa die Oberfläche einer steil abfallenden Böschung bilden.

In dieser Auffassung, die auch als begründet angesehen werden mufs, stimmen die meisten Englischen Ingenieure überein und man bemerkt, dafs dieselbe den neuen Ausführungen ziemlich allgemein zum Grunde liegt.

Was demnächst den über jener Grenze liegenden Theil der Schüttung betrifft, so hat man sich gegenwärtig davon überzeugt, dafs die flachere oder steilere Dossirung derselben durch eine nahe lothrechte Mauer unterbrochen werden mufs, um theils den directen Ueberlauf der Wellen, noch mehr aber um das sonst unvermeidliche Hinüberwerfen der Steine, wenn auch nicht ganz zu verhindern, doch wenigstens so zu mäfsigen, dafs es nur in den seltensten Fällen eintritt. Die Profile auf Taf. XXXIV zeigen in der Stellung der Mauern grofse Verschiedenheit. Bei Marseille steht eine solche unmittelbar hinter jener steilsten Dossirung, die mit sehr grofsen Bétonblöcken ganz überdeckt ist.

Dasselbe ist auch im Hafen von Livorno bei allen daselbst ausgeführten Dämmen geschehn. Im Hafendamm von Alderney tritt die Mauer nur mäfsig zurück, aber in den neuern Ausführungen der Englischen Ingenieure wird dieser Zwischenraum immer gröfser und wird in dem an den Hafendamm vor Holyhead angebauten Flügel sogar 250 Fufs breit, wie das in gleichem Maafsstabe aufgetragene Profil Fig. 146 C, Taf. XXXI zeigt. Man wollte dadurch die Kraft der auflaufenden Wellen schwächen und den Stofs gegen die Mauer mäfsigen, wie dieses auch bei Uferbefestigungen vor Deichen geschieht, die an sich nicht die nöthige Sicherheit bieten (§ 17). Man darf indessen kaum annehmen, dafs eine solid ausgeführte Mauer eines solchen, wegen der grossen Steinmasse, überaus kostbaren Schutzes bedarf. Ob vielleicht die am ältern Theil des Damms gemachten Erfahrungen die Nothwendigkeit der Verstärkung des Profils in dem später daran angebauten Flügel veranlafst haben, ist unbekannt. Da aber solche Mauern an sich leicht verstärkt werden können, sie auch niemals in ihrer vollen Länge gleichzeitig von den Wellen getroffen werden, also ihre Stabilität durch den innern Zusammenhang sich noch wesentlich vergröfsert, so dürfte ihre Sicherheit nicht leicht bedroht werden. Es fehlt auch an Beispielen, dafs sie irgendwo umgeworfen wären, wenn sie gleich hin und wieder zu reifsen pflegen, in welchem Fall aber ihr Gewicht und die Reibung zwischen den einzelnen Theilen den Einsturz doch verhindert haben.

Die Mauer wird auf die Steinschüttung gestellt, nachdem diese längere Zeit hindurch dem Wellenschlage ausgesetzt gewesen, also fernere starke Bewegungen darin nicht mehr zu besorgen sind. Die Schüttungen erheben sich bis zur Höhe des niedrigsten Wassers zur Zeit der Springfluthen, also so weit, dafs sie zuweilen über Wasser treten, wo also gewöhnliche Maurerarbeit schon ausführbar ist.

Gemeinhin wird die Forderung gestellt, dafs die Köpfe der Dämme nicht mit Böschungen umschlossen werden, sondern aus solcher Tiefe steil ansteigen, dafs selbst beim niedrigsten Wasserstand unmittelbar neben ihnen Schiffe vorüberfahren können. Um sie aber auch während der Nacht kenntlich zu machen, werden darauf noch Leuchthürme gestellt. Alsdann ist

die Fundirung der Mauern in viel größrer Tiefe geboten, und das Versetzen der Quadern durch Taucher läßt sich nicht vermeiden, doch ist die Ausebnung des Untergrunds weniger schwierig, wenn die Steinschüttung bis zu dieser Tiefe sich erhebt. Damit aber die Steine der anschließenden Böschungen nicht etwa vor die Köpfe geworfen werden und hier Riffe erzeugen, so müssen die Mauern seitwärts noch soweit vortreten, daß die Böschungen durch sie sicher begrenzt werden.

Vorstehend war nur von der Profilirung der ganz massiven Dämme die Rede, welche Form bei Anwendung der verschiedenen Holz-Constructions zu wählen sei, ergibt sich vorzugsweise aus der Verbindungsart derselben und kann daher nur bei Beschreibung der letztern behandelt werden. Die in neuster Zeit vor unsern Ostsee-Häfen mehrfach ausgeführten, durch Pfahlwände umschlossenen Dämme versprechen wegen der Abwesenheit des Fluthwechsels, wie der Bohrwürmer eine sehr lange Dauer, während ihre Darstellung vergleichungsweise gegen andre Constructions einfach und sicher und zugleich wenig kostbar ist.

Der Kern eines solchen Hafendamms besteht wieder aus einer Steinschüttung, der jedoch die Dossirungen fehlen, da sie sich beiderseits an nahe senkrechte und möglichst dichte Pfahlwände lehnt. Für Verankerung der letztern muß gesorgt werden, so wie auch die Uebermauerung erst nach einigen Jahren erfolgen darf, nachdem die zu erwartenden Vertiefungen des Grundes eingetreten, auch die Steine nach vielfacher Bewegung durch die Wellen eine möglichst geschlossene Lage angenommen haben. Die Mauern werden nahe senkrecht 7 bis 10 Fufs über Mittelwasser aufgeführt, auch auf der Seeseite mit einer Brustmauer versehen. Hierdurch bildet sich ein sehr einfaches Profil, das auch auf der Seeseite nahe senkrecht abfällt. Nur wenn in Folge gewisser Strömungen eine starke Vertiefung daneben eintritt, wird solche durch Steinschüttung ausgefüllt.

Auch der Kopf des Damms, der steil ansteigt, wird nur in dem Fall mit Steinen umgeben, wenn gefährliche Vertiefungen sich daneben zeigen. Eine Steinböschung bis zum Niveau des mittleren Wasserstandes ist aber erforderlich, wenn der unreine Grund das gehörige Eindringen der Pfähle verhindert. Hiervon

abgesehn, sind nur in seltenen Fällen niedrige und tief unter Wasser liegende Schüttungen erforderlich, um weiteren Vertiefungen vorzubeugen.

§ 55.

Die Cherbourger Kegel.

Indem die verschiedenen Constructions-Arten der Hafendämme beschrieben werden sollen, ist es nothwendig, dieselben nach gewissen Eigenthümlichkeiten zu classificiren. Unbedingt ist in dieser Beziehung das Material, woraus sie bestehn, zunächst zu berücksichtigen, und dieses um so mehr, als hiervon auch die Art ihrer Zusammensetzung abhängt. Nichts desto weniger geben sich bei dieser Eintheilung doch keine scharfen Grenzen zu erkennen, indem die Holz-Constructions unmerklich in den Massivbau übergehn. Auch ist der Holzbau ganz rein, und ohne gleichzeitige Verwendung von Steinen oder Faschinen wohl niemals zur Anwendung gekommen. Dieses geschieht nur in den Ueberbrückungen, welche namentlich in den Französischen Häfen vielfach sich vorfinden, aber diese Brücken stehn jedesmal noch auf den niedrigen eigentlichen Hafendämmen und sind daher keine selbstständigen Bauwerke. Im Allgemeinen bilden die Hölzer, seien es Balken, Pfähle oder Bohlen, nur die äußern Wände der Hafendämme. Die Zwischenräume sind mit anderm Material gefüllt, und wo Verbandstücke im Innern vorkommen, dienen sie nur zur Verankerung und Verstrebung, oder zur Unterstützung der Brücken.

Es mag zunächst die Rede sein von den Kegeln, die in den Jahren 1784 bis 1792 auf der Rhede von Cherbourg versenkt wurden. Eine specielle Beschreibung derselben und ihrer Anfertigung und Versenkung ist entbehrlich, da nach den traurigen Erfahrungen, die dabei gemacht wurden, gewifs Niemand einen ähnlichen Versuch wiederholen wird. Es kommt nur darauf an, diese Kegel, die damals so großes Aufsehn erregten, im Allgemeinen zu beschreiben. Welche Erfolge sie hatten, ist bereits § 35 mitgetheilt worden. Eine sehr ausführliche Auseinandersetzung ihrer Construction, sowie auch des Manövers bei ihrem Transport und ihrer Versenkung hat de Cessart unter Beifügung

einer Reihe von Kupfertafeln veröffentlicht *). Die nachfolgenden Angaben sind großentheils aus diesem Werk entnommen.

Die Kegel sollten das Hochwasser der Springfluthen um 6 Fufs **) überragen. Ihre obere Grundfläche hielt 60 Fufs im Durchmesser, während ihre Seiten 33 Grade gegen das Loth geneigt waren. Bei der gewöhnlichen Höhe von 60 Fufs maß daher ihr unterer Durchmesser 138 Fufs. Fig. 148 zeigt im mittlern Theil die äußere Ansicht derselben, während sie versenkt wurden, auf der rechten Seite die spätere Verkleidung des obern Theils mit Bohlen, und links den Durchschnitt.

An einer Stelle des Strandes, die 13 Fufs unter dem Hochwasser der Springfluthen lag, wurden in einem Kreise, der dem untern Umfange des Kegels gleichkam, im Abstände von $5\frac{1}{2}$ Fufs Pfähle eingerammt, und nachdem sie wenig über der Terrain-Höhe horizontal abgeschnitten waren, an der innern und äußern Seite mit Zangen umgeben und an diese verbolzt. Hierdurch war die sichere Grundlage für Erbauung eines Kegels gebildet. Eine gleiche kreisförmige Grundlage, die zur Aufstellung der Rüstungen oder Stützen diente, wurde im Innern der ersteren mit 96 Fufs Durchmesser ausgeführt. Auf diesen beiden kreisförmigen Fundamenten, die bei niedrigem Wasser trocken waren, begann man den Bau, indem aber die Stiele, mit deren Aufstellung der Anfang gemacht wurde, das höchste Wasser überragten, so konnte der Bau während der Ausführung vom Wasser nicht gehoben werden.

Man stellte 90 Doppelstiele, die aus starken Balken bestanden, und deren beide Theile mit einander verbolzt waren, in der angegebenen Neigung auf. Die Längen der benutzten Balken waren jedoch für die ganze Höhe nicht genügend, sie mußten also aus verschiedenen Stücken zusammengesetzt werden, die in den Stößen überblattet und durch Bolzen verbunden waren. Hierdurch wurde der Bau etwas erleichtert, indem derselbe nur nach und nach die volle Höhe erhielt. Zwei starke kreisförmige

*) Description des travaux hydrauliques de L. A. de Cessart. Tome II. Paris 1808.

**) Diese Maafse sind Französische Fufse, die sich zu Rheinländischen wie 29 zu 28 verhalten.

Zangen an der innern und der äufsern Seite gaben diesen Stielen am untern Ende die nöthige Verbindung. Auf der äufsern Seite geschah dieses noch durch andre sieben gleiche Zangen, von denen die letzten in dem obern Rand des Kegels lagen. An der innern Seite befanden sich dagegen solche kreisförmige Zangen in geringern Abständen, nämlich von $2\frac{1}{2}$ Fufs verticaler Höhe. Der Raum zwischen diesen wurde auf der Binnenseite der Stiele mit Bohlen verkleidet, um das Durchfallen der Steine zu verhindern. Eine kreisförmige Galerie oder Brücke, mit Brustlehne versehen, war auf dem obern Rand des Kegels angebracht, und eine zweite befand sich 6 Fufs tiefer. Die erste war für die Ingenieure bestimmt, welche den Transport und die Versenkung leiteten, die letztere dagegen für die dabei beschäftigten Arbeiter. Beide Galerien wurden, nachdem der Kegel versenkt war, entfernt, und man verkleidete alsdann den obern Theil der conischen Fläche bis zum niedrigsten Wasser mit Bohlen, indem solche auswärts und zwar schräge aufgenagelt wurden, wie die Zeichnung an der rechten Seite zeigt. In diesem obern Theil waren in der innern Verkleidung in drei verschiedenen Höhen Oeffnungen frei gelassen, durch welche die Steine zur Anfüllung des innern Raums hineingeworfen werden konnten. Erst wenn dieses geschehn war, erfolgte die Verkleidung mit Bohlen an der äufsern Seite.

Wenn ein Kegel aufgestellt und die Verbindung der einzelnen Theile mittelst einer grossen Anzahl von Schraubenbolzen und Nägeln bewirkt war, so kam es darauf an, den ganzen Bau aufzuheben und ihn an die Stelle zu bringen, wo er versenkt werden sollte. Hierzu benutzte man das Hochwasser der Springfluthen, indem an die untern kreisförmigen Zangen, sowohl auf der innern, wie auf der äufsern Seite, grosse Tonnen befestigt wurden, welche im Stande waren, den ganzen Kegel zu tragen. Diese Tonnen waren 12 Fufs lang und in der Mitte 6 Fufs weit. An der äufsern Seite des Kegels befanden sich zwei und dreissig derselben, an der innern dagegen acht und zwanzig. Um den letztern dieselbe Tragfähigkeit wie den erstern zu geben, wurden sie noch durch zehn kleinere Tonnen unterstützt, die abwechselnd an die grossen befestigt waren. Diese sämmtlichen Tonnen trugen, sobald sie vom steigenden Wasser gehoben wurden, mittelst starker Taue den untern Kreis der doppelten Zangen, und die Taue waren

jedesmal über starke, zu diesem Zweck an die Stiele gebolzte Klötze geführt. Darüber schwebten Beile oder Messer, die mittelst langer hölzerner Stangen, die bis zur untern Galerie heraufreichten, hinabgestoßen werden konnten, sobald man die betreffenden Tonnen lösen und deshalb die Taue durchschneiden wollte. Um zu verhindern, daß die mit Heftigkeit aufsteigenden Tonnen nicht etwa den Kegel beschädigen, oder selbst an den innern Zangen zerschellen möchten, waren noch hinter allen Stielen auf der innern Seite der Zangen starke Latten angebracht, welche zur Führung der Tonnen dienten.

Endlich war zu besorgen, daß, wenn der Kegel von den Tonnen getragen wurde, die den untern Rand seiner Fläche vertical aufwärts zogen, dieser in seiner Verbindung gelockert, oder auch wohl aus einander gerissen werden möchte. Um dieses zu verhindern und um den Fuß jedes Stiels nach dem Mittelpunkte hinzuziehn, wurden daher noch in der Mitte der Grundfläche vier Tonnen ausgelegt, die sowohl unter sich, als auch mit den unteren Zangen durch eine große Anzahl von Tauen verbunden waren. Sobald diese Tonnen vom Wasser gehoben wurden, so spannten sie die in radialer Richtung angebrachten Taue an, und bewirkten auf diese Art den beabsichtigten Zug, der den Bruch des untern Ringes verhindern sollte.

Man kann nicht in Abrede stellen, daß die ganze Anordnung mit einer gewissen Ueberlegung getroffen war, und nach der Beschreibung, die de Cessart giebt, scheint es auch, daß die Versenkung sich sehr regelmäsig und sicher ausführen liefs. Dieses war jedoch nach der Mittheilung eines andern höchst glaubwürdigen Augenzeugen keineswegs der Fall.

Woltman*) befand sich 1784 auf einer Studienreise in Frankreich und besuchte Cherbourg, um den begonnenen großartigen Bau kennen zu lernen. Er wohnte der Versenkung des zweiten Kegels bei, und zwar war ihm gestattet worden, in Gesellschaft der vier Ingenieure, welche das Manöver beaufsichtigten, auf die obere Galerie zu gehn. Dasselbst befanden sich noch zwölf Arbeiter, sonst wurde niemand zugelassen.

*) Beiträge zur hydraulischen Architektur. III. Band. Göttingen 1794. Seite 45 ff.

Während des vorhergehenden Niedrig-Wassers wurden die Tonnen rings um den Fuß des Kegels auf der innern und äußern Seite ausgelegt und befestigt, und außerdem auch ein langes Tau mittelst einer Erdwinde angezogen, um den Kegel fest zu halten, falls eine Aenderung der Witterung oder ein anderer zufälliger Umstand die Versenkung verhindern sollte. Ehe die Fluth den Strand erreichte, wurde die Galerie bestiegen. Das Wasser wuchs, und als die Tonnen zu tragen anfangen „krachte und bebte“ der ganze Bau. Die Erschütterungen hörten aber nach und nach auf, und eine Viertel Stunde vor Hochwasser trat ein sanftes Oscilliren ein: der Kegel schwamm. Nunmehr begann bei ruhiger Witterung und in der mond hellen Nacht der Transport. Nachdem die Verbindung mit dem Ufer gelöst war, zogen zwei Erdwinden auf Prahmen, die vor Anker lagen, den Kegel in tieferes Wasser, und alsdann wurden Ruderböte davor gelegt. Die Fahrt ging sehr langsam von statten, denn obwohl die Entfernung nur eine kleine Meile betrug, wie Woltman sagt, so dauerte sie doch $5\frac{1}{2}$ Stunden, nämlich von $9\frac{1}{2}$ Uhr Abends bis 3 Uhr Morgens. Drei Prahme waren um die Stelle vor Anker gelegt, wo die Versenkung erfolgen sollte. Zwischen diesen geschah die genaue Einrichtung des Kegels nach der Anweisung von de Cesart, der auf dem bereits früher versenkten ersten Kegel stand.

Jeder der vier Ingenieure begab sich nunmehr mit drei Arbeitern auf den ihm zugewiesenen Quadranten. Gleichzeitig sollte in jedem Quadrant immer eine bestimmte Tonne gelöst werden. Das Zeichen dazu gab eine Fahne auf dem ersten Kegel, und die Farbe derselben bezeichnete diejenigen Messer, welche niedergestofsen werden sollten, indem die Stiele derselben mit Fähnchen von gleicher Farbe versehen waren. Die Arbeiter gingen alsdann zu diesen, lösten und erfassten sie, ließen sie aber nicht früher herabfallen, oder stießen sie nicht früher auf, bis eine Bootsmanns-Pfeife, die dreimal in gleichen Zwischenzeiten ertönte, hierzu das Zeichen gab. Die vier Tonnen sprangen Anfangs regelmäsig auf, und „der Kasten stieg mit Krachen und Beben gewaltig auf und nieder“. Sobald diese Bewegung aufgehört hatte, ging man zu andern Tonnen über. Das Lösen derselben erfolgte aber keineswegs ganz regelmäsig. Bei der heftigen Erschütterung mochten die Taue in Unordnung gekommen sein, so

dafs sie von den Messern nicht mehr getroffen wurden, auch liefs es sich, nachdem schon eine gröfsere Anzahl Tonnen um den Kegel schwamm, nicht mehr sicher entscheiden, ob jedesmal vier neue aufkamen. Am schwierigsten war dieses auf der innern Seite zu erkennen. So erklärte es sich, dafs manche Tonnen, die gelöst werden sollten, noch unten blieben, und der Kegel dadurch sehr ungleichmäfsig unterstützt wurde. Einmal stellte er sich so schräge, dafs die eine Seite lothrecht stand. Woltman hatte sich, um nicht hinderlich zu sein, auf den obern Rand gesetzt, und während er von hier nicht sogleich auf die Galerie hinabsteigen konnte, liefen alle Ingenieure und Arbeiter auf die höchste Stelle der Brücke, um wo möglich dadurch das Gleichgewicht wieder herzustellen und das Umschlagen des Kegels zu verhindern.

Endlich trat noch der Uebelstand hinzu, dafs manche Taue nicht vollständig durchschnitten, sondern nur eingekerbt wurden, und nach einiger Zeit zerrissen. Alsdann sprang ganz unerwartet, und ohne dafs ein Messer in Bewegung gesetzt war, plötzlich eine Tonne empor. Woltman erfuhr, dafs in dieser Weise beim Versenken des ersten Kegels ein Mann ertrunken sei. Es waren nämlich bereits alle Messer herabgestofsen und der Kegel stand fest auf dem Grund, als ein Boot herankam. In derselben Zeit löste sich aber plötzlich noch eine Tonne, die beim Aufsteigen das Boot traf, es aufhob und der Länge nach spaltete.

Nach dieser Beschreibung darf man wohl annehmen, dafs die Verbindung des Kegels schon beim Versenken gelockert und theilweise vielleicht aufgehoben wurde. Woltman hält es für unzweifelhaft, dafs einige Bolzen, Nägel, Bretter und grofse Verbandstücke dabei zerbrochen waren. Bei den unvermeidlichen heftigen Erschütterungen war dieses gewifs möglich, wenn auch das Knacken und selbst das Krachen kein Beweis für einen wirklichen Bruch ist, wie man bei stark bewegter See in hölzernen Schiffen sich überzeugen kann.

Ueber das Verfahren beim Versenken der Kegel wäre noch darauf aufmerksam zu machen, dafs die grofse Anzahl von Tonnen nothwendig war, um den Bau zur Zeit des höchsten Wassers auf dem Strande zu heben, so dafs er schwamm, ohne irgend wo tiefer, als etwa 12 Fufs einzutauchen. Sobald er auf

tieferes Wasser kam, war allerdings ein Theil der Tonnen entbehrlich, doch brachte man ihn auf allen Tonnen schwimmend an die Stelle, wo er versenkt werden sollte. Wenn aber nunmehr eine Tonne oder mehrere derselben gelöst wurden, so mußte er jedesmal um soviel sich senken, daß der aufwärts gerichtete Zug, den bisher diese Tonnen ausübten, durch das Gewicht des Wassers ersetzt wurde, welches die Verbandstücke beim Herabsinken verdrängten. Indem die Tonnen sich aber plötzlich lösten, so nahm der Kegel sogleich eine gewisse verticale Geschwindigkeit an, die ihn verhinderte, in derjenigen Höhe, welche dem Gleichgewicht entsprach, zur Ruhe zu kommen, er senkte sich vielmehr noch tiefer, und zwar so lange, bis der aufwärts gerichtete Druck endlich seine Geschwindigkeit aufhob, und in entgegengesetzter Richtung ihn aufs Neue bewegte. In dieser Weise hob und senkte sich abwechselnd der Kegel, bis endlich der Widerstand des Wassers das Moment der Bewegung nach und nach vollständig zerstörte. Wenn dagegen die vier Tonnen, welche den Kegel ganz symmetrisch unterstützten, nicht gleichzeitig gelöst wurden, vielmehr eine derselben daran noch befestigt blieb, so wurde dadurch nicht nur eine schräge Stellung, sondern außerdem auch eine Seitenschwankung bedingt, die leicht sehr verstärkt werden konnte, wenn später jene Tonne gerade in der Zeit sich trennte, wo dieser Theil des untern Randes sich abwärts bewegte. Jedenfalls war es ein sehr gewagtes Unternehmen, diese an sich schon schwachen Constructionen noch solcher Gefahr auszusetzen, und selbst abgesehen von den Beschädigungen, welche die Kegel durch den Wellenschlag und den Bohrwurm, sowie auch später durch die abwechselnde Benetzung durch die Fluth erfuhren, darf man sich kaum wundern, daß sie so wenig Bestand hatten, wie oben (§ 35) mitgetheilt ist.

§ 56.

Steinkisten.

Die Steinkisten, die in früherer Zeit in den Ostsee-Häfen allgemein üblich waren, schloßen sich in sofern an die Kegel an, als sie gleichfalls flach auf den Grund aufgestellt werden,

und nur zur Umschließung der darin befindlichen Steinschüttung dienen. Sie haben jedoch vor jenen den wesentlichen Vorzug, daß sie in sich viel fester verbunden sind, und daher dem Wellenschlage sicher widerstehn. Außerdem lassen sich auch ihre verticalen Endflächen ziemlich nahe neben einander stellen, und die bleibenden schmalen Zwischenräume sind leicht zu schliessen, so daß sie zusammenhängende Hafendämme bilden. Vielfach wurden sie auch zu Ufereinfassungen benutzt, sie erhielten in diesem Fall eine geringere Breite, während ihre Construction dieselbe blieb. Dabei wurden indessen, wie in Neufahrwasser geschehn ist, bei späterer Ueberhöhung die hintern Balken fortgelassen und die Querbalken griffen als Anker in das Ufer ein.

Manche Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Steinkisten, sowie auch in der Füllung gab sich in den verschiedenen Häfen wohl zu erkennen, die Abweichungen betrafen indessen weniger die Art der Verbindung, als vielmehr die Dimensionen und manche Vorkehrungen zu ihrer Sicherung. Ob die Steinkisten auch in großer Tiefe auszuführen und sicher zu halten sind, wird oft bezweifelt, es ist jedoch kein Grund vorhanden, der diese Besorgniß rechtfertigt. Der Umstand, daß in größerer Tiefe die Wellenbewegung geringer wird, also ein Ausspülen des Untergrunds weniger zu fürchten ist, möchte sogar vermuthen lassen, daß sie im tiefen Wasser sicherer stehn, als im flachen. Die scharf vorspringende Ecke auf der Haff-Seite der Frischen Nehrung (*A* in Fig. 143) war 1767 mit Steinkisten eingefast, und die Tiefe davor hatte nach und nach in Folge der Strömung sehr bedeutend zugenommen. Vielfach hatten die einzelnen Kisten sich gesenkt, und es mußten alsdann neue Balkenlagen aufgebracht werden, um sie bis über das Wasser zu erhöhen. 1829 maß die Tiefe unmittelbar daneben 30 Fufs, und wenn die Kisten sich damals auch stark überneigten und deshalb Pfähle davor eingerammt und daneben Senkstücke verlegt wurden, um weitere Vertiefungen zu verhindern, so erfolgte dennoch eben so wenig hier, wie anderweitig ein wirklicher Einsturz.

Fig. 149. *a* zeigt den Querschnitt einer frei stehenden Steinkiste und zwar an zwei verschiedenen Stellen, nämlich auf der linken Seite durch eine Mittelwand, und rechts durch die Steinschüttung einer Abtheilung. Fig. 149. *b* zeigt dagegen die

Seiten-Ansicht, in der die Lage der Balken gleichfalls ersichtlich ist. Die ganze Zusammensetzung des Baues ergibt sich hieraus mit hinreichender Deutlichkeit. Die einzelne Kiste ist in der Oberfläche 18 Fufs breit angenommen, obwohl man ihr zuweilen, selbst wenn sie einen frei vortretenden Hafendamm darstellen sollte, eine geringere, gemeinhin aber eine gröfsere Breite zu geben pflegte. Ihre Länge richtete sich nach der Länge der Balken, die man für mäfsige Preise beschaffen konnte, und mafs 40 bis 50 Fufs. Man nahm dieselbe immer möglichst grofs an. An beiden Langseiten erhielt die Kiste einige Böschung, die durchschnittlich vielleicht ein Viertel der Höhe betragen mochte. Ihre Stabilität wurde hierdurch vergrößert und die Gefahr des Umfallens vermindert, namentlich wenn eine starke Strömung längs des Damms zu erwarten stand, die eine bedeutende Vertiefung besorgen liefs. Es ist nicht bekannt geworden, dafs eine Steinkiste jemals umgefallen wäre, obwohl dieselben vielfach sich stark seitwärts neigten. An beiden Enden war jede Kiste mit einer senkrechten Wand versehen, damit zwei solche möglichst nahe an einander gestellt werden konnten. Nur am Ende des Hafendamms gab man der letzten Kiste auch an der schmalen Seite die erwähnte geringe Böschung. Um diese äufsere Stirnwand sicher zu halten, was bei einer gröfsern Breite nothwendig war, brachte man darin noch eine vollständige Mittelwand der Länge nach an, die zur Verankerung der sämmtlichen Balken vor dem Kopf diente, und diese gegen den Seitendruck der Steinschüttung sicherte.

Die Solidität der Kiste beruht wesentlich darauf, dafs die Wände aus starken Balken gebildet werden. Diese berühren sich jedoch nicht, sondern lassen Zwischenräume von etwa 8 Zoll Weite frei, durch welche die gröfsern Steine, die zur Füllung benutzt werden, nicht hindurch fallen. Ein Rost von Balken, die in gleicher Weise 8 Zoll von einander entfernt liegen, bildet den Boden, so dafs die ganze eingeworfene Steinmasse zusammengehalten, und sonach ein Sacken der Steinschüttung im Innern unmöglich wird. Der Seitendruck dieser Schüttung kann sich nur gegen die beiderseitigen Langwände, wie auch gegen die Stirnwand am Kopf des Damms äufsern, die übrigen Stirnwände der einzelnen Kisten sind einem solchen nicht ausgesetzt, weil immer je zwei Kisten möglichst nahe an einander gestellt,

und andre Steine dazwischen geworfen werden, die also den Druck auf beide Wände übertragen und den erforderlichen Gegendruck darstellen. Hiernach kommt es nur darauf an, die äußern Wände des Damms gegen Ausweichen zu sichern, und hierzu dient die kräftige Verankerung durch die Querwände, die in Entfernungen von 9 bis 10 Fufs aufgestellt werden. Dafs man eine ähnliche Verankerung auch am Kopf des Damms anbringt, um die Stirnwand zu sichern, ist bereits erwähnt worden.

Wo die Köpfe der Ankerbalken die Balken der Wände treffen, sind sie durch Verkämmung mit einander verbunden. Nach der in der Zeichnung gewählten Constructions-Art, die sich der Festigkeit wegen besonders empfiehlt, treten die Balkenköpfe vor die Wand vor. In der letztern werden die Balken gar nicht geschwächt, wohl aber sind die Ankerbalken, wo sie diese berühren, sowohl oben wie unten 2 Zoll tief eingeschnitten. Ihre Köpfe fassen also sehr sicher die Verbandstücke der äußern Wände. Andreseits wurden nicht selten auch schwalbenschwanzartige Verbindungen angewendet, die, wenn auch an sich weniger fest, das Ausweichen der Wände gleichfalls verhinderten. Man erreichte dabei den Vortheil, dafs die Verbandstücke der Querwände etwas kürzer sein durften, auch das Vortreten der Balkenköpfe vermieden wurde. Letzteres war aber selbst in dem Fall, wenn Schiffe an den Hafendamm anlegten, nicht nachtheilig, indem zur Seite der Steinkisten noch Pfähle eingerammt wurden, welche die äußere Begrenzung bildeten. Die erwähnten Verkämmungen wurden indessen noch nicht als genügend angesehen, insofern sie sich zu leicht lösen konnten, namentlich wenn die Kiste sich vielleicht ungleichmäfsig setzte. Dazu kam noch, dafs schon beim Zusammensetzen darauf Bedacht zu nehmen war, dafs nicht etwa die untern Lagen nebst dem Rost, auf dem die Steine lagen, allein herabsinken möchten, während die obern noch schwammen. Zu diesem Zweck wurde in jeden einzelnen Kamm ein $\frac{3}{4}$ bis 1 Zoll starker und 20 Zoll langer, mit Kopf und Widerhaken versehener Bolzen, der etwas zugespitzt war, eingetrieben. Indem diese Bolzen ganz im Holz steckten, so wurden sie vom Seewasser nicht angegriffen. Bei mehrfachen Reparaturen überzeugte ich mich davon, dafs sie in einem halben Jahrhundert gar nicht gelitten hatten, denn beim

Abspalten der darüber liegenden Balken erschienen sie noch wie neu.

Das Abbinden der Kisten geschah in der Art, daß man mit der obern, oder mit derjenigen Lage den Anfang machte, welche den mittlern Wasserstand etwas überragen sollte. Diese wurde auf dem geebneten Zimmerplatz möglichst nahe an tiefem Wasser und in dem bestimmten Abstände der Balken ausgelegt, jedoch verkehrt, so daß die Flächen, welche oben sein sollten, unten lagen. Die nächst untere Balkenlage wurde alsdann in gleicher Art darauf gebracht, die Verkämmungen eingeschnitten, und nachdem diese in einander gestofsen waren, mit einem Bohrer, der schwächer als die Bolzen war, in jede Verkämmung ein Loch durch beide Balken gebohrt. In dieser Weise verfuhr man mit der ganzen Kiste, die bei zunehmender Höhe immer breiter wurde. Erreichte sie aber solche Höhe, daß das Aufbringen der Balken zu mühsam wurde, so hob man die letzte Lage wieder ab, legte sie daneben auf den Boden, und setzte auf ihr die Zurichtung der folgenden Lagen fort.

Hatte man in solcher Weise beinahe die volle Höhe erreicht, so wurde nochmals eine genaue Tiefenmessung an der Stelle vorgenommen, wo die Kiste versenkt werden sollte, und es kam nunmehr darauf an, die letzten Balkenlagen also diejenigen, welche später die untersten sein sollten, möglichst den gefundenen Tiefen anzuschließen. Indem man die Kämme an einer Seite tiefer einschchnitt, als an der andern, konnte man leicht der Basis eine mäfsige Neigung geben. In noch höherem Grade war dieses thunlich, wenn Balken keilförmig aufgeschnitten und auf die untere Seite der Schwellen gebolzt wurden. Es hinderte auch nichts, den Balkenrost, der die Unterlage für die Steinschüttung bildete, stufenförmig ansteigen zu lassen, und ihn hinter einer Zwischenwand auf die nächstfolgenden Langbalken zu legen.

Nachdem das Zurichten vollständig geschehn, und alle einzelnen Verbandstücke in ihren Verbindungen deutlich bezeichnet waren, damit beim Zusammensetzen nicht etwa Verwechslungen vorkämen, wobei namentlich die Bohrlöcher nicht auf einander treffen konnten, so ging man bei ruhiger Witterung zum Aufstellen und Versenken der Kiste über. Dieses geschah auf dem Wasser. Neben dem Bauhof wurden zuerst die unteren

Schwellen ins Wasser geschoben, und damit diese in der gehörigen Lage schwammen, so nagelte man auf jede kreuzweise ein kurzes Bohlenstück leicht auf, das sogleich beseitigt wurde, wie ein Querbalken sie unter sich verband. Letztere flößte man gleichfalls herbei, schob sie auf die Schwellen, und sobald die Kämme eingriffen, trieb man sie mit Handrammen an und schlug mit schweren Hammern die Bolzen ein.

Dieser erste Theil der Arbeit war allerdings unbequem, da er auf keiner Rüstung, sondern nur auf Bötten ausgeführt werden konnte. Sobald jedoch der Rost aufgebracht war, so ließen sich schon Laufbretter darüber legen, und die weitere Zusammensetzung erfolgte sehr einfach in kurzer Zeit. Es muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß, wenn von der Zulage immer die obern Verbandstücke, und zwar nach bestimmter Reihenfolge abgehoben und ins Wasser geschoben wurden, diese auch eben so ihre Verwendung fanden, und sogar jedes Stück an die richtige Stelle aufgezogen wurde, so daß nach den passenden Kämmen gar nicht gesucht werden durfte, die Bezeichnung derselben vielmehr nur zur Controle diente. Um das Aufziehen der Balken nicht zu erschweren, durfte die Kiste, während sie zusammengesetzt wurde, sich nie bedeutend über das Wasser erheben, und dieses war leicht zu erreichen, indem man sogleich den Rost beschwerte und die dazu erforderlichen Steine darauf warf. Wo ein Balken aufgezogen werden sollte, traten mehrere Arbeiter hinzu, und dadurch wurde die Kiste schon etwas herabgedrückt und die Arbeit erleichtert. Bei passender Vertheilung der Steine auf den Rost schwamm die Kiste sehr sicher und behielt auch stets ihre horizontale Stellung.

Sobald man bei der zunehmenden Höhe des Baues ein Aufsetzen auf den Grund besorgen konnte, wurde die Kiste auf tieferes Wasser geschoben, und wenn sie endlich beinahe ihre volle Höhe hatte, so durfte eine fernere Beschwerung des Rostes nicht mehr stattfinden, vielmehr mußte die obere Balkenlage sich etwas mehr über das Wasser erheben. Alsdann wurde die Kiste aus dem Hafen auf die Stelle bugsirt, wo sie versenkt werden sollte, und hier angelangt, richtete man sie scharf ein. War dieses geschehn, so beschwerte man sie soweit mit Steinen, daß sie sich auf den Grund aufstellte. Diese letzten Steine wurden aber nicht

auf den tief unter Wasser liegenden Rost geworfen, vielmehr auf Rüstungen gepackt, die auf den oberen Querbalken in der Mittellinie der Kiste ruhten. Man erreichte dabei den Vortheil, daß, wenn vielleicht die Versenkung nicht in der gehörigen Richtung geschehn war, man durch Beseitigung einiger Steine die Kiste leicht heben und verstellen konnte. Endlich erfolgte möglichst schnell die stärkere Beschwerung, doch durfte man dabei nicht sogleich die auf der Rüstung liegenden Steine herabwerfen, weil diese beim Eintauchen ins Wasser einen großen Theil ihres Gewichts verloren, und es sonach geschehn konnte, daß der Kasten sich aufs Neue gehoben hätte.

Gewiß wäre es sehr vortheilhaft, wenn man die Stein-
schüttung in schwachen Lagen aufbringen könnte, damit die eintretenden Wellen Gelegenheit hätte, die Steine möglichst geschlossen abzulagern. Dieses verbietet sich jedoch dadurch, daß die Kiste, wenn sie nur zum kleinsten Theile gefüllt ist, dem Wellenschlage nicht den nöthigen Widerstand leisten kann und leicht zerschlagen wird. Man ist daher gezwungen, die Anfüllung schleunigst vorzunehmen. Gemeinhin fehlen beim Versenken noch diejenigen Balkenlagen, welche über Wasser treffen. Man kann dieselben schon vorher zurichten, doch werden sie immer erst aufgebracht, wenn die Kiste bereits an ihrer Stelle steht und mit Steinen gefüllt ist. Gemeinhin setzt man indessen die Schüttung in ihrer zufälligen Ablagerung einige Zeit hindurch dem Wellenschlag aus, bevor die Abpflasterung vorgenommen wird.

Diese in früherer Zeit an der Ostsee allgemein übliche und in Betreff ihrer Solidität auch bewährte Constructions-Art ist ohne Zweifel, wenn die Holzpreise sich nicht hoch stellen, wohlfeil und zugleich in der Ausführung sehr bequem. Im Allgemeinen hat sie sich auch als dauerhaft gezeigt, wenn gleich hin und wieder einzelne Steinkisten durch den Wellenschlag zerschlagen sind, wobei es indessen zweifelhaft bleibt, ob die Ursache der Zerstörung vielleicht in der sorglosen Ausführung und Unterhaltung zu suchen war. Diese Construction entspricht der Aufgabe, welche bis zur neusten Zeit die Englischen Ingenieure vielfach beschäftigt, und die ohne Zweifel im Hafenbau von der äußersten Wichtigkeit ist, nämlich eine innig verbundene, möglichst große Masse darzustellen, aus der die Wellen keinen Theil heraus-

reisen noch auch die Ablagerung in Unordnung bringen können. Die Balkenwände, wie der Rost, soweit sie vom Wasser dauernd benetzt werden, sind als unvergänglich zu betrachten, und wenn sie in sich sorgfältig verbunden und durch die Steine im Innern geschützt sind, so bieten sie auch ohne Zweifel dem Stofs der Wellen hinreichenden Widerstand. Anders verhält es sich mit den obern Balkenlagen, die allerdings sehr vergänglich sind, namentlich wenn sie hoch über Wasser liegen. Diese können indessen, so oft es nöthig ist, leicht erneuert werden. Sie sind aber nothwendig, um das Pflaster zu stützen, welches die Steinschüttung überdeckt. Sobald letztere frei liegt, laufen die Wellen nahe in gleicher Weise darüber, wie über flache Steindämme und ihr Angriff verstärkt sich noch, da die äufsern Steine beim Ansteigen des Wassers vor der steilen Seitenwand dem aufwärts gerichteten Stofs ausgesetzt sind. Liegt das Pflaster unter dem obern Rande der Kiste, so verlieren die Seitenwände ihre Stütze und sind gleichfalls der Zerstörung ausgesetzt. In dieser Art ist es erklärlich, dafs manche Steinkisten von oben nach unten allmählich abbrachen und zuletzt ganz verschwanden. Von der äufsersten Bedeutung ist dabei aber der Vorzug, dafs ein Sacken der Steine gar nicht eintreten kann, da sie auf dem Balkenrost aufliegen, und zwischen festen Wänden eingeschlossen sind. Kein Stein kann hindurch fallen, und eine spätere Aenderung in der Ablagerung ist auch nicht denkbar. Die ganze Kiste kann sich freilich in den Grund eindrücken, und ohne Zweifel thut sie dieses jedesmal. Dieses ist jedoch ungefährlich, wenn nicht vielleicht eine Veränderung des Stromlaufs noch später eine starke Ausspülung des Grundes daneben veranlafst. Aber selbst in diesem Fall ist die Gefahr eines Durchbruchs oder Einsturzes wohl immer zu beseitigen. Hat die Kiste sich gleichmäfsig gesenkt, so giebt man ihr durch Aufbringen neuer Balkenlagen die erforderliche Höhe. Man kann aber auch eine Seite mehr erhöh'n, als die andre, und dadurch die horizontale Oberfläche wieder herstellen.

Die an sich unschädlichen Unregelmäfsigkeiten scheinen vorzugsweise Veranlassung gegeben zu haben, dafs man von dieser Constructions-Art ganz abgegangen ist. Dieses geschah in der Zeit, als man glaubte, dafs mit flachen Steinschüttungen die Hafendämme vor jeder Beschädigung gesichert werden könnten.

Beim Bau und der Verwendung der Steinkisten kamen manche Verschiedenheiten vor. Die Balken, aus denen die Wände und die Böden bestanden, waren bald mehr, bald minder stark. In der Figur sind sie 12 zöllig angenommen, was wohl meist der Fall war, und jedenfalls mußte kräftiges und ausgewachsenes Holz dazu verwendet werden, wenn es auch nicht nöthig war, nur vollkantige Balken zu benutzen. Die freien Zwischenräume in den Wänden hatten auch verschiedene Weiten, und zuweilen verschwanden sie ganz, indem man die Balken unmittelbar auf einander legte, und die Verkämmungen sehr tief einschnitt. Dieses war z. B. in Warnemünde bei der großen, 30 Fufs breiten Steinkiste geschehn, die früher den östlichen Hafenkopf bildete. Auch in Travemünde sah man sonst dieselbe Anordnung. Hier hatte man aber zu den obern, vielleicht auch zu den untern Lagen Eichenholz verwendet, während in den übrigen Häfen allgemein nur Kiefernholz dazu benutzt wurde, das nach manchen Erfahrungen im Wasser sich sogar besser, als Eichenholz erhält.

Von der verschiedenen Breite der Steinkisten ist bereits die Rede gewesen, sowie auch von ihren Längen. Ohne Zweifel ist man in beiden Beziehungen zuweilen zu weit gegangen, denn wenn es darauf ankam, jede einzelne Kiste als ein in sich verbundenes Ganze darzustellen, so war dieses bei mäfsigen Dimensionen am leichtesten zu erreichen, während die unvermeidliche ungleichmäfsige Unterstützung der gröfsern zur Lockerung der Verbindungen, wo nicht zum vollständigen Bruch einzelner Verbandsstücke führen konnte. Auch in der Höhe zeigten sich große Verschiedenheiten. Obwohl die obern Steine gewifs um so sicherer lagen, je weiter die Kiste sich über den Wasserspiegel erhob, so trat in diesem Fall doch der Uebelstand ein, dafs die obern Balkenlagen schnell verrotteten, also das Werk einer häufig wiederkehrenden und kostspieligen Reparatur bedurfte. Ich habe Steinkisten gesehn, die bis 5 und sogar 6 Fufs über den mittleren Spiegel der See hinaufreichten. Bei andern hatte man dagegen über die Steinschüttung einen dichten Balkenrost gelegt.

Wenn die Kiste einen eigentlichen Hafendamm bildete, also frei in das Meer trat, so pflegte man die Abpflasterung nach beiden Seiten abzudachen, wenn sie dagegen Uferdeckung war,

so neigte ihre Krone sich nur nach der Wasserseite. Im letzten Fall war durch die tiefere Einkämmung den obern Querbalken die Neigung gegeben. Dasselbe geschah häufig auch im ersten Fall, indem die obern Querbalken aus je zwei Stücken bestanden, die beide auf die Mittelwand und außerdem auch auf je eine der Seitenwände verkämmt waren, und sich nach diesen übereinstimmend mit dem Pflaster senkten.

Die Figur zeigt einige Pfähle, welche auf einer Seite vor die Steinkiste gerammt sind. Dieselben können allerdings in gewissem Maafs ein Ueberneigen der Kiste verhindern, doch darf man sich in dieser Beziehung nicht viel von ihnen versprechen. Jedenfalls gewähren sie aber einen wesentlichen Schutz gegen das Aufstossen der Schiffe und des Eises, und aus diesem Grunde ist es zweckmäfsig, sie anzubringen, doch ist es entbehrlich, sie nahe an einander zu stellen. Letzteres war indessen zuweilen doch geschehn. Namentlich war die bereits erwähnte grofse Steinkiste in Warnemünde auf drei Seiten von einer dicht schliessenden Pfahlwand umgeben, und diese bestand nicht aus unbeschlagenen Pfählen, sondern aus eingerammten Balken. Außerdem befanden sich einige derselben auch an der innern Seite der Wände und namentlich in den Ecken. Auf dem westlichen Hafenkopf, der gleichfalls auswärts durch solche Pfahlreihen gesichert war, hatte man durch diese sogar das Sacken der Kisten zu verhindern gesucht, indem die obern Balkenlagen durch eiserne Bolzen, die mehr als 1 Zoll im Durchmesser hielten, daran befestigt waren. Der Versuch erwies sich aber als ganz verfehlt, indem die Bolzen theils verbogen und tief in das Holz eingedrückt, grofsentheils aber zerbrochen waren. Jedenfalls kann eine solche Absicht nicht gebilligt werden, denn der Vorzug der Steinkisten beruht eben darauf, dafs sie sich immer fest auf den Grund aufstellen, also bei zufälligem Ausspülen desselben auch tiefer hinabsinken, und in dieser Weise den darunter befindlichen Sand möglichst sichern.

Die Steinkiste, welche die Zeichnung darstellt, ist nur mit Steinen gefüllt. Dieses ist auch am angemessensten, obwohl man vielfach zur Verminderung der Kosten, vielleicht auch um den Untergrund mehr zu schützen, den Balkenrost zunächst mit einer starken Lage von Faschinen überdeckt, und die Steinpackung nur bis unter das niedrigste Wasser herabreichen läfst.

Die Faschinenlagen behalten aber nicht die Höhe, die sie ursprünglich hatten, vielmehr werden sie lange Zeit hindurch immer stärker comprimirt, und in Folge dessen sinkt die Steindecke darüber fortwährend herab. Dieses geschieht aber keineswegs gleichmäfsig, vielmehr an einer Stelle stärker, als an der andern, und sonach kommt das Pflaster in kurzen Zwischenzeiten immer in Unordnung und erfordert eben so oft Reparaturen, wobei es gehoben und geregelt werden mufs. Wenn man aber die nach und nach vorgenommene Erhöhung der Steinpackung berücksichtigt, so nimmt schliesslich die Faschinenlage einen so kleinen Raum ein, dafs man denselben ohne Mehrkosten auch mit Steinen hätte ausfüllen können.

Noch ein anderer Umstand läfst die Anwendung der Faschinen sehr bedenklich erscheinen, dieselben geben nämlich den äufsern Wänden nicht die nöthige Unterstützung gegen den Stofs der anlaufenden Wellen, und sobald einige Sackung eingetreten ist, entfernt sich die Faschinen-Packung von der Wand und letztere steht bis zur Steinschüttung frei. Man darf zwar keineswegs fürchten, dafs solche Wand, sobald sie von einer starken Welle getroffen wird, sogleich zerbricht, aber bei den immer wiederholten Stößen und Pressungen, welche die freiliegenden Balken theils von der Seite, theils aber auch von unten erfahren, dürften leicht schwache Biegungen und Bewegungen eintreten, die nach und nach die Verbindungen lösen und endlich die vollständige Zerstörung herbeiführen. Bei einer Anfüllung mit Steinen ist das Verhalten wesentlich verschieden. Die Steine lehnen sich nicht nur gegen die Balken, sondern liegen vielfach mit ihren Kanten auf denselben auf, und unterstützen sie daher sehr vollständig. Ein nachhaltiges Sacken kann bei einer Steinschüttung, die wie hier auf dem festen Rost und zwischen festen Wänden ruht, nicht eintreten. Nur Anfangs mögen einzelne Steine eine sehr unsichere Unterstützung gefunden haben, die während eines heftigen Wellenschlags nachgiebt, und dadurch alle darauf ruhenden Steine in Bewegung setzt. Jedenfalls sind solche Aenderungen, die immer eine mehr geschlossene Lagerung zur Folge haben, nicht von Bedeutung, und bald hören sie ganz auf, während dadurch zugleich die Wände eine noch festere Unterstützung erhalten.

Vielfach ist die Ansicht verbreitet, dafs Steinschüttungen, die

auf Sandablagerungen ruhn und dem Wellenschlag ausgesetzt sind, sich nicht dauernd erhalten lassen, vielmehr durch Ausspülen des Sandes immer tiefer herabsinken und schliesslich verschwinden. Dabei wird oft auf die Erfahrung Bezug genommen, dass Granitblöcke vor abbrechenden hohen Ufern der Ostsee nach und nach sich tiefer in den Strand einsenken, und wenn dieser beim fortgesetzten Abbruch zurückweicht, endlich unter Wasser liegen, und selbst alsdann bei zunehmender Vertiefung des Bodens ihre Senkung noch weiter fort dauert. Dass letztere schliesslich ihre Grenze findet, ist nicht zu bezweifeln, denn sobald der Stein so tief liegt, dass weder Wellenbewegung noch Strömung ihn trifft, so hört auch die Unterspülung auf. Dieses findet jedoch nur in grosser Tiefe statt. Wenn daher die Steinkiste, als ein einzelner grosser Stein betrachtet, eben so weit herabsinken sollte, und dabei immer aufs Neue überhöht werden müsste, so wäre diese Construction viel zu theuer, als dass man davon Gebrauch machen könnte. Die Verhältnisse sind indessen in diesem Fall wesentlich von denjenigen verschieden, die auf den freiliegenden Stein einwirken. Rings um den Stein kann der Sand in Folge des Wellenschlags in Bewegung kommen, doch geschieht dieses unter der breiten Basis der Kiste nicht so leicht, wenn auch neben ihr Vertiefungen sich bilden. Demnächst sinkt der einzelne Stein auch niemals bis unter die ihn umgebende Sandablagerung herab, noch weniger wird die grosse in sich fest verbundene Kiste dieses thun, und da der Hafendamm nur den Zweck hat, in der Sandablagerung die für die Schifffahrt erforderliche tiefe Rinne darzustellen, so ist eine solche Vertiefung, wie sie vor einem stets zurückweichenden Ufer im Lauf der Zeit eintritt, hier nicht zu besorgen. Endlich wird das Fortspülen des Sandes unter einem auf dem Strand liegenden Stein vorzugsweise dadurch veranlasst, dass die Welle bei der Annäherung an das Ufer in flacheres Wasser tritt, wobei die kreisförmigen Schwingungen in die horizontale Bewegung übergehen. Dieses geschieht aber nicht vor dem steil ansteigenden Hafendamm und derselbe ist in der Tiefe um so weniger einem starken Angriff ausgesetzt, als hier die Geschwindigkeit und sonach auch der Stoss des Wassers noch geringer wird.

Das Ausspülen des Sandes glaubte man oft dadurch zu verhindern, dass man den Sand mit einer Faschinenlage oder mit

einem Senkstück überdeckte, und deshalb stellte man nicht selten die Steinkiste auf ein solches. Ob dadurch das Einsinken derselben wirklich verhindert worden, dürfte wohl zweifelhaft sein. Findet aber eine heftige Wellenbewegung statt, und zwar auf ansteigendem Grunde, so setzt sich diese auch durch die Reiser einer schwachen Faschinenlage hindurch fort. Ich versuchte einst, eine hohe Sandablagerung, die in der Richtung der Südermole vor Pillau beinahe die Oberfläche des Wassers erreichte, mit einer mächtig starken Faschinenlage, die mit großen Steinen beschwert wurde, zu halten. Im nächsten Frühjahr waren aber Faschinen und Steine nicht wieder zu finden, und der Sand darunter war bis auf große Tiefe verschwunden. Die Ueberdeckung einer Sandfläche mit einer schwachen Lage dürfte sonach nicht als sicheres Schutzmittel gegen Abspülung und Vertiefung anzusehn sein. Bei der in Rede stehenden Construction der Hafendämme kommt es indessen hierauf wenig an, da die ganze Zusammensetzung der Steinkisten von der Art ist, daß sie ohne Störung des Verbands sich senken können.

Was die Verbindung je zweier Steinkisten oder die Ausfüllung des dazwischen frei bleibenden Raums betrifft, so erfolgt diese durch Einwerfen von Steinen, die, wenn sie angemessene Größe haben, von den vortretenden Balkenköpfen gefaßt werden, so daß sie nicht seitwärts herabfallen können. Dieses läßt sich auch, wenn die Zwischenräume größer sein sollten, durch Pfähle verhindern, die in der Richtung der Seitenwände eingerammt werden. Man wird sich aber bemühen, die Kisten möglichst nahe neben einander zu stellen, so daß die beiderseitigen Balkenköpfe nicht weiter, als etwa 6 Zoll von einander entfernt bleiben. Es ist alsdann nur zu besorgen, daß die untern Steine in den Sand eindringen und die darüber liegenden sich gleichfalls senken. Wollte man dieses durch eine Unterlage von Faschinen zu verhindern suchen, so würde leicht die spätere Compression der Faschinen nahe denselben Erfolg haben.

Eine feste Verbindung zweier Kisten mit einander darf nicht dargestellt werden, so lange jede derselben beim Nachgeben des Untergrunds sich noch setzt. Die Möglichkeit, daß dieses geschieht, hört aber nie auf, und sonach ist es nicht zu billigen, wenn man, wie zuweilen geschehn ist, die obere Balkenlage ohne

Unterbrechung über alle Kisten fortlaufen läßt. In diesem Fall wird auch am wenigsten das Pflaster gesichert, vielmehr bei jeder zufälligen Bewegung einer Kiste mehr in Unordnung kommen, als wenn jede für sich behandelt wäre.

Schließlich mögen noch diejenigen Vorsichts-Maafsregeln erwähnt werden, die nach neueren Erfahrungen geeignet erscheinen, dem Steinkisten-Bau eine gröfsere Solidität zu geben und ihn gegen Beschädigungen möglichst zu sichern. Die Steinkiste hat manche Aehnlichkeit mit dem Senkkasten oder dem Caisson, der gleichfalls im Hafenbau Anwendung gefunden hat. Der Unterschied zwischen beiden beruht darauf, dafs der letzte wasserdicht ist, der eigentliche Hafendamm darin also von unten auf gemauert werden kann, und sonach in sich einen fest verbundenen Körper bildet. Die Steinkiste, gleichfalls mit Seitenwänden und Boden versehen, hat dagegen weit geöffnete Fugen, welche das Wasser ungehindert eindringen lassen. Ein gewöhnliches Mauerwerk läßt sich also darin nicht darstellen, dasselbe kann vielmehr unter dem Wasserspiegel nur durch eine Schüttung von gröfsern Steinen, welche durch die Fugen nicht hindurchfallen, ersetzt werden. Man muß deshalb in andrer Weise für den festen und unlösbaren Zusammenhang der Masse sorgen, und dieses geschieht durch die Verzimmerung der Kiste, die in der beschriebenen Construction dieser Anforderung auch entspricht. Die Verbandstücke, welche stets unter Wasser bleiben, oder doch wenigstens nie trocken werden, haben erfahrungsmäfsig eine sehr lange Dauer, besonders, wenn sie aus gesundem und ausgewachsenem Kiefernholz bestehn. Es mag dabei erwähnt werden, dafs man im Hafen Travemünde auf einzelne Verbandstücke die Jahreszahl, in der sie verlegt worden, eingeschnitten hatte. 1822 sah ich solche Stücke, und zwar über Wasser, welche 1781 aufgebracht waren, also über 40 Jahre gelegen hatten und noch vollkommen fest waren. Dafs auch diejenigen Bolzen, welche ganz im Holz stecken, zu denen also das Seewasser nicht zutreten kann, gleichfalls eine sehr lange oder unbegrenzte Dauer haben, ist bereits erwähnt worden.

Wenn demnach die Steinkiste mit Vorsicht erbaut, versenkt und gefüllt ist, auferdem aber der über Wasser liegende Theil sorgfältig unterhalten wird, so stellt sie mit der Steinschüttung eine innig verbundene Masse dar, bei der eine Trennung nicht

leichter sein dürfte, als in dem Mauerkörper, der in einem Senkkasten aufgeführt ist. In Betreff der Kosten ist aber die Steinkiste dem Senkkasten weit vorzuziehn. Mag man diesen oder jene wählen, so setzt sich der ganze Hafendamm aus einzelnen von einander getrennten Theilen zusammen und jeder derselben dringt in den weichen Untergrund ein, und bildet sich eine Unterstützung, die nach Maafsgabe der bestehenden Verhältnisse zwar jedesmal zunächst wieder fest steht, bei einer ferneren Unterspülung aber aufs Neue sich senkt. Jeder einzelne Theil kann dabei leicht eine verschiedene Bewegung machen, und sich anders senken oder überneigen, als der daneben befindliche Theil des Damms. In dieser Beziehung sind beide Constructions-Arten demselben Uebelstande ausgesetzt, doch darf man nicht sagen, dafs dabei eine wirkliche Gefahr stattfindet, so lange die einzelnen Theile nicht zerbrechen. Geschieht dieses, so ist die Steinkiste augenscheinlich nicht nur bedroht, sondern ihre vollständige Zerstörung ist unvermeidlich, während die beiden aus einander gebrochenen Stücke des im Senkkasten aufgeführten Mauerwerks zusammenhängende Massen bilden, und als solche wohl immer nahe in derselben Art sich verhalten, wie früher, als sie noch verbunden waren.

Hiernach kommt es darauf an, dem Zerbrechen der Steinkisten genügend vorzubeugen, und hierzu dient nicht nur eine möglichst sorgfältige und innige Verbindung der Balken, sondern man mufs auch darauf Rücksicht nehmen, dafs die in Rede stehende Gefahr mit der gröfseren Ausdehnung der Kisten in hohem Grade zunimmt. Die Kiste darf also keine unnöthige Breite und Länge erhalten. Beides ist auch in der That nicht erforderlich, denn es kommt nur darauf an, der Masse eine solche Gröfse zu geben, dafs sie von dem Stofs der Wellen nicht bewegt wird. Hierzu genügen aber schon sehr mäfsige Dimensionen, wobei sich bereits Prismen bilden, welche an Masse die gröfsten Béton-Blöcke weit übertreffen. Man wird es gewifs immer vermeiden, zwei Reihen Kisten neben einander zu stellen, um dem Hafendamm eine gröfsere Breite zu geben. Diese ist aber meist entbehrlich, da der Damm schon bei mäfsiger Breite hinreichende Stabilität hat, um dem Stofs der heftigsten Wellen zu widerstehn. Sollte es aber darauf ankommen, auf der Mole

solchen Raum zu gewinnen, daß Güter und Personen aus den Schiffen abgesetzt und vielleicht sogar eine Eisenbahn darauf gelegt werde, so bietet sich auf der Hafenseite leicht die Gelegenheit zu andern und einfacheren Holz-Constructions. Hiernach dürfte eine Breite der Steinkiste von 18 Fufs in der Höhe des Wasserspiegels die äußerste Grenze sein, die man nie zu überschreiten braucht. Bei der angenommenen Böschung von 1:4 würde alsdann die untere Breite in der Tiefe von 10 Fufs sich auf 23 Fufs, bei 15 Fufs auf $25\frac{1}{2}$ und bei 20 Fufs Tiefe auf 28 Fufs stellen. Die Länge der Kiste dürfte dieses letzte Maafs auch nicht viel überschreiten. Wenn man die Länge auf 32 Fufs beschränkt, wobei zwei Mittelwände erforderlich sind, so ist kaum zu besorgen, daß eine so ungleichmäfsige Unterstützung des Bodens, namentlich auf losem Sandgrunde eintreten kann, daß ein Bruch möglich wäre. Eine gewisse Elasticität besitzen auch die Balken. Sobald man aber eine starke Vertiefung an einer Stelle neben der Kiste bemerkt, so kann man bis zu der Höhe, welche von den Kielen der Schiffe noch nicht erreicht wird, durch Steinschüttung der weitem Ausdehnung derselben vorbeugen.

Eine zweite und sehr wichtige Vorsichts-Maafsregel bezieht sich darauf, daß man die Kiste an der Stelle vor Beschädigungen sichert, wo solche zuerst eintreten, und von wo aus wohl in allen Fällen die Zerstörungen begonnen und sich weiter fortgesetzt haben. Dieses ist der obere Theil der Steinkiste. Die hier befindlichen Balkenlagen werden abwechselnd naß und trocken und verlieren daher ihre Festigkeit. Indem sie nachgeben und ihre Verbindung sich lockert, so unterstützen sie das Pflaster nicht mehr vollständig, dieses löst sich, und alsdann werden leicht einzelne Steine herausgeworfen. Ist dieses geschehn, so folgen bald auch die übrigen Pflastersteine, und noch stärkere Bewegungen treten in den darunter befindlichen Lagen der unregelmäfsig auf einander geworfenen Steine ein. Die Zerstörungen setzen sich aber von den Steinen wieder auf die Wände der Kisten fort, die nunmehr in ihren obern Theilen frei stehn. Namentlich die obern Balken, denen jede Belastung genommen ist, geben dem Druck der Wellen, der sie von unten trifft, bald nach, und in dieser Weise bricht der ganze Bau immer tiefer auf, und verschwindet vielleicht endlich vollständig.

Durch Anwendung schnell bindender Cemente, die gegenwärtig im Hafenbau vielfach gebraucht werden, lassen sich diese Uebelstände und Gefahren zum Theil beseitigen. Man führt nämlich die Seiten- und die Querwände nur bis zur Höhe des mittleren Wasserstands auf, und die Steinpackung über demselben ersetzt man durch ein Mauerwerk aus lagerhaften Bruchsteinen, das in gehörigem Verbands und in gut bindendem Mörtel ausgeführt wird. Diese Arbeit darf indessen nicht früher vorgenommen werden, als bis die Steinschüttung in den Kisten sich vollständig gesetzt hat. Sollte die ganze Kiste sich noch senken, so bedarf es nur einer neuen Ueberhöhung der Mauer. Die Zwischenräume zwischen den Kisten können, sobald die starken Bewegungen aufgehört haben, gleichfalls durch solches Mauerwerk geschlossen werden. Brüche an diesen Stellen bleiben zwar immer zu besorgen, doch sind solche gefahrlos. Es leuchtet ein, daß man bei aufmerksamer Behandlung des Damms, indem man zugleich die Uebermauerung etwas einzieht, wo die Kiste übergewichen ist, ein ziemlich regelmäßiges Werk auch bei dieser Constructions-Art darstellen kann. Es bleibt auch unbenommen, darauf noch eine Brustmauer an die Seeseite zu stellen, um den Verkehr selbst bei heftigem Wellenschlage nicht zu unterbrechen.

Noch ist zu bemerken, daß, wenn man die Fugen zwischen den Balken der Seitenwände und des Rostes durch Dielen schließt, die auf die innere Seite genagelt werden, daß alsdann auch der Ausfüllung der Kiste mit Béton nichts im Wege steht, und sonach auch mittelst dieser Kisten eine in ihrer ganzen Höhe verbundene Mauermasse dargestellt werden kann. Die Holzwände würden alsdann nach eingetretener Erhärtung des Bétons entbehrlich sein. Der Bau wird in diesem Fall aber so kostbar, daß der größte Vorzug der Steinkisten, nämlich ihr vergleichungsweise sehr geringer Preis, dabei verschwindet. Daß übrigens die Holzpreise wesentlichen Einfluß auf die Wahl der Bauart haben, bedarf kaum der Erwähnung, und wo dieselben sich hoch stellen, während brauchbare Steine in der Nähe vorkommen, wird man die Steinkisten wohl nie wählen.

Nichts desto weniger entschloß sich Ch. Hartley dennoch beim Beginn der Arbeiten an der Sulina-Mündung (§ 40 a), diese Constructions-Art in Anwendung zu bringen, indem die

Steine aus den Brüchen bei Toultscha für mäßige Preise zu beziehen waren. Nach den Zeichnungen *) erbaute er Kisten von 40 Fufs Länge und 15 Fufs Breite und Höhe ohne Mittelwand, jedoch mit vier Querwänden. Dieselben wurden aber in mehrfacher Beziehung vergleichungsweise gegen die vorstehend beschriebene Bauart wesentlich verstärkt. Der Boden, unter welchem rings umher noch zwei Balken über einander lagen, bestand aus einer geschlossnen Balkenlage, eben so waren auch die Wände aus Balken gebildet, die sich unmittelbar berührten. Zwischen diese griffen die Balken der Querwände, die nicht nur durch vortretende Köpfe, sondern auch durch schwalbenschwanzförmige Kämme verbunden waren. Aufserdem fehlten auch nicht die Bolzen, und überdies sicherte er die lothrechten innern Kanten der Kisten noch durch Eckeisen. In den Zwischenwänden berührten die Balken sich nicht unmittelbar, sondern einer um den andern war fortgelassen, dagegen überdeckte man die ganze Kiste, nachdem sie versenkt und auf drei Viertel ihrer Höhe, oder bis zum mittleren Wasserstande, mit Steinen gefüllt war, noch mit einer dicht schliessenden Balkenlage.

In dem zum Atlas gehörigen Mémoire wird gesagt, dafs diese Kisten, in Betreff ihrer Festigkeit sich zwar bewährt hätten, dafs sie aber zu theuer gewesen wären, um damit den ganzen Bau auszuführen. Man ging daher schon 1860 zu Steinschüttungen über, die sich an Pfahlreihen lehnten, und benutzte die Kisten nur noch, um bei Eintritt des Winters die jedesmaligen Enden der Dämme zu schützen.

Auch in den Französischen Häfen am Canal kommen vielfach Constructionen vor, die insofern zu den Steinkisten gezählt werden dürften, als grofse Steinmassen in gewisse von Holzwänden umschlossene Räume eingebracht sind. Da jedoch hierbei vorzugsweise die Absicht verfolgt wird, über niedrigen Dämmen Brücken darzustellen, und die Steine nur die Stabilität derselben sichern sollen, so wird die Beschreibung dieser Bauten passender bei Gelegenheit der Ueberbrückungen gegeben werden.

*) Plans comparatifs de l'embouchure et de différentes sections fluviales du bras de Soulina. Leipzig 1867. Planche XIV.

§ 57.

Pfahlwände.

Gewifs liegt der Gedanke sehr nahe, die Hafendämme aus eingerammten Pfahlwänden zu erbauen, oder durch solche dem dagegen geschütteten Material den nöthigen Halt zu geben. Dieses ist vielfach geschehn und zwar auch an Meeren, die einem starken Fluthwechsel unterworfen sind, und selbst an Küsten, wo der Bohrwurm die Benutzung des Holzes bedenklich macht.

Gegen die letzt benannte Gefahr hat man in neuerer Zeit vielfach und zuweilen mit günstigem Erfolg das Holz durch Tränken mit gewissen Auflösungen zu schützen versucht. Besonders hat sich bei Kiefernholz die Verwendung des Creosots bewährt. Dabei wird der Splint eben so gut, wie der Kern gesichert, doch muß die Lösung hinreichend kräftig sein, und es ist nöthig, auf den Cubikfuß Holz etwa 20 Pfund Creosot zu rechnen. Der Preis dafür mit allen Nebenkosten stellt sich etwa auf 8 Silbergroschen für den Cubikfuß*). Die Pfähle gewinnen hierdurch noch in anderer Beziehung, indem sie bei abwechselnder Benetzung nicht so leicht verrotten.

Eine einfache Pfahlwand, in der die Stämme sich unmittelbar berühren, würde schon die Verbreitung des ausgehenden Stroms verhindern, auch die Wellen weniger in das Fahrwasser eintreten lassen. Man muß indessen bezweifeln, ob eine solche Construction, selbst wenn sie in tiefem Wasser ausgeführt ist, wo die Wellen noch die regelmäfsig schwingende Bewegungen haben, hinreichenden Widerstand leisten kann. Rendel bemerkte zwar beim Bau des Hafens bei Portland, dafs die Rüstpfähle, die Behufs der Steinschüttung aufgestellt wurden, selbst beim stärksten Wellenschlag in tiefem Wasser nicht abgebrochen, noch auch in ihren schwachen gegenseitigen Verbindungen gelöst wurden. Dabei mußten aber

*) Sehr eingehend ist dieser Gegenstand von Forestier in den Annales des ponts et chaussées 1868. I, pag. 307 behandelt. Dasselbst werden auch Mittheilungen über die verschiedenen Arten der Bohrwürmer gemacht, und die muschelförmigen Schalen derselben beschrieben, mittelst deren sie das Holz zerreiben.

horizontale oder schräge Verbandstücke vermieden werden, welche von den Wellen abgehoben oder gebrochen wurden. Einem viel stärkern Angriff sind Constructionen auf einem ansteigenden Grunde ausgesetzt, über welchem die Wellen schon die fortschreitende Bewegung angenommen haben. Die Holzwand vor dem Ufer bei Petten (§ 24) konnte ohnerachtet ihrer märsigen Höhe nur durch starke Verstreungen und dahinter angebrachte Steinkisten gesichert werden. Bei den Verflachungen zur Seite eines Hafendamms würde eine solche Wand daher unfehlbar nicht zu halten sein. Hierzu käme aber noch, dafs sie auch beim Anstossen der Schiffe leicht brechen könnte.

Aus diesen Gründen hat man wohl niemals einen Hafendamm aus einer einfachen Pfahlreihe am offenen Meer dargestellt. Am Erie-See ist dieses freilich geschehn, doch mußte auch hier die Construction bald verstärkt werden. Vor der Stadt Erie liegt eine schmale Landzunge, die an das westliche Ufer sich anschliesft. Auf der östlichen Seite befindet sich der Zugang zu der durch sie gebildeten Bucht, die einen sichern Hafen darstellt. Die Einfahrt in dieselbe war aber zu flach, und so oft sie vertieft wurde, schlofs sie sich wieder, sobald ein stärkerer Wellenschlag statt fand. Um sie offen zu erhalten, verengte man sie, und dieses geschah durch einfache dichte Pfahlwände, die über Wasser durch Zangen an beiden Seiten verbunden waren. Nach kurzer Zeit brachte man indessen sowol vor als hinter diesen Wänden Steinschüttungen an, die einige Fufs über dem Grunde sich an die Pfähle lehnten.

Eine ähnliche Construction und zwar mit Steinschüttungen, deren Kronen in den mittleren Wasserspiegel traten, wurde provisorisch in der ganzen Ausdehnung der Dämme vor der Sulina-Mündung gewählt, nachdem die Steinkisten, wie bereits mitgetheilt, zu kostspielig befunden waren. Wenn man indessen diese Kisten in ganz ungewöhnlicher Weise verstärkt und sogar die darin befindlichen Steine durch vollständige Umschließung gesichert hatte, so befremdet es gewifs, dafs man nunmehr die Steine ganz ungeschützt dem Wellenschlag aussetzte. Die dichte Pfahlwand, oder vielmehr Balkenwand konnte freilich bei märsigem Seegang das Uebertreten der Steine von der äussern Dossirung auf die innere verhindern, aber keineswegs konnte sie

die Schüttung in der Lage erhalten, in welcher sie dargestellt war. Bei heftigem Wellenschlag trieben die obern Steine hin und her, rollten nach der Seeseite herab und wurden auch wohl über die Krone fortgeschleudert. Nach vier Jahren war die Schüttung so verbreitet, daß sie 5 Fufs unter dem Wasserspiegel lag. Auch waren auf beiden Seiten Vertiefungen des Grundes von etwa 3 Fufs eingetreten.

Indem dieser Bau in hohem Grade die Aufmerksamkeit von ganz Europa erregt hat, so scheint es nöthig, auch die Construction zu beschreiben, die man schliesslich wählte, wenn dieselbe auch keine Nachahmung finden dürfte.

Nach dem Bericht der Europäischen Commission, worin freilich das Technische nur sehr kurz angedeutet wird, sind drei Pfahlreihen in den Dämmen zur Ausführung gekommen. Im zweiten Bande der angeführten Sammlung von Zeichnungen (Leipzig 1874) und zwar Blatt XII zeigt dagegen das Querprofil wie den Grundrifs vom Haupttheil des nördlichen Damms sogar mit fünf Pfahlreihen. Unter diesen ist jedoch nur eine einzige eine dichte Wand. Die vier andern, die in der Profilzeichnung nur durch punktirte Linien angedeutet sind, dienten wahrscheinlich zur Rüstung, oder zur Aufstellung der Tafeln, zwischen welchen die Bétonblöcke geformt wurden, die man aber später beseitigte. In der Copie dieses Profils Fig. N auf Taf. XXXIII b ist daher nur jene erste Wand angegeben. Nachdem während einiger Jahre die Steinschüttung in ihrer Krone wiederholentlich bis zu einer gewissen Tiefe versunken war, beschlofs man, in dieser Tiefe ein Prisma aus Béton von 10 Fufs Breite und $8\frac{1}{4}$ Fufs Höhe auf die Schüttung zu stellen. Dieses geschah in der Länge von 1800 Fufs auf dem äufsern Theil des nördlichen Damms, während der Kopf, der einen Leuchthurm tragen sollte, sowol mit einer kreisförmigen dichten Pfahlwand umgeben, wie auch seine Uebermauerung verbreitet wurde.

Zur Darstellung dieser Prismen wurde die Krone der versunkenen Schüttung durch Taucher in der Tiefe von 5 Fufs unter Wasser ausgeebnet, und indem an den Seiten Tafeln aus Brettern aufgestellt und gegen die vorhandenen Pfähle gelehnt wurden, brachte man zwischen diesen den Béton soweit ein, daß er über Wasser trat. Durch besondere Probelöcher hatte man

sich vorher überzeugt, daß wenn einem Theil Portland-Cement 4 Theile Sand und Kies, oder noch mehr des letztern zugesetzt waren, der Béton nicht die erforderliche Härte annahm. Es wurde also ein geringeres Mischungsverhältniß gewählt, das jedoch nicht näher angegeben ist. Der über Wasser befindliche Theil des Béton-Prismas war 9 Fufs breit.

Zur Sicherung des so dargestellten Oberbaus wurde der Raum zwischen dem Prisma und der dichten Balkenwand mit Béton gefüllt, und seeseitig von dieser Wand die Steinschüttung erhöht, erweitert und mit Béton-Blöcken überdeckt. Stromseitig, wo wegen der verstärkten Ausströmung Vertiefungen zu besorgen waren, versetzte man zunächst zwischen den Rüstpfählen, nachdem durch Taucher die Schüttung bis 7 Fufs unter Wasser ausgeebnet war, wieder Béton-Blöcke von $4\frac{1}{2}$ Fufs Höhe, 5 Fufs Länge (in der Richtung des Damms) und 6 Fufs Breite, die auf dem weiter aufwärts belegenen Ufer geformt waren. Die Zwischenräume zwischen denselben sowie zwischen ihnen und den großen Prismen wurden wieder mit Béton gefüllt, und schliesslich auch auf dieser Seite die Steinschüttung erhöht und verbreitet.

Es leuchtet ein, daß die sehr theure, aus eingerammten Balken bestehende dichte Wand nur während der Ausführung des Baues einen Durchbruch verhindern sollte, und später zwecklos geworden ist. Die Enden der Dämme wurden aber bei der jedesmaligen Einstellung der Arbeiten vor Eintritt des Winters, soweit es nöthig schien, mit Béton-Blöcken umgeben.

Bisher ist nur von einfachen Pfahlwänden die Rede gewesen, zu wesentlich verschiedenen Constructionen bietet sich aber Gelegenheit, wenn man zwei Pfahlwände ausführt, die unter sich verankert und verstrebt werden, und andres Material, welches von den Wellen leicht aus einander geworfen und fortgetrieben werden würde, dazwischen schüttet. Bei dieser Construction lassen sich auch Hafendämme von solcher Breite darstellen, daß sie nicht nur bequem betreten, sondern beim Anlegen von Schiffen auch zum Lagern von Gütern benutzt werden können.

Bei Ausführung dieser doppelten Pfahlreihen entsteht zunächst die Frage, mit welchem Material der Zwischenraum gefüllt werden soll. Hiervon hängt vorzugsweise die ganze

Anordnung ab, doch ist sie zum Theil auch durch die Höhe bedingt, bis zu der die Füllung hinaufreicht.

In den Niederlanden, wo Steinmaterial längs der ganzen Meeresküste sich nicht vorfindet, und daher mit großen Kosten, theils vom Ober-Rhein und theils aus Schweden beigeschafft werden müßte, wird die Anwendung desselben auf das geringste irgend zulässige Maafs beschränkt, indem man vorzugsweise dafür Faschinen benutzt. Diese gestatten in so fern noch eine Vereinfachung des Baues, als sie zu ihrer Umschließung keine dichte Wand erfordern, also die Pfähle einige Fufs weit von einander entfernt sein dürfen. Die Faschinen kann man indessen, wenn sie nicht schnell verrotten sollen, nicht hoch über Wasser legen. Die Packung bleibt daher in der Regel sehr niedrig, so dafs zum Betreten des Damms, und um von demselben aus den einkommenden Schiffen Hülfe leisten zu können, noch eine besondere hölzerne Ueberbrückung nothwendig wird. Die Faschinen bedürfen aber auch der *Beschwerung*, und diese erfolgt durch mäfsig grofse und flache Steine, die einfach neben einander gelegt werden. Wenn nach einigen Jahren die Faschinen so tief gesunken sind, dafs der Damm seinen Zweck nicht mehr vollständig erfüllt, so hebt man die Steine ab, bringt eine neue Faschinenlage auf und beschwert diese mit denselben Steinen. Letztere müssen aber noch gegen Entwendung möglichst gesichert werden, weil sie sonst bei dem vielfachen Bedürfnifs, namentlich bei der Fischerei, in kürzester Zeit verschwinden.

Indem auch die Faschinen kostbar und zugleich sehr vergänglich sind, so bleibt die Höhe der Packung mit Einschluss der darauf ruhenden Steinlage gewöhnlich nur wenig über dem mittleren Wasserstand. Die Fluth tritt also darüber und es bildet sich quer durch den Hafen eine Strömung, die in zweifacher Beziehung nachtheilig ist. Theils werden viele erdigen Stoffe hinüber geführt, die bei der verminderten Strömung im Fahrwasser niederschlagen, also dasselbe verflachen, theils aber ist diese Strömung beim Ein- und Ausbringen der Schiffe höchst unbequem, auch sind diese, sobald sie sich zwischen den Hafendämmen befinden, noch keineswegs den Wellen entzogen, welche frei hinüberschlagen.

Solche Bauwerke haben, ohnerachtet der Verstreubungen, die

man darin anbringt, keineswegs eine grofse Festigkeit. Die Faschinen-Packung bietet den Wänden keine sichere Stütze, weil sie jedem Stofs nachgiebt. Storm Buysing sieht hierin einen Vorzug dieser Constructions-Art. Er giebt zu, dafs beim Anfahren der Schiffe leicht der Damm beschädigt werden kann, doch meint er, dafs dieser Uebelstand ein weit geringerer sei, als wenn der Damm absolut fest wäre, und die Beschädigung alsdann die Schiffe treffen müfste. Mit Rücksicht auf die Reparatur-Kosten in dem einen und dem andern Fall dürfte diese Ansicht wohl begründet sein, aber andererseits ist es doch nothwendig, Anlagen, die dem öffentlichen Verkehr dienen, möglichst vor Beschädigungen zu sichern, und dazu kommt noch, dafs Schiffer und Lootsen weit weniger Vorsicht anwenden, um den Stofs zu vermeiden, wenn sie wissen, dafs der Hafendamm nachgiebt, als wenn dieses nicht geschieht und das Schiff selbst dabei in Gefahr kommt. Das häufige Gegenstofsen ist sonach oft nur die Folge der leichten Construction des Hafendamms. In andern Ländern ist solche Rücksicht auch unbekannt, und nur bei den frei stehenden Ordnungswänden in manchen unsrer Häfen scheinen ähnliche Rücksichten maafsgebend gewesen zu sein.

Um einige Beispiele der erwähnten Construction zu bezeichnen, wähle ich zwei Häfen am Hollands-Diep, also an dem weit geöffneten und der Fluth und Ebbe ausgesetzten Stromlauf, durch den die Maas und der grösste Theil des Rheins ausmündet. Bei Moerdijk, der Ausmündung der Dortschen Kil gegenüber, besteht ein solcher kurzer Hafendamm. Er wurde ursprünglich aus Eichenholz erbaut, dieses zeigte sich aber keineswegs besonders dauerhaft, woher bei den Reparaturen nur Kiefernholz verwendet wird. Der Damm ist an seinem Kopf 33 Fufs breit, und verbreitet sich nach dem Ufer. Er wird umgeben von Pfählen aus beschlagenem Holz, die zwischen sich lichte Räume von etwa 1 Fufs Weite frei lassen. Diese Pfähle sind zunächst durch zwei Paare Zangen verbunden, die in der Höhe des gewöhnlichen Hoch- und Niedrigwassers angebracht sind. Aufserdem stehen noch drei Pfahlreihen der Länge nach im Innern, in welchen die Pfähle jedoch etwa 8 Fufs von einander entfernt sind. Letztere sind verholmt und unterstützen die Querbalken, welche auf den Zangen der äufsern Wände aufliegen. Diese obere Balkenlage ist mit

einem Bohlenbelag versehen, der als Landebrücke dient. Mehrfache Verstrebungen kommen in den Längs- und Querwänden vor, und an der Hafenseite, wie vor den Kopf sind noch einige Pfähle vorgerammt, welche die Stelle der Reibehölzer vertreten. Die Granitgeschiebe, welche die Faschinen-Packung überdecken, reichen mit ihrer Oberfläche nur etwa 1 Fuß über das gewöhnliche Niedrigwasser.

Sehr genau stimmt hiermit der Hafendamm vor Willemstadt überein, der einige Meilen weiter stromabwärts sich befindet und deshalb einem stärkern Wellenschlag ausgesetzt ist. Man hat denselben zum Schutz gegen den Eisgang noch durch ein ziemlich unregelmäßiges Pfahlwerk zu sichern für nöthig befunden. Der Damm ist am Kopf 26 Fuß breit und verbreitet sich gleichfalls landwärts. In seiner Mittellinie befindet sich keine Pfahlwand. Die umschließenden Wände sind eben so wie die bei Moerdijk construiert, doch mit Bohlen verkleidet, auch hat man, um Vertiefungen daneben zu verhindern, sie noch mit einfachen Senkstück-Lagen umgeben. Die Brücke liegt etwa 3 Fuß über der gewöhnlichen Fluth, und die Steinlage, welche die Faschinen-Packung beschwert, erhebt sich nur wenig über gewöhnliches Niedrigwasser.

Wesentlich unterscheidet sich hiervon der Hafendamm, der auf der Nordseite der Insel Voorne am Eingange des Canals nach der Maas herausgeführt ist. Dieser Canal wurde bisher von allen größeren Schiffen durchfahren, die nach Rotterdam aufgingen. Die Maas ist nämlich an ihrer Mündung bei Briel sehr flach, es mußte daher ein Fahrwasser aus der Maas nach dem Zuider-Diep, zwischen den Inseln Voorne und Goeree eröffnet werden, und dieses bildet der Canal, der auf der Ostseite von Hellevoetsluis seine südliche Mündung hat. Letztere ist durch den Hafen von Hellevoetsluis gedeckt, aber vor der nördlichen Mündung war die Anlage eines schützenden Hafendamms nothwendig. Der Querschnitt desselben, ohnfern des Kopfes genommen, ist in Fig. 150 auf Taf. XXXIII dargestellt. Die Construction ist der großen Tiefe ohnerachtet dennoch weniger solide, als die der ähnlichen Bauten am Hollands-Diep, und dieses begründet sich wohl darin, daß die Maas hier weniger Ausdehnung hat, und daher auch nur schwächere Wellen sich darauf bilden. Die

Breite dieses Damms ist in seiner ganzen Länge dieselbe und misst in der Brücke 23 Fufs. Eine Reihe schräge eingerammter Pfähle umgibt das Werk, dieselben stehn am Kopf 3 Fufs und an der Wurzel 4 Fufs von Mitte zu Mitte aus einander, der Kopf ist indessen nicht flach abgeschnitten, sondern hat die Form eines halben Achtecks. In dem Mittelpunkt desselben befindet sich der starke Schiffshalter, den die Figur zeigt. Mittlere Pfahlreihen fehlen hier, die umgebenden Reihen sind aber an der innern Seite durch Zangen verbunden, und diese tragen die Brücke. Vor der Ausführung wurde eine Senkstücklage auf den Grund gelegt. Die Pfähle sind durch dieselbe hindurch gerammt, und der innere Raum zwischen den letztern ist bis unter die Brücke mit Faschinen ausgepackt, die nicht so, wie die Zeichnung irrthümlich angiebt, sondern in der Richtung des Damms liegen. Eine einfache Lage von Decksteinen beschwert dieselben.

Auch in andern Niederländischen Häfen sind Constructionen angewendet, die mit den beschriebenen nahe übereinstimmen. Es mufs aber daran erinnert werden, dafs bisher in den Niederlanden kein Hafen unmittelbar an der offenen See lag, solche befanden sich vielmehr sämmtlich in den Mündungen der Ströme oder Binnenseen, die zwar grofsentheils tiefe Fahrwasser darstellen, wo aber dennoch der Wellenschlag sich schon mäfsigt, und daher leichtere Verbindungen gestattet waren. Die gröfsern dieser Häfen, wie zum Beispiel Nieuwen-Diep, Hellevoetsluis und andre, bestehn aber schon seit sehr langer Zeit, und die Hafendämme, die man daselbst sieht, sind durch die nach und nach daran vorgenommenen Reparaturen und Verstärkungen so sehr verändert und entstellt, dafs es nicht leicht ist, darin ein durchgreifendes System zu erkennen. Dennoch zeigen sie im Allgemeinen immer, dafs zwischen zwei Pfahlreihen Faschinen gepackt sind. Ueber diese hat man zuweilen auch, wie bei Nieuwen-Diep geschehn ist, Wiergras aufgebracht.

Ein wesentlicher Vorzug dieser Bauart vor allen übrigen besteht darin, dafs der Damm sehr leicht ist und sonach auf den Untergrund nur einen mäfsigen Druck ausübt. Sie empfiehlt sich daher besonders, wenn man den festen Boden erst in grofsen Tiefe antrifft und lockerer Schlamm denselben überdeckt. Ohne Zweifel ist dieser Umstand Veranlassung gewesen, dafs man in

den Niederlanden so vielfach dergleichen Faschinendämme ausführte, und eben deshalb wird auch gegenwärtig in dieser Art der Hafendamm vor der Mündung des Elbingflusses in das Frische Haff erbaut.

Schon im ersten Theil dieses Handbuchs § 24 wurde mitgetheilt, daß die südwestliche Grenze des Frischen Haffs vor den zahllosen kleinen Armen, in welche die Nogat vor ihrer Mündung sich spaltet, in jedem Jahr weiter vortritt. In ähnlicher Weise geschieht dasselbe auch vor dem in östlicher Richtung in das Frische Haff mündenden Arm der Weichsel, die Elbinger Weichsel genannt. Die durch diese Ströme herabgeführten erdigen Theilchen sinken aber keineswegs unmittelbar vor dem Ufer nieder, sondern werden noch durch die Wellenbewegung, die nicht selten hier kräftig eintritt, meilenweit fortgeführt und haben den Grund mit einer hohen Lage Schlamm überdeckt, der oben halbflüssig ist, in weiterer Tiefe aber etwas fester wird, jedoch dem Gewicht darauf gebrachter Massen nicht Widerstand leistet und das Herabsinken derselben nicht verhindert.

Auf der Ostseite dieser Alluvionen mündet der Elbing-Fluß, der sehr reines Wasser abführt, indem er etwa $1\frac{1}{2}$ Meilen vor seinem Eintritt in das Haff aus dem über eine Meile langen Drausen-See kommt, worin die erdigen Theilchen schon niedergeschlagen sind. Auf diesem Fluß findet ein bedeutender Schiffsverkehr statt, der nicht nur bis Elbing, sondern auch durch den Drausen-See hindurch nach dem Oberländischen Canal (Theil II § 78) sich erstreckt. Soweit die Wasserstrasse von festen Ufern eingeschlossen ist, hat sie hinreichende Tiefe, oder wo solche fehlt, ist sie durch Baggern leicht wieder herzustellen. Im Haff selbst ist sie aber schwer zu erhalten. Um sie hier vor Verflachungen zu sichern, wurde schon seit langer Zeit auf ihrer westlichen Seite ein Damm ausgeführt, der unter Anwendung verschiedener Constructions-Arten nach und nach über eine halbe Meile lang geworden ist. Die Verlandungen haben großentheils bis nahe an ihn heran sich ausgedehnt. Der frei in das Haff tretende Theil, der etwa vor zwanzig Jahren in Senkstücken und mit Steinbedeckung erbaut wurde, ist aber vollständig versunken, so daß man mit Bötten überall darüber fortfahren kann.

Elbing war in früherer Zeit ein wichtiger Handelsplatz,

zu dem Seeschiffe gelangen konnten. Wenn diese auch wohl keinen großen Tiefgang hatten, so war das Fahrwasser doch unbedingt tiefer, als es jetzt ist. Durch ununterbrochene Baggerung gelang es in neuerer Zeit nicht mehr, die Tiefe von 9 Fufs zu erhalten, die oft stellenweise auf 8 und wohl gar auf 7 Fufs sich verringerte. Manche Umstände haben dazu beigetragen, dafs eine lebhaftere Industrie, namentlich im Schiffbau, sich hier entwickelte. Auch besteht eine regelmäfsige Dampfschiff-Verbindung zwischen Swinemünde und Elbing und sonach trat das Bedürfnifs immer dringender ein, ein besseres Fahrwasser zu schaffen. Die Anforderungen in dieser Beziehung sind bisher noch mäfsig geblieben, da der Hafen nicht vom Staat, sondern von der dortigen Kaufmannschaft verwaltet wird. Man wünscht zur Zeit nur ein Fahrwasser, durch welches Schiffe von 9 Fufs Tiefgang einlaufen können. Zu diesem Zweck wird gegenwärtig mit Unterstützung Seitens des Staats ein Hafendamm ausgeführt und daneben eine Fahrrinne ausgebaggert.

Das Project zu diesem Bau wurde bereits vor mehreren Jahren aufgestellt. Die Richtung der alten Mole durfte aber nicht verfolgt werden, da die Kaufmannschaft die frei austretende Verlängerung der Mole zu weit westwärts verlegt hatte, um die Sinkstoffe schon früher aufzufangen, welche Absicht jedoch nicht erreicht wurde, da die Fahrrinne nach wie vor in gleicher Art verlandete. Wenn die durch den Elbing-Flufs veranlafste Strömung auch nur sehr mäfsig ist, so kann man dennoch einige Wirkung von derselben erwarten, und es ist daher jetzt eine nur schwach, aber gleichmäfsig ostwärts gekrümmte Richtung der Mole gewählt, an deren concaven Seite das Fahrwasser durch Baggern dargestellt werden soll. Die Mole selbst aber wird nach dem Beispiel der vorstehend erwähnten Niederländischen Hafendämme möglichst leicht, also aus Faschinen mit schwacher Steinbedeckung erbaut.

Manche dagegen erhobene Bedenken, besonders aber die Beschaffung der nöthigen Geldmittel verzögerten mehrere Jahre hindurch den Bau. Derselbe wurde endlich 1877 begonnen. Inzwischen waren einige Aenderungen des Projects nöthig erachtet, wesentlich erfuhr dasselbe aber dadurch eine günstige Veränderung, als man bei Ausführung des Caseburger Durch-

stiehs sich davon überzeugt hatte, wie sehr die Baggerarbeit sich erleichtert, wenn man bei Benutzung eines Kreiselbaggers das gehobene Material unmittelbar in Röhren hinter dem Damm ausgießt. Hierzu war die Gelegenheit überaus günstig, und es wurden dadurch nicht nur die Kosten in hohem Maasse vermindert, sondern der Damm selbst scheint auch beim Eindringen des Schlammes zwischen die Reiser der Faschinen eine Solidität zu gewinnen, die man ihm in anderer Weise nicht leicht geben konnte. Wenn auch nicht zu erwarten, daß seine Krone gar nicht nachsinken sollte, so darf man doch annehmen, daß dieses weniger erfolgen wird, als wenn die Zwischenräume der Reiser frei geblieben wären.

Die Art der Ausführung ist folgende: zwei Pfahlreihen, die 15 Fufs von einander entfernt sind, schliessen den Damm ein. Die Abstände der einzelnen Pfähle in den Reihen messen 10 Fufs von Mitte zu Mitte, und zwar stehn je zwei in beiden Reihen einander gegenüber, so daß sie gegenseitig durch Eisenstangen verankert werden können. Diese Pfähle sind so lang, daß sie in festeren Boden eingreifen, also an dem Sacken der Packung nicht Theil nehmen. Sie reichen 1 Fufs über Mittelwasser, und sind an den innern Seiten durch Gurtungen mit einander verbunden. An letztere lehnen sich Wände von lothrecht eingestossenen Brettern, die nur wenig in den Grund eindringen, und zwischen diese werden Faschinen gepackt und über Wasser mit flachen Steinen überdeckt.

Die Baggerung wird nicht bis an den Damm fortgesetzt, vielmehr läßt man davor ein 10 Fufs breites Banket. Der über den Damm geworfene Schlamm nimmt haßseitig die Böschung von 1 : 40 bis 1 : 50 an, woraus sich ergibt, daß er sehr dünnflüssig ist, nichts desto weniger wird er in den Ablagerungen über Wasser dennoch nach einigen Tagen schon so fest, daß man ziemlich sicher darauf gehen kann. Es steht dahin, ob diese Erfahrung vielleicht noch zur Vereinfachung der Construction führen wird.

Wenn der Untergrund so fest ist, daß er bei starker Belastung nicht seitwärts ausweicht, und dabei die Pfahlwände fortschiebt, sondern nur durch Wellenschlag und Strömung ausgespült

werden kann, wie dieses bei abgelagertem Thon und besonders bei Sand der Fall ist, so gewinnt die Construction wesentlich an Solidität, sobald man den von den Pfahlwänden eingeschlossnen Raum durch Steinschüttung ausfüllt. Der Damm erhält dadurch nicht nur so viel Masse, dafs er selbst dem stärksten Wellenschlag widersteht, sondern es hören alsdann auch die in kurzen Zwischenzeiten nothwendigen Nachpackungen auf, und es hindert sogar nichts, ihn zu übermauern und ihm dadurch eine so lange Dauer zu sichern, wie solche überhaupt nur erreicht werden kann. Um diese günstigen Erfolge herbeizuführen, mufs das Holz, also die Pfähle nebst den Gurtungen, nicht weit über Wasser treten, damit es durch abwechselnde Benetzung und Austrocknung nicht leidet. Es darf auch keiner sonstigen Zerstörung, wie etwa durch den Bohrwurm, ausgesetzt sein. Endlich müssen die Pfähle einen sichern Stand haben, damit sie dem Seitendruck der Steinschüttung hinreichenden Widerstand leisten. Die Schüttung selbst nimmt keineswegs sogleich eine dauernde Lage an. Dieses geschieht erst, nachdem sie wiederholentlich dem Wellenschlag ausgesetzt gewesen, auch die durch den neuen Bau veranlafsten Strömungen ihre Wirkungen geäußert, und die betreffenden Rinnen wenn auch nur vorübergehend sich daneben gebildet haben. Aus beiden Ursachen senkt sich die Steinschüttung im Damm, und wenn auch die Möglichkeit bleibt, dafs dieses bei gewissen Witterungsverhältnissen nach vielen Jahren noch aufs Neue eintreten kann, so ist solche Gefahr doch nur gering, und bei gehöriger Aufmerksamkeit lassen sich diejenigen Stellen, wo ein Nachsacken der innern Schüttung noch zu besorgen ist, durch Anschütten von Steinen auf der äufsern Seite und zwar in solcher Tiefe, dafs die Schifffahrt dadurch nicht leidet, immer beseitigen. Dringend nothwendig ist es daher, die Schüttung mehrere Jahre hindurch frei liegen zu lassen, bevor man sie übermauert und den Bau vollendet.

Es ist nicht in Abrede zu stellen, dafs das Einrammen der Pfähle in offner See, um die Pfahlwände zu bilden, die so dicht sein müssen, dafs keine Steine hindurchfallen, manche Schwierigkeiten bietet. Dieses ist wohl der Grund, weshalb man an der Ostsee in früherer Zeit lieber Steinkisten wählte, aber beim Vergleich beider Constructionsarten zeigt jene doch überwiegende

Vorzüge. Sie stellt einen zusammenhängenden und in sich fest verbundenen regelmässigen Damm dar.

Nach vorstehenden allgemeinen Andeutungen der Construction muß erwähnt werden, daß dieselbe keineswegs neu, vielmehr schon vielfach zur Anwendung gekommen war. Die Hafendämme bei Dover, die im Anfange des sechszehnten Jahrhunderts ausgeführt wurden (§ 48), bestanden aus doppelten, gegenseitig verankerten Pfahlwänden, wozwischen Kalksteine gepackt waren. Als 1809 das Humber-Dock zu Kingston-upon-Hull eröffnet war, erbaute man vor demselben noch einen geschützten Vorhafen, das Bassin genannt, um den Schiffen vor der Dockschleuse einen sichern Liegeplatz zu schaffen, und um zugleich das Durchschleusen derselben bei heftigem Wellenschlag zu ermöglichen. Die Piers, welche diesen Vorhafen bilden und von beiden Seiten aus gegen einander treten*), sind wesentlich in der hier in Rede stehenden Art ausgeführt. Fig. 151 zeigt den Querschnitt und einen Theil der Längen-Ansicht derselben. Bei Springfluthen beträgt der Fluthwechsel hier 20 Fufs 3 Zoll, der Meeresboden wird also in dieser Zeit trocken, und die niedrige und schwache Spundwand im Innern der Pfahlreihen konnte zeitweise, namentlich wenn kleine Fangedämme davor errichtet waren, welche die tieferen Einsenkungen abschlossen, bequem eingerammt und durch Zangen verbunden werden. Die Pfähle der eigentlichen Wände sind 6 Fufs von einander entfernt und auf der innern Seite mit Bohlen verkleidet, die auf jenen Zangen aufliegen. Außerdem verbinden Gurthölzer die Pfähle jeder Reihe mit einander, und beide Reihen sind durch zwei doppelte horizontale und zwei einfache schräge Zangen gegen einander verankert und verstrebt. Reibhölzer gestatten das Anlegen der Schiffe, und ein Bohlenbelag bildet die obere Brücke, die auf der äußern Seite noch mit einem leichten Geländer versehen ist. Zu den sämtlichen Verbandstücken ist Kiefernholz benutzt. Der Zwischenraum zwischen beiden Pfahlreihen ist mit einer Steinschüttung gefüllt, die aber auffallender Weise sich nicht so weit, wie die Bohlenverkleidung, erhebt. Dieser Bau ist übrigens

*) Transactions of the institution of civil engineers. Vol. I. London 1834. pag. 26.

namentlich bei südöstlichen Winden einem heftigen Wellenschlag ausgesetzt, indem alsdann die Wellen aus der Nordsee ungeschwächt in den etwa eine halbe Deutsche Meile weiten Busen des Humber einlaufen.

Um noch ein Beispiel der Anwendung dieser Constructions-Art in England anzuführen, mag auf die Aeußerung des Ingenieurs John Coode wieder hingewiesen werden. Derselbe wurde in der vom Parlament im Jahre 1860 veranlafsten Vernehmung über zweckmäßige und wohlfeile Hafen-Anlagen befragt, welche Bauart er in dieser Beziehung empfehlen könne. Er erwiderte darauf, dafs die Einwohner des Städtchens Bridport, wo der Hafen ganz verfallen gewesen, ihn befragt hätten, in welcher Weise sie mit geringen Kosten einen neuen Pier ausführen könnten. Der alte habe aus dichten Pfahlreihen bestanden, die ihn auf beiden Seiten und am Kopf umschlossen, wozwischen eine Kies-Schüttung angebracht gewesen wäre. Die Pfähle seien aber vorzugsweise in der Höhe des gewöhnlichen Niedrig-Wassers vom Bohrwurm angegriffen und zum Theil abgebrochen. Die zur Schüttung verwendeten kleinen Steine wären auch von dem überaus heftigen Wellenschlag, der hier eben so stark wie in Plymouth ist, in Bewegung gekommen und fortgetrieben. Er habe die Beibehaltung derselben Construction empfohlen, jedoch mit dem Unterschiede, dafs die Füllung nicht aus Strandkieseln, sondern aus grofsen Steinblöcken bestehn, und dafs die Pfähle vorher mit Creosot getränkt werden sollten. Wegen der gröfsern Dimensionen der Steine habe er die Pfähle zwei bis drei Fufs auseinander gestellt und dadurch die Baukosten wesentlich vermindert. Dieser Bau sei nach seinem Vorschlag in der Ausführung begriffen.

An der Ostsee hatte man diese Bauart bereits früher verschiedentlich angewendet, und wenn sie auch noch in keinem Hafen vollständig durchgeführt war, so bewährte sie sich doch gerade an solchen Punkten, die vom Wellenschlag besonders getroffen wurden. Die beiden Hafendämme vor Swinemünde sind, wie die Situations-Zeichnung auf Taf. XVI angiebt, auf der innern Seite mit vortretenden Köpfen versehen. Diese sollten theils eine zu grofse Annäherung des tiefen Stromschlauchs an die Molen verhindern, und sonach diese schützen, vorzugsweise dienten sie aber während des Baues als bequeme Anlegestellen,

um die Steine zu löschen. Auch gegenwärtig werden sie zu demselben Zweck noch benutzt. Jedenfalls sind sie den Beschädigungen durch Strömung und Eisgang besonders ausgesetzt, zugleich aber treffen die Wellen bei westlichen Winden mit großer Heftigkeit diejenigen Köpfe, die der See am nächsten liegen. Diese werden daher an ihren Stirnflächen in jeder Beziehung stark angegriffen. Nichts desto weniger fehlt vor ihnen die flache Böschung, und sie lehnen sich nur gegen eine an der innern Seite verschaalte Pfahlreihe. Letztere muß freilich nicht selten reparirt werden, da die Pfähle, indem sie etwa 6 Fuß über den mittlern Wasserstand heraufreichen, in ihren obern Theilen schadhafte werden, auch die Holme darüber so wie die Bohlenverkleidung oft leiden. Die Steindecke, welche sich an diese Wand lehnt, sinkt auch häufig ein und einzelne Steine werden von den Wellen hinausgeworfen, aber die Pfahlwände sind nicht merklich überwichen und haben sich bis zum Wasserspiegel auch gut erhalten. Wenn die Pfähle einander näher ständen, so daß keine Steine hindurchfallen könnten, und wenn überdies der über Wasser befindliche Theil des Baues gehörig gesichert worden wäre, so würden die erwähnten Beschädigungen ohnerachtet der gefährlichen Lage dieser Wände nicht vorgekommen sein.

Bei Erbauung des östlichen Damms neben der Mündung des eigentlichen Hafens von Pillau wurde, wie bereits § 52 erwähnt ist, die Steinschüttung und zugleich der Unterbau, der aus Senkstücken bestand, an der Hafenseite und vor dem Kopf gegen eine geschlossene Pfahlwand gelehnt. Die dabei gewählte Constructions-Art ist bereits beschrieben, auch zugleich mitgetheilt, daß dieselbe nach dreißig Jahren ganz unversehrt befunden wurde, und ihren Zweck noch vollständig erfüllte, wie dieses bis zur neusten Zeit geschehn ist. Sie ist aber namentlich vor dem Kopf des Damms nicht nur dem Wellenschlag des Haffs, sondern bei westlichen Stürmen auch dem der See ausgesetzt.

Auf diesen günstigen Erfolg gestützt, wurde sodann der westliche Hafendamm vor Stolpmünde sowol auf der innern Seite, als auch vor dem Kopf mit einer geschlossenen Pfahlwand umgeben, gegen welche sich die Steinschüttung lehnte (§ 40 b). Wenn auch bei dem Sturm im December 1863 die obern Steine herabgeworfen wurden, so war dennoch die Zerstörung hier nicht

so groß, als bei den übrigen, mit flacher Steinböschung versehenen Hafendämmen im Cösliner Regierungsbezirk, und die Pfahlwände hatten sich unversehrt erhalten. Die Pfahlwand, welche den Kopf begrenzt, war aber dem vollen Wellenschlag der offenen See ausgesetzt.

§ 58.

Uebermauerte Steinschüttungen zwischen Pfahlwänden.

In Folge der vorstehend mitgetheilten Erfahrungen, und da die Unhaltbarkeit der flachen Steinschüttungen sich immer auffallender herausstellte, empfahl ich diese Bauart, als 1864 die Hafendämme vor Stolpmünde verlängert werden sollten. Zur dauernden Sicherung der Werke schlug ich aber vor, die Schüttung in der Höhe des mittleren Wasserstands zu übermauern. Dieses wurde genehmigt, und wenn gleich bei diesem ersten Versuch vorzugsweise wegen der großen Uebereilung des Baues und der ungenügenden Verankerung der Pfahlwände (§ 40 b) einzelne Theile der Dämme einstürzten, so hat sich die Construction doch später sowohl hier, wie in Swinemünde, in Rügenwaldermünde und in Pillau bewährt und ohne Beschädigung den heftigsten Stürmen widerstanden. Der Beschreibung der Einzelheiten dieser Bauten mögen einige allgemeine Bemerkungen vorangehn.

Die Pfähle müssen aus kernigem Kiefernholz bestehen, das unter Wasser eine fast unvergängliche Dauer hat und sich sogar besser hält, als Eichenholz. Es ist auch nicht nöthig, beschlagenes Balkenholz zu wählen, da Rundpfähle von gleichem Querschnitt bedeutend wohlfeiler sind.

Die einzelnen Pfähle müssen so nahe neben einander stehn, daß kein Stein, der zur Schüttung verwendet wird, hindurch fallen kann. Dabei kommt noch in Betracht, daß die Wand dem Seitendruck einen um so größern Widerstand entgegen setzt, je größer die Anzahl der Pfähle ist, aus denen sie besteht. Die beiden gegenüber stehenden Wände lassen sich, so lange der innere Raum nur mit losen Steinen gefüllt ist, leicht mit einander verankern, wodurch dem Ausweichen wirksam begegnet wird.

Auch später, ehe die Schüttung übermauert wird, steht einer soliden Verankerung in der Höhe des mittlern Wasserstands nichts entgegen, da aber bei einem zufälligen Bruch der Anker die Instandsetzung schwieriger ist, so empfiehlt es sich, der Wand schon in sich die möglichst größte Widerstandsfähigkeit zu geben, indem theils die Pfähle so nahe an einander gestellt werden, daß die nach oben gerichteten Stammenden derselben sich unmittelbar berühren, theils aber auch die ganze Pfahlwand rückwärts geneigt wird.

Letzteres erregt zwar Bedenken, wenn der ausführende Baumeister nur solche Rammen kennt, deren Läufer Ruthen senkrecht stehn. Vielfache Erfahrungen zeigen aber, daß jede Besorgniß in dieser Beziehung ungegründet ist, sobald man bei großer Ausdehnung der Rammarbeiten die Maschinen hierzu passend einrichtet. Für das Anlegen der Schiffe ist es gleichgültig, ob die Wand senkrecht steht, oder sich etwas rückwärts neigt. Nach der Ansicht der Englischen Ingenieure kann die Wand bis 45 Grad gegen das Loth geneigt sein, ohne daß die dagegen tretende Welle die fortschreitende Bewegung annimmt. Sind die Wände gegen einander geneigt, so erhält der ganze Damm bei gleich großem Querschnitt auch mehr Stabilität, als wenn die Wände senkrecht stehn.

Vorzugsweise empfiehlt sich aber diese schräge Richtung, insofern dadurch der Seitendruck der Steinschüttung sich wesentlich vermindert. In welchem Maasse dieses geschieht, ist schon im II. Theil § 1 dieses Handbuchs nachgewiesen, und daselbst gezeigt, daß vergleichungsweise zu dem Druck gegen eine lothrechte Wand dieser sich auf die Hälfte verringert, sobald man der Wand die mäßige Neigung von 1 zu 4 giebt oder sie 14 Grad gegen das Loth neigt. Bei dieser Stellung der Pfähle lassen sich die Rammarbeiten noch eben so leicht und sicher ausführen, als wenn die Pfähle lothrecht eingetrieben würden.

Zunächst müssen die Pfähle jeder Wand unter sich verbunden werden, damit sie sich gegenseitig unterstützen und der starke Druck, dem vielleicht einzelne beim Einwerfen der Steine ausgesetzt sind, auf mehrere sich überträgt. Sodann sind beide Wände gegen einander zu verankern. Hierauf wird die Steinschüttung eingebracht, und zwar muß dieses möglichst bald ge-

schehn, weil die frei stehenden Wände, besonders auf ansteigendem Grunde, von den anlaufenden Wellen stark gestossen werden.

Vielfach ist man der Ansicht, das Steinschüttungen auf reinem Seesand unhaltbar sind, und deren dauerndes Herabsinken nur durch eine Unterlage von Faschinen sich verhindern läßt. Es mag nicht in Abrede gestellt werden, das dadurch die Senkungen in gewissem Grade vermindert, oder wenigstens verzögert werden. Wenn indessen zur Seite des Hafendamms eine große Vertiefung eintritt, so hat die Schüttung in demselben, mag sie auf Faschinen ruhn, oder unmittelbar auf den Sand aufgebracht sein, keine gesicherte Lage, so lange sie nicht bis unter die Sohle der tiefen Rinne herabgesunken ist. Es wird also durch solche Strauchbettung nichts gewonnen, vielmehr der Uebelstand herbeigeführt, das der Zustand, in welchem das Werk sich dauernd erhalten läßt, erst später eintritt. Man beschleunigt aber die sichere Ablagerung der Steine, wenn man diese unmittelbar auf den Sand wirft, und ihrer Schüttung so wenig Höhe giebt, das die Bewegung des Wassers sich möglichst vollständig dazwischen fortsetzen kann. Die Faschinenbettung unter den Steinen, besonders wenn sie eine bedeutende Dicke hat, wirkt aber noch insofern nachtheilig, als sie nach und nach und zwar mehrere Jahre und sogar Jahrzehnte hindurch unter dem Gewicht der darauf ruhenden Steinmasse sich comprimirt, und sonach dauernde Bewegungen im Hafendamm veranlaßt, die eine feste Abdeckung desselben unmöglich machen.

Besonders wichtig ist es ferner, das die Schüttung, die bis zum mittleren Wasserstand sich erhebt, nicht sogleich übermauert wird. Beim Gegenschlage der Wellen wird sie so lange in Bewegung gesetzt, bis sie eine geschlossene Lage angenommen hat. Außerdem aber senkt sie sich zugleich tiefer in den Grund ein. Auch gestalten sich durch solchen weit vortretenden Bau die Strömungen anders, als sie früher waren, und es bilden sich leicht tiefere Rinnen, die zu Unterspülungen und weiterm Nachsinken der Steine Veranlassung geben. Diese verschiedenen Bewegungen sind ohne Nachtheil, so lange die Schüttung noch nicht übermauert ist, wohl aber werden sie später höchst gefährlich. Es ist daher dringendes Erforderniß, wie auch die traurigen Erfahrungen in Stolpmünde gezeigt haben, das man

mehrere Jahre hindurch den Bau in diesem Zustande erhalten muß, wobei er seinen Zweck schon in der Hauptsache auch bereits erfüllt.

Diese Andeutungen, welche wesentlich mit denjenigen übereinstimmen, die ich 1864 in der ersten Ausgabe dieses Handbuchs aussprach und durch die nicht geänderten Figuren 152 *a* und *b* auf Taf. XXXIII erläuterte, werden zur allgemeinen Bezeichnung der in Rede stehenden Bauart genügen. Die Einzelheiten der Construction, die mit manchen Modificationen bisher gewählt wurden, mögen nunmehr näher beschrieben werden.

Die Hafendämme vor Stolpmünde waren die ersten, die nach diesem System ausgeführt sind, doch keineswegs geschah dieses mit sorgfältiger Beachtung der vorstehenden Bedingungen, woher auch, wie § 40 *b* erwähnt ist, einige Theile einstürzten. Dergleichen Unfälle sind in den Häfen Rügenwalder-Münde, Swinemünde und Pillau an den nach derselben Constructions-Art erbauten Dämmen nicht vorgekommen.

Fig. *A* auf Taf. XXXIII. *a* stellt den Damm bei Rügenwalder-Münde dar, nämlich Nr. 1, 2 und 3 in der Ansicht von der Seite, von oben und im Querschnitt beim Beginn des Baues, Nr. 4 aber nach Beendigung desselben. Der westliche Flügel (vergl. Fig. 117 auf Taf. XX), mit dem der Anfang gemacht wurde, ist ohnfern des Ufers und zwar in der Höhe des mittlern Wasserstandes 20 Fufs breit, verbreitet sich aber weiterhin auf 26 Fufs. Seine Krone liegt $8\frac{3}{4}$ Fufs über Mittelwasser und die Brustmauer erhebt sich darüber noch $3\frac{1}{2}$ Fufs.

Bei der großen Ausdehnung der Ramarbeiten mußte dafür gesorgt werden, daß die Maschinen in passender Weise eingerichtet und in gehöriger Anzahl vorhanden waren. Da es aber Bedingung war, daß die im Verhältniß von 1 : 4 geneigten Pfahlwände möglichst regelmäfsig und gut schliefsend dargestellt würden, so mußte von der Aufstellung der Rammen auf Prahme ganz abgesehen werden. Dieses verbot sich überdiess auch dadurch, daß man in solchem Fall nur bei sehr ruhiger See, also mit vielfachen und langen Unterbrechungen die Arbeit hätte betreiben können, wodurch nicht nur der Bau verzögert, sondern auch die Schwierigkeit entstanden wäre, die Arbeiter in den Zwischenzeiten angemessen zu beschäftigen.

Hiernach wurde die Ausführung eines Rammerüstes und zwar in der Höhe von 10 Fufs über Mittelwasser zunächst vorgesehn. Da dasselbe auch nahe bis zur Vollendung des ganzen Baues zur Anfuhr der Steine und anderer Materialien benutzt werden sollte, so wurde es in der angegebenen Höhe am Strande begonnen, indem man daselbst zugleich einen angemessnen Zugang darstellte. Diese Rüstung bestand aus Jochen, die von Mitte zu Mitte 8 Fufs von einander entfernt waren, und aus drei lothrecht eingerammten Pfählen und einem Holm gebildet waren, wozu noch zwei schräge Bänder kamen, um die Pfähle vorläufig zu sichern. Außerdem wurden häufig auch die einzelnen Pfähle, ehe sie unter sich verbunden waren, noch durch aufgenagelte Latten mit dem letzten Joch in Verbindung gesetzt. Indem die Holme aber bis zur spätern Uebermaurung des Damms noch zur gegenseitigen Verankerung der gegenüber stehenden Pfahlwände dienten, so durften sie durch Zapfenlöcher nicht geschwächt werden, vielmehr wurden die Pfähle etwas versetzt und griffen mit Blattzapfen seitwärts darüber, während starke Bolzen die Verbindung bildeten.

Sobald ein Joch dargestellt war, konnte der Bohlenbelag bis zu demselben ausgedehnt und eben so weit auch die Rammen vorgeschoben werden. Um aber die Pfähle für das nächst folgende Joch einzutreiben, bediente man sich der im ersten Theil dieses Handbuchs § 35 beschriebenen und daselbst in Fig. 214 perspectivisch gezeichneten sogenannten *Pionirramme*. Das Beischaffen der Pfähle auf der Rüstung war meist wegen der dahinter stehenden Rammen unmöglich, dagegen machte es selbst bei bewegter See wenig Schwierigkeit, jeden Pfahl an einer Fangleine zur Seite der Rüstung schwimmend herbeizuziehen, und an derselben Leine aufzuheben. Sobald aber die Pfähle tief genug eingetrieben waren, liefsen sich leicht einige Bohlen soweit vorschieben, dafs von diesen aus eine Bohle hochkantig daran genagelt, und auf letztere einige Bohlen so befestigt werden konnten, dafs das Zuschneiden der Pfahlköpfe und das Aufbringen des Holms keine weitem Schwierigkeiten machte. In dieser Weise konnte das Einrammen der Mittel- wie der Seitenpfähle und der Bau der ganzen Rüstung, selbst bei stark bewegter See unbehindert fortgesetzt werden. Wie schon oben mitgetheilt

worden, war man vor Stolpmünde während des Winters 1864 auf 1865 nur einmal wegen heftigen Wellenschlags gezwungen gewesen, die Arbeit zu unterbrechen.

Nachdem zwei oder drei Joche in dieser Weise aufgestellt sind, und die Pionir-Ramme soweit vorgerückt ist, daß man die großen Zugrammen über das erste dieser Joche schieben kann, so beginnt das Eintreiben der Wandpfähle, und zwar zunächst werden je zwei besonders starke und lange Pfähle ohnfern der beiden Enden des Holms unter der Neigung von 1 zu 4 gegen das Loth so eingestellt, daß sie den Holm umschließen, wie Fig. A, 2 und 3 zeigt. Da diese Pfähle aber Theile der Wand bilden, so müssen sie fest eingetrieben werden, und zu diesem Zweck läßt man die Zugramme nur so lange auf sie wirken, als sie noch leicht eindringen, und bringt alsdann die Kunstrammen darüber. Wenn sie nunmehr hinreichend fest stehn, so werden sie mit dem Holm verbunden. Durch dazwischen getriebene Keile entfernt man sie so weit aus einander, daß sie den Holm nicht mehr berühren, und in diesem werden alsdann flache Einschnitte gemacht, die den Kämme an den Pfählen entsprechen, wie Fig. J auf Taf. XXXIII. b dieses zeigt. Wenn nunmehr nach dem Entfernen der Keile die Pfähle sich noch nicht scharf an den Holm anlehnen, so muß man sie durch Schrauben in starken eisernen Bügeln, welche beide Pfähle umfassen, zusammenbringen, worauf das Loch für den Bolzen durchgebohrt und letzterer eingezogen und mittelst der Schraubenmutter befestigt wird.

Man darf indessen die Holme nicht zu tief einschneiden, da es vorgekommen ist, daß in solchem Fall durch den Seitendruck der noch losen Steinschüttung die Köpfe derselben abgerissen sind. Indem die Pfähle auf größere Länge frei stehn, so ist es leicht, sie auseinander zu keilen, demnächst aber auch nach dem Einziehen der Schraubenbolzen mittelst der aufgesetzten Muttern sie wieder so weit zusammenzubringen, daß sie den Holm scharf umschließen, wodurch das Joch eine sehr feste Verbindung erhält.

Man giebt den Jochen außerdem aber noch eine Verbindung in der Längenrichtung des Damms, indem man sowohl an die äußere, wie an die innere Seite dieser Schrägpfähle Gurtungen oder Zangen durch Schraubenbolzen befestigt. Diese bleiben jedoch nicht dauernd, sondern werden später entbehrlich. Sie

haben zugleich den Zweck, daß sie beim Einrammen der Mittelpfähle als Zwingen oder Lehren dienen, wie solche bei Ausführung von Spundwänden üblich sind. (Theil I. § 39.) Wenn man, wie erwähnt, die stärksten Pfähle neben die Joche stellt, so bleibt zwischen den daran befestigten Gurtungen hinreichender Spielraum für die Zwischenpfähle.

Diese Zwischenpfähle werden wieder zunächst mit der Zugramme eingestellt und bis zu mäfsiger Tiefe eingetrieben, worauf die Kunstramme oder die Dampfamme folgt und die Pfähle zur vollen Tiefe herabschlägt.

Es darf kaum bemerkt werden, daß man durch Proberammen, was bei ruhiger Witterung von Prahmen aus geschehn kann, vorher schon untersuchen muß, wie tief die Pfähle an den verschiedenen Stellen des Damms ungefähr eindringen, und welche Längen sie daher haben müssen. Aufserdem ist es aber nicht nur zur Beschleunigung des Baues, sondern auch um die sämmtlichen Arbeiter dauernd zu beschäftigen, nothwendig, alle vorerwähnten Rammen so einzurichten und in der Art zu besetzen, daß sie möglichst gleichmäfsig vorrücken, die hintersten also nicht aufser Thätigkeit gesetzt werden dürfen, weil die vorhergehenden noch im Wege stehn. Andererseits dürfen die vordern Rammen aber auch nicht zu weit vorrücken, weil der eben begonnene Bau noch nicht vollständig gesichert ist, und bei heftigen Stürmen, wie mehrfach geschehn, zerstört werden kann, so länge die Steinschüttung zwischen den Pfahlwänden noch fehlt. Das Umsetzen der Rammen von einer Seite des Damms auf die andere muß jedenfalls vermieden werden, da es zu mühsam und zu zeitraubend sein würde. In der Längenrichtung lassen sich aber die Zug- und Kunstrammen leicht verschieben und noch weniger Mühe macht in dieser Beziehung die Dampfamme, welche auf Rädern steht und auf Schienen läuft.

Die Steinschüttung darf hinter den Rammarbeiten nicht zurückbleiben, man muß vielmehr stets bemüht sein, sie möglichst weit vorzutreiben. Indem die Anfuhr jedoch am bequemsten und am passendsten auf dem Damm selbst und zwar auf einem Schienen-Geleise erfolgt, so kann die Schüttung nur hinter den Rammen beginnen. Zuweilen bleibt man absichtlich noch mehr zurück, indem man besorgt, die Steine möchten von

den Wellen in Bewegung gesetzt und weiter hinausgetrieben werden, so daß sie den Grund verunreinigen und das regelmäßige Eindringen der Pfähle verhindern. Diese Besorgniß ist indessen unbegründet, wie die Erfahrung an allen in dieser Art ausgeführten Bauten gezeigt hat. Die jedesmal von der Seeseite her anlaufende Welle stößt die obern Steine der Schüttung landwärts, also nach der Wurzel des Damms, das zurückfließende Wasser übt aber keine entgegengesetzte Wirkung aus, da es durch die Zwischenräume der Pfahlwände großentheils entweicht. Die Welle bewegt sich nämlich nicht mit gleicher Geschwindigkeit innerhalb der Wände und außerhalb derselben. Letztere ist die größere, außerdem erhebt sich der Scheitel der Welle über der steil ansteigenden Schüttung auch höher, als diejenige, die auf den Strand aufläuft, und sonach erfolgt hier jedesmal ein starker Abfluß zur Seite, und die Rückströmung im Damm selbst ist zu schwach, als daß sie die Steine fortreiben könnte. Man bemerkt auch sehr deutlich die Bewegungen, die während eines starken Wellenschlags eingetreten sind, wenn man die Höhenlage der Schüttung vor und nach dem Sturm vergleicht. Eine starke Senkung tritt jedesmal am äußern Ende ein, während landseitig die Schüttung, die sich früher nur bis zum Mittelwasser erhob, oft 3 bis 4 Fufs darüber angestiegen ist.

Was die Größe der Steine betrifft, so ist dieselbe ziemlich gleichgültig, doch dürfen die Steine nicht so klein sein, daß sie durch die Fugen der Wand durchfallen können. Je größer die Steine sind, um so größer sind auch die freien Zwischenräume zwischen denselben, und man bemerkt oft, daß die Wellen, welche seitwärts einen solchen Damm treffen, sich durch denselben hindurch, jedoch nur in sehr geringer Höhe, in den Hafen fortsetzen. Diese Erscheinung ist indessen ohne Nachtheil, denn sollte dabei zugleich Sand eintreiben, so würde derselbe in den unregelmäßigen Fugen stark niederschlagen und diese nach und nach schließsen. Das gleichzeitige Verschütten größerer und kleinerer Steine dürfte aber kaum die Verhältnisse ändern, da man die kleinern doch nicht so auswerfen kann, daß sie gerade die Zwischenräume zwischen den größern füllen.

Wenn die Schüttung in der ganzen Länge des Damms und zwar bis zum Niveau des mittlern Wasserstands ausgeführt ist,

so daß sie später von hier ab bis zur beabsichtigten Kronenhöhe übermauert werden kann, so muß sie nunmehr, bevor die Uebermauerung vorgenommen werden darf, einige Jahre hindurch in diesem Zustande sich selbst überlassen bleiben, damit eines Theils der heftige Wellenschlag bei starken Stürmen die einzelnen Steine so lange bewegt, bis sie eine feste Lage annehmen, vorzugsweise aber, damit die durch den Damm veranlaßten Aenderungen der Strömungen zur vollen Wirksamkeit kommen und diejenigen Vertiefungen daneben dauernd oder vorübergehend sich eingestellt haben, welche ein tieferes Herabsinken der Schüttung in den Untergrund veranlassen könnten. Die sofortige Uebermauerung würde dieses freilich nicht verhindern, aber sie würde, wenn das Sinken nicht ganz gleichmäßig erfolgt, der Bewegung nicht folgen und es würden Höhlungen entstehen, die den ganzen Bau in Gefahr setzen. Bei Stolpmünde geschah dieses, und mit Rücksicht auf die Uebereilung des Baues, wozu noch die Vernachlässigung der vorgeschriebenen Verankerung kam, darf es nicht befremden, daß die Dämme zum Theil einstürzten.

Die Hafendämme bei Rügenwalder-Münde konnten, wie alle größern Bauten dieser Art, in einem Jahr nicht im Unterbau beendet werden, und es kam daher darauf an, vor dem Eintritt der Herbststürme keinen Theil der Pfahlwände frei, also ohne Hinterfüllung mit Steinen während des Winters stehn zu lassen. Zu diesem Zweck wurden die Seitenwände an ihren Enden noch durch eine leichte Zwischenwand mit einander verbunden, die bei Fortsetzung der Arbeit wieder beseitigt werden konnte. Die Pfähle dieser Wand wurden daher nur ziemlich lose eingerammt, und an ihren Köpfen durch Zangen, die rückwärts gehörig verankert waren, gehalten. Um aber die Anzahl der Pfähle möglichst zu vermindern, so befestigten Taucher an die innere Seite derselben eine Bretter-Verschaalung, die das Durchfallen der Steine verhinderte.

Bei starkem Wellenschlag verändert sich die Ablagerung der Steine. Am äußern Ende des Damms werden sie zurückgestossen und die Schüttung senkt sich so sehr, daß sie den Pfahlwänden nicht mehr die nöthige Unterstützung bietet, während sie weiter rückwärts sich so hoch erhebt, daß die Steine sogar über die Köpfe der Zwischenpfähle in den Hafen fallen. Diese Uebel-

stände lassen sich dadurch vermeiden, daß man die Schüttung mit einzelnen besonders großen und schweren Blöcken überdeckt, welche durch den Stofs der Wellen nicht fortgeschleudert werden. Dieselben brauchen keineswegs geschlossen zu liegen, um die Bewegung der kleinern Steine daneben zu verhindern, sie sinken aber, sobald eine Vertiefung eintritt, mit der Schüttung an der Stelle, wo sie liegen, zugleich herab und lassen also keine Höhlungen entstehen.

Indem der Transport solcher schweren Blöcke nicht leicht ist, vielfach auch Geschiebe von großen Dimensionen gar nicht zu beschaffen sind, so empfiehlt es sich, sie aus Béton darzustellen und zwar am bequemsten an der Stelle, wo sie liegen sollen. Man stellt also die Formkasten auf die lose Steinschüttung, nachdem dieselbe ungefähr den mittlern Wasserstand erreicht hat, und bildet Bétonblöcke von mindestens einer halben Schachtruthe Inhalt. In einem Fall hat man bei der spätern Uebermauerung der Schüttung diese Blöcke wieder abgehoben und sie an passende Stelle versetzt. Dieses ist jedoch entbehrlich, wenn man sie sogleich in der Art stellt, daß sie das spätere Einziehen der Anker in der Höhe des mittlern Wasserstands nicht verhindern. Wenn man sie indessen nicht abhebt, so lassen sich die Böden der Formkasten auch nicht beseitigen. Dieser Umstand ist von wenig Bedeutung, und beim Swinemünder Bau ist dieses wirklich geschehn. Will man aber selbst dieses geringe Sinken vermeiden, das beim Verrotten der Bodenbretter eintreten kann, so hindert nichts, die Kasten mit Böden von getheerter Leinwand zu versehen, die das Wasser von dem frischen Béton abhalten. Die Seitenwände der Kasten müssen aber jedenfalls nach dem Erhärten der Masse entfernt werden, was auch keine Schwierigkeiten macht, da sehr weite Fugen zwischen den Blöcken schon offen gelassen werden müssen, damit diese einzeln ungehindert nachsinken können.

Die bisher beschriebene Construction läßt sich in der erforderlichen Schärfe nur ausführen, wenn der Grund rein ist. Liegen dagegen Steine auf demselben, oder in geringer Tiefe darunter, so ist es unmöglich, die Pfahlwände so dicht zu machen, daß nicht einzelne Steine der Schüttung hindurchfallen. Vor unsern Häfen findet sich jedesmal reiner Baugrund, nämlich Thon-

boden, der meist mit Sand überdeckt ist. In allen Fällen, wo diese Bauart Anwendung gefunden hat, kam es aber darauf an, einen und vor Pillau sogar beide Hafendämme, die aus Senkstücken mit starker Steinüberdeckung aufgeführt waren, in der angegebenen Weise zu verlängern, und dabei trat der Uebelstand ein, daß die dichten Pfahlwände schon auf den Dossirungen der flach abfallenden Köpfe beginnen mußten, wo also ältere Steinschüttungen lagen.

Ohne Zweifel durfte angenommen werden, daß diese Schüttungen die Uebermauerung zwar sicher tragen, doch läßt sich letztere nur über Wasser ausführen, und wenn man sie auch zunächst durch Versetzen großer lagerhafter Steine und besonders von Bétonblöcken etwas überhöhen konnte, so war dieses doch nicht leicht thunlich, sobald die Schüttung tiefer als etwa 2 oder 3 Fufs unter Wasser lag. Hier mußten also die Pfahlwände beginnen, die jedoch nicht in der erforderlichen Regelmäßigkeit darzustellen waren, weil die Pfähle nur an solchen Stellen eingetrieben werden konnten, wo sie zufällig auf Fugen zwischen den Steinen trafen und auch alsdann war es meist unmöglich, sie hinreichend tief einzurammen. Hier blieben daher zwischen den einzelnen Pfählen oft weite Fugen, außerdem standen die Pfähle auch nicht in geraden Reihen und ließen sich also nicht unmittelbar an Gurtungen lehnen. Hierzu kam noch, daß sie auch keinen sichern Stand hatten. Um diese Uebelstände möglichst unschädlich zu machen, blieb nur übrig, ihre Verankerung dadurch zu vervollständigen, daß man in die Zwischenräume zwischen die einzelnen Pfähle und die äußern Gurtungen Keile eintrieb. Demnächst durften neben diesen Wänden nur besonders große Blöcke versenkt werden, von denen nicht zu besorgen war, daß sie durch die weiten Fugen hindurch fallen würden. Indem aber diese Gefahr auf solche Weise sich dennoch nicht ganz beseitigen ließ, so blieb schliesslich nur übrig, außerhalb der Pfahlreihen, auf der Seeseite noch Steinschüttungen anzubringen, welche möglichst steile Dossirungen darstellten und mit großen Bétonblöcken überdeckt waren, um das Forttreiben dieser Steine zu verhindern. Es muß bemerkt werden, daß Steinböschungen an solchen Uebergangsstellen auf den Hafenseiten bisher in keinem Fall erforderlich gewesen sind, daß sie

aber auf der Seeseite, wo der Wellenschlag die innerhalb der Wand liegenden Steine erschütterte und in Bewegung setzte, jedesmal ausgeführt werden mußten. Nichts desto weniger blieben diese Stellen doch lange Zeit hindurch bedenklich, indem bei Stürmen wiederholentlich Steine durch die Wand hindurch fielen. Dieses wird besonders gefährlich, wenn die Uebermauerung bereits ausgeführt ist. Man muß alsdann versuchen, die Höhlungen auf irgend eine Weise auszufüllen. Am meisten eignet sich hierzu die Anwendung von Säcken, die mit frischem Béton oder Mörtel gefüllt sind. Man schiebt dieselben in die Höhlungen, wo sie an alle Unebenheiten sich anschließen und nach dem Erhärten durch die Wellen nicht zurückgestoßen werden können.

In Swinemünde hat man zum Schließen der Fugen der Pfahlwände an diesen Uebergangsstellen mit gutem Erfolg angespitzte Eisenbahnschienen verwendet, welche wegen des geringen Querschnitts leichter, als hölzerne Pfähle in die Fugen zwischen den Steinen eindringen, und beim Einrammen auch die nächsten Steine seitwärts etwas zurückdrängten.

Nachdem die Hafendämme vor Stolpmünde wie § 40. b erwähnt, theilweise eingestürzt, und an diesen Stellen die Pfähle der äußern Wand über dem Grund abgebrochen waren, traten die oben erwähnten Uebelstände hier im vollsten Maasse ein. So gut es sich thun liefs, mußte vor die zerstörte Pfahlwand eine neue gestellt werden, und es war nothwendig, dieselbe wegen mangelnder Festigkeit wieder durch Steinschüttungen zu sichern. Letztere waren aber in sofern bedenklich, als sie ohnfern der Hafenmündung sich befanden, und daher zu besorgen war, daß bei starkem Seegange, namentlich wenn der Wind nicht direct das Ufer traf, die Steine vor und in die Mündung getrieben werden möchten. Um dieses zu verhindern, mußte noch eine eigenthümliche Vorsichts-Maafsregel ergriffen werden, die bei Gelegenheit der Molenköpfe beschrieben werden soll.

Wenn die Hafendämme auf reinem Meeresgrund mit gehöriger Vorsicht ausgeführt sind und die Uebermauerung erst nach einigen Jahren vorgenommen wird, so fehlt jede Veranlassung, sie seeseitig noch durch Steinböschungen zu sichern. Solche verstärken sogar den Stofs der Wellen, indem sie diese aus regelmäfsig schwingenden, in fortschreitende Wellen verwandeln. Durch die

Uebermaurung und durch die darüber gestellte Brustmauer wird freilich die Form der dagegen schlagenden Welle wesentlich verändert, und sie erhebt sich viel höher, als früher, wo sie über die Steinschüttung und die niedrigen Pfahlwände noch in den Hafen übertreten konnte. Es liegt indessen keine Erfahrung, noch auch ein irgend plausibler Grund zu der Annahme vor, daß der in solcher Weise verstärkte Wellenschlag auf Vertiefung hinwirken sollte. Letztere erfolgt allerdings durch verstärkte Strömung. Auf diese hat indessen die Uebermaurung keinen Einfluß, sie bildet sich vielmehr schon vollständig aus, sobald der Damm den mittlern Wasserstand erreicht.

Liegen die Hafendämme vor einer Strom-Mündung, so kommt dabei nicht nur die Küstenströmung, sondern auch der ausgehende Strom in Betracht, der namentlich vor den Köpfen, die meist näher an einander treten, sich verstärkt. Dieses erfolgt aber gleichfalls schon vor der Uebermaurung, und in solchem Fall ist es daher um so dringender, letztere nicht zu übereilen. Die Gefahr einer größern Vertiefung verschwindet aber meist nach wenig Jahren schon vollständig. Die Hafendämme wirken nämlich in gleicher Weise wie Bühnen, und veranlassen Verlandungen, während sie niemals das Profil des ganzen Meeres beschränken, also nicht wie Bühnen in einem Strom große Tiefen vor ihren Köpfen sich bilden. Die Hafendämme vor Stolpmünde wurden vor zehn Jahren bis zur Tiefe von 20 Fufs herausgeführt, während gegenwärtig nur noch Schiffe von 11 bis 12 Fufs, zuweilen sogar nur von 10 Fufs Tiefgang, in die neue Mündung einlaufen können.

Nachdem die Steinschüttung zwischen den Pfahlwänden einige Jahre hindurch sowohl dem Wellenschlage, wie auch den veränderten Strömungen ausgesetzt gewesen, und fernere Vertiefungen nicht mehr zu besorgen sind, geht man zur Uebermaurung und zur Vollendung des ganzen Damms über. Dabei müssen die Rüstungen beseitigt werden und mit dieser die bisherige Verankerung der Wände. Dieselbe bestand aus jenen Jochholmen, die zunächst mit den daneben stehenden Hauptpfählen verbunden waren. Die daran befestigten äußern Gurtungen sicherten bereits die einzelnen Pfähle der Wände gegen ein stärkeres Ueberweichen. Ehe diese Verankerung beseitigt werden

darf, muß die definitive eingebracht werden, die man möglichst tief legt, damit die neue Gurtung stets das Wasser berührt, oder doch nur selten darüber tritt. Diese braucht nur an der äußern Seite zu liegen, man wählt dazu aber recht kerniges und starkes Balkenholz. Eine Ueberblattung in den Stößen empfiehlt sich nicht, weil dadurch beide Stücke geschwächt werden, und eben so wenig bieten aufgebolzte eiserne Laschen, die auch schwierig zu befestigen sind, hinreichende Sicherheit. Am vortheilhaftesten ist es daher, die Gurtungen ohne weitere Verbindung nur stumpf zusammen zu stoßen, dafür aber zu sorgen, daß diese Stöße jedesmal in die Mitte zwischen zwei Anker treffen. Liegen letztere 8 Fufs aus einander, so ist jedes freie Ende nur 4 Fufs lang, und die Steifigkeit des Holzes verhindert das Biegen oder Brechen derselben durch den Druck der Pfähle. Die Gurtungen sowohl an der See- wie an der Hafenseite werden durch Anker aus Rundeisen etwa von 2 Zoll Stärke mit einander verbunden. Auf Längen von etwa 24 Fufs lassen diese sich noch bequem darstellen und einziehn. An einem Ende sind sie zuweilen mit Köpfen, auf dem andern aber, und oft auch auf beiden Enden mit Schraubengewinden versehen. Letztere müssen in etwas stärkere Stangen eingeschnitten und demnächst vorsichtig an die Rundstäbe angeschweißt werden. Wollte man das Anschweißen vermeiden und die Gewinde unmittelbar in die Ankerstäbe einschneiden, was bei der großen Länge wieder schwierig wäre, so würde der Querschnitt und mit diesem die absolute Festigkeit sich wesentlich vermindern.

Das Einziehn der Anker bietet keine Schwierigkeit, sobald man die in ihrer Richtung liegenden Steine beseitigt, und in die vorher leicht befestigten Gurtungen mittelst langer Bohrer vom Hafen aus die Löcher eingebohrt hat. Die Unterlag-Scheiben, sowohl unter den Köpfen, wie unter den Muttern, müssen aber passend keilförmig gestaltet sein, damit sie an die äußern schrägen Flächen der Gurtungen sich scharf anlegen, wie Fig. K auf Taf. XXXIII. b zeigt. Dabei muß man auch darauf Rücksicht nehmen, daß bei heftigem Wellenschlag der ganze Hafendamm erschüttert wird, und daß nach den bei Stolpmünde gemachten Erfahrungen die Schraubenmutter sich alsdann lösen. Um dieses zu verhindern, werden je zwei Muttern aufgesetzt, und nachdem

die erste scharf angezogen ist, schraubt man die zweite fest dagegen. Indem hierdurch beide, so weit es geschehn kann, gegen einander gedrängt werden, so pressen sie so stark gegen die Schraubengänge, daß dadurch ihre Bewegung verhindert wird. Sobald später die Unterlagsscheiben in das Holz sich eingedrückt haben und ein weiteres Anziehn nöthig wird, muß die Mutter, welche sich zunächst der Gurtung befindet, durch einen besondern Schlüssel gefaßt und gehalten werden, während man die vordere zurückdreht, um die Pressung zwischen beiden aufzuheben.

Auf das Einziehn der definitiven Anker folgt die Uebermauerung der Steinschüttung. Bevor man aber hierzu übergeht, muß man sich überzeugen, daß letztere sich bereits geschlossen abgelagert hat und keine Bewegung mehr zeigt. Zu diesem Zweck überdeckt man dieselbe zwischen den darüber gemauerten schweren Bétonblöcken, welche die obere Schicht der Steine dem Angriff der Wellen entziehen, mit einer dünnen Bétonlage. Dieselbe zerbricht, sobald die darunter befindliche Schüttung in Bewegung kommt. Wenn dieses aber geschehn ist, so wird die Fuge wieder mit Mörtel ausgestrichen, und in gleicher Art lassen sich alsdann spätere Bewegungen wieder erkennen. Jene Bétonblöcke liegen aber zwischen den noch einzuziehenden eisernen Ankern, woher sie das Einbringen der letztern nicht hindern und bei der Uebermauerung des Damms weder abgehoben, noch auch verstellt werden dürfen, vielmehr selbst einen Theil der Mauermaße bilden.

Nach dem Einziehn der Anker tritt, wie beim Bau der Pillauer Süder-Mole bemerkt wurde, eine Erscheinung ein, die auf einige Bewegung der Steinschüttung schließen läßt. Wenn nämlich die eisernen Anker eingebracht und möglichst scharf angezogen waren, und man schnitt nunmehr die Holme durch, welche die provisorische Verankerung bildeten, so entfernten sich jedesmal die beiden Enden des Holms neben dem Säge-Schnitt einige Zoll aus einander, in einem Fall sogar bis auf 8 Zoll, und die Spannung war jedesmal so groß, daß diese Trennung schon eintrat, ehe der Schnitt vollständig ausgeführt war, indem der noch nicht getrennte Theil des Balkens zerrifs.

Zunächst erklärt sich diese Erscheinung wohl dadurch, daß die Pfahlwände unter dem Seitendruck der Steinschüttung sich

gekrümmt hatten, und dafs auch der obere Theil derselben zwischen der provisorischen und der definitiven Verankerung etwas gebogen war, woher die Wände hier nach aufsen zurücktraten, sobald die obern Anker durchschnitten wurden. Hiernach dürfte man keine Bewegung in der Steinschüttung voraussetzen. Dagegen können auch andre Umstände hierbei mitwirken, die an sich sehr wahrscheinlich sind, aber keineswegs ganz unschädlich erscheinen. Zunächst ist wohl mit Sicherheit anzunehmen, dafs die Muttern auf den Ankern nicht so fest angezogen werden können, dafs sie eine eben so starke Spannung veranlassen, wie diejenige, in welche die ersten Anker beim Einbringen der Steinschüttung versetzt wurden, und sodann lehnen sich auch nicht die sämtlichen Wandpfähle so scharf an die neue Gurtung, dafs sie nicht noch näher herangedrängt werden könnten, sobald sie nicht mehr durch die frühere Verankerung zurückgehalten werden. In beiden Fällen ist eine geringe Bewegung der Steinschüttung unvermeidlich.

Wenn nun auch kaum vorauszusetzen, dafs diese geringen Bewegungen für den Bau gefährlich werden könnten, so empfiehlt es sich doch, die definitive Verankerung möglichst bald nach dem Einbringen der Steinschüttung auszuführen, und zugleich die provisorische aufser Wirksamkeit zu setzen, darauf aber die Steinschüttung nebst den darüber ausgeführten Béton-Blöcken längere Zeit hindurch sich selbst zu überlassen, bevor sie übermauert wird.

Indem die Anker zwischen den Pfählen durch die Gurtungen greifen, so müssen letztere noch gegen das Aufheben durch die Wellen gesichert werden. Es ist schon oben (§ 6) nachgewiesen, dafs die Welle beim Ansteigen einen besonders starken Druck aufwärts ausübt. Die Gurtung ist demselben vollständig ausgesetzt, und zwar um so mehr, als bei der schrägen Stellung der Pfähle schon der Zug der Anker eine gewisse Tendenz zur Hebung veranlafst. Wenn daher auch die Gurtung vielleicht in einzelne, besonders vortretende Pfähle 1 oder 2 Zoll tief eingelassen ist, so empfiehlt es sich doch immer, durch vorgesetzte Knaggen die aufwärts gerichtete Bewegung sicher zu verhindern, und es werden zu diesem Zweck die in Figur K gleichfalls angedeuteten Verbindungen aus Eisenstäben benutzt. Dieselbe Vorsichts-Maafsregel ist auch schon bei den provisorischen Gur-

tungen oder Zangen nothwendig, wenn die Bolzen, durch welche sie befestigt werden, nicht durch die Pfähle greifen. Häufig bestehen die Knaggen aber nur aus keilförmigen Holzstücken, die man an die Pfähle nagelt.

Beim Uebermauern der Steinschüttung muß zunächst darauf geachtet werden, daß dieselbe nicht unmittelbar die Anker berührt, vielmehr müssen Canäle ausgespart werden, in welchen diese frei liegen und oben, wie unten und zu beiden Seiten einige Zolle weit von den Mauern entfernt bleiben. Diese Vorsicht ist besonders mit Rücksicht auf den möglichen Bruch eines Ankers geboten, was bei Stolpmünde mehrmals vorgekommen ist. Es darf auch nicht unbeachtet bleiben, daß die Gurtungen vielleicht einst erneut, und alsdann die Anker gleichfalls gelöst und durch andre ersetzt werden müssen. In Stolpmünde sind mehrere Anker gerissen, doch konnte dabei keine Bewegung im Damm bemerkt werden, und man dürfte hieraus schliesen, daß letzterer, wenigstens so lange er keinem heftigen Wellenschlag ausgesetzt ist, auch ohne die Anker sich im Gleichgewicht erhält. Das Einziehen der Anker wird aber etwas erleichtert, wenn man an beiden Enden Schraubenspindeln anbringt und diese mit Muttern versieht.

Man hat in Stolpmünde die Uebermauerung mit der Ausgleichung der Oberfläche der Schüttung begonnen und zu diesem Zweck nicht nur einen aus besonders schnell bindendem Cementmörtel gefertigten Béton benutzt, sondern sogar ganze Tonnen dieses Cements ohne Zusatz von Sand über die noch vom Wasser bedeckten Steine geschüttet. Dieses sehr kostspielige Verfahren ist indessen wohl nicht zu empfehlen, und die Darstellung einer ebenen Oberfläche hat überhaupt keinen Zweck, da die Mauer nicht etwa in regelmäßigen Schichten aus geformten Steinen, sondern aus Bruchsteinen und zwar aus zerschlagenen Granit-Geschieben ausgeführt wird. Die Uebermauerung wird ohne Zweifel mit der darunter befindlichen Schüttung in eine innigere Verbindung gesetzt, wenn man in die Vertiefungen der Schüttung einzelne Steine der Mauer eingreifen läßt, als wenn die Mauer auf einer ebenen Fläche steht. In der Oberfläche der Mauer ist allerdings die Ausebnung nothwendig. Dabei ist es sehr wichtig, daß nicht zu große Steine vermauert werden, weil für solche kein passendes Lager gebildet werden kann. Nur Steine, die ein

Mann noch leicht hebt, lassen sich, wenn man nicht regelmäsig bearbeitete Werkstücke verwendet, gut schließend versetzen. Besonders nachtheilig ist es aber, wie bei diesen Mauern und besonders bei den Brustmauern häufig geschah, wenn man denselben das Ansehn geben will, als seien sie aus kleinen bearbeiteten Quadern ausgeführt. Zu solcher Verblendung wurden alsdann Steine benutzt, die nur eine geregelte Außenfläche hatten, nach innen aber pyramidalisch zugespitzt waren, denen also jeder Verband fehlte, und die sich leicht lösten. Bei Hafendämmen ist das äußere Ansehn gewifs von sehr untergeordneter Bedeutung, während die Stöße und Erschütterungen, denen sie ausgesetzt sind, eine möglichst feste Verbindung fordern, so dafs kein Stein von den benachbarten sich trennen kann.

Die Uebermauerung wird bei ruhiger See und bei ziemlich niedrigem Wasserstand begonnen, und so lange solche günstige Verhältnisse anhalten, mufs man sich bemühen, die Erhöhung des Damms bis einige Fufs über Mittelwasser möglichst weit fortzusetzen, denn die weitere Erhöhung läfst sich auch bei bewegter See ausführen. Ueber dem jedesmaligen Wasserstand werden die Steine in Mörtel versetzt, und es rechtfertigt sich, wenn man für die untern Lagen schnell bindenden Cement verwendet. Derselbe war für die Häfen in Pommern stets aus den Fabriken bei Stettin und Swinemünde bezogen, woselbst er gleiche Güte, wie der beste englische Cement zeigte. Im Allgemeinen wurden einem Theil Cement drei Theile Sand (dem Rauminhalt entsprechend) zugesetzt. Indem eine mäfsige Wellenbewegung fast nie ganz aufhört, so kann es nicht fehlen, dafs das Wasser neben den so eben versetzten Steinen eine weifse Färbung annimmt, und alsdann wird zuweilen die Besorgnifs ausgesprochen, dafs der Cement ausgespült, also die Verwendung des Mörtels in zu grofser Tiefe begonnen sei. Bei schnell bindendem Cement mit dem Zusatz von zwei oder nur einem Theil Sand und wenig Wasser zeigte sich aber, dafs ohnerachtet der auch alsdann noch erfolgenden Trübung des umgebenden Wassers der Mörtel hinreichende Bindekraft behielt. Auch läfst sich ein geringer Wellenschlag noch dadurch etwas mäfsigen, dafs man Säcke, die zum Theil mit Sand gefüllt sind, um diejenige Stelle des Damms legt, wo man die Steine versetzen will. Sobald das Mauerwerk sich

über das Wasser erhebt, und die Wellen nicht mehr darüber schlagen, wird die Arbeit in gewöhnlicher Weise fortgesetzt.

Vor dem Beginn der Uebermauerung muß die Rüstung beseitigt sein, und dieses geschieht nicht vor dem Einbringen der definitiven Verankerung. Die Jochpfähle aber, deren Ausziehn theils sehr schwer sein, theils aber auch in die Steinschüttung Bewegung bringen würde, läßt man stehn und schneidet sie über der Schüttung, also in der Höhe des mitlern Wasserstands, ab.

Indem nun die Mauer im Innern des Damms keinen Angriffen ausgesetzt ist, so hat man bei Ausführung der Stolpmünder Bauten eine Ausfüllung gewählt, die bedeutend wohlfeiler als Mauerwerk war. Diese bestand aus einem Theil Cement und zehn Theilen Seesand. Sie erhärtete freilich viel später, was jedoch hier ohne Nachtheil war. In Folge dieser Erfahrung ist auch für die Dämme bei Rügenwaldermünde dasselbe Verfahren in Aussicht genommen, wie Fig. A. 4 auf Taf. XXXIII. a zeigt. Ein in Mörtel versetztes Pflaster bildet die Oberfläche, um das Eindringen des Wassers in die Mauer möglichst zu verhindern. Die Krone, mit einem sanften hafenseitigen Gefälle versehen, liegt 8 Fufs über Mittelwasser, und die 4 Fufs breite Brustmauer erhebt sich noch 4 Fufs darüber. Die Ausführung der Molenköpfe wird später behandelt werden.

Bei Verlängerung der Süder- wie auch der Norder-Mole bei Pillau ist dieselbe Constructionsart gewählt worden, obwohl die Wassertiefe daselbst etwa 30 Fufs betrug, und der heftige Seegang bei westlichen Stürmen auch eine gröfsere Breite nöthig machte. Fig. B. 1 auf Taf. XXXIII. a zeigt den Querschnitt des Damms während der Ausführung, und Fig. B. 2 theils den Längendurchschnitt und theils die Seitenansicht. Die Jochholme ruhn hier nicht auf drei, sondern auf fünf Pfählen. Ihre Befestigung an die wieder mit der Neigung 1 zu 4 eingerammten Wandpfähle unterscheidet sich nicht wesentlich von der bereits beschriebenen. Bei den Zwischenpfählen in den Pfahlwänden, die über 50 Fufs lang sein mußten, trat indessen der Uebelstand ein, dafs sie nicht hoch genug gehoben werden konnten, um zwischen den über Wasser angebrachten Gurtungen oder Zwingen herabgelassen zu werden. Die äufsere Gurtung konnte daher erst später angebracht werden, dafür wurden aber in der Tiefe

von 16 Fufs unter Wasser eiserne Zwingen eingesetzt, in welche man, wenn auch nach einigen vergeblichen Versuchen, doch immer leicht die Pfahlspitzen einschieben konnte. Zwei Schienen, welche mit ihren Enden noch die Hauptpfähle (neben den Jochen) umfassen, sind durch zwei Schrauben so miteinander verbunden, dafs sie sich der Stärke der Pfähle entsprechend von einander entfernen lassen. Fig. L auf Taf. XXXIII. b zeigt diese Schienen in der Ansicht von der Seite, von oben und in grösserem Maafsstabe auch im Durchschnitt. Jede der Schrauben ist an einem Ende mit einem Kopf versehen. Dieser lehnt gegen eine der Schienen und eine Mutter auf der andern Seite derselben drückt ihn dagegen. Die Verbindung mit der zweiten Schiene wird aber durch je zwei Muttern an beiden Seiten dargestellt, wie der Querschnitt andeutet. Je nachdem die Entfernung der Hauptpfähle von einander etwas grösser oder geringer ist, lassen sich die Schrauben auch versetzen, und man wählt die Abstände derselben, so wie auch die Entfernung der beiden Schienen von einander in der Art, dafs die Zwinde ohne Hindernifs an den Pfählen hinabgleitet. Mittelst vier Ringen hängt sie an zwei Ketten in der beabsichtigten Tiefe. Indem die Jochpfähle meist stärker, als die Zwischenpfähle sind, so ist es nach dem Eingerammen der letztern meist ziemlich leicht, sie an den Ketten wieder heraufzuziehen, wenn dieses aber nicht glückt, so mufs der Taucher herabgeschickt werden, um die Schrauben zu lösen.

Demnächst wurde hier der Versuch gemacht, die vordern Joche durch kreuzweise und abwärts gerichtete Ketten mit dem je vierten dahinter stehenden Joche zu verbinden. Diese Ketten, zunächst durch Schrauben-Vorrichtungen scharf angespannt, konnten vor dem Verschütten der Steine wieder leicht beseitigt werden. Obwohl hierdurch den vordern Jochen keine Stütze gegen den seeseitigen Andrang der Wellen gegeben wurde, so sollen diese Ketten doch zur Sicherung der Rüstungen wesentlich beigetragen haben.

Wichtiger war eine andre Anordnung, die man bei diesem Bau traf, um die Steinschüttung schon früher und selbst an den Stellen zu beginnen, wo nur eben die Joche mit den Hauptpfählen verbunden und die Zwischenpfähle noch nicht eingerammt waren. Dieses durfte aber unbedenklich geschehn, da die in der

Mittellinie des Damms verstürzten Steine, bei der großen Breite desselben, schon in bedeutender Höhe aufgebracht sein mußten, bevor sie bis zu den Seitenwänden herabrollten. Fig. B. 1 und 2 auf Taf. XXXIII a deutet dieses an. Zum Beifahren der Steine waren auf den Bohlenbelag über den Jochholmen zwei schmale Geleise für die Steinwagen gelegt. Der Querschnitt zeigt außerdem noch in der Mitte zwei Schienen. Diese in Verbindung mit den äußern bildeten die Geleise für die beiden Dampfrahmen. Die schmalspurigen Geleise konnten augenscheinlich nicht früher benutzt werden, als bis die Rahmen sich weiter entfernten. Man legte daher noch ein drittes schmalspuriges Geleise unter die Jochholme, das auf kurzen Schwellen ruhte, die an die Jochpfähle gebolzt waren. Von diesem aus konnten Steine schon unter den Rahmen verstürzt werden. Diese Bahn war mit der Neigung von 1 zu 18 herabgeführt, doch mußte diese Rampe, um das Durchschneiden der Jochholme, also der provisorischen Verankerung, zu vermeiden, bis zu der Stelle zurückgelegt werden, wo die definitive Verankerung bereits angebracht war.

Bisher war nur von den Hafendämmen selbst die Rede, die Köpfe derselben, die wohl jedesmal durch gewisse Signale und häufig durch kleine Leuchttürme dem ankommenden Schiffer kenntlich bezeichnet werden, lassen sich ohne wesentliche Aenderung der Construction in gleicher Weise ausführen, nur müssen die Anker rechtwinklig gegen die Schlußwand oder bei abgerundeten Köpfen radial gerichtet werden, wenn man sich nicht vielleicht zu Kreisankern entschließt, welche die Köpfe umspannen. Andererseits entsteht bei Ausführung dieser Dämme zwischen Pfahlwänden die Frage, ob es nicht vorzuziehen ist, für die Köpfe eine andre Bauart zu wählen und sie aus derjenigen Tiefe, welche die Schifffahrt erfordert, in großen Steinblöcken und namentlich in Betonblöcken steil aufzuführen, wie etwa vor dem auf Steinschüttung ruhenden Hafendamm bei Holyhead geschehn ist. Bei Rügenwaldermünde hat man sich hierzu entschlossen. Welche Rücksichten dabei zu nehmen sind, wird bei Beschreibung derselben später mitgetheilt werden. Bei Stolpmünde, Swinemünde und Pillau sind die Pfahlwände und die Steinschüttung auch in den Köpfen beibehalten.

Zunächst mag die bei Stolpmünde gewählte Bauart beschrieben werden. Die Hafendämme sind im Wasserspiegel 20 Fufs, und in ihrer Krone, die sich 8 Fufs über Mittelwasser erhebt, 16 Fufs breit. In dem letzten Maafs ist auch noch die 4 Fufs breite Brustmauer eingeschlossen, die 4 Fufs hoch ist. Die Köpfe von kreisförmigem Grundrifs sind in der Kronenhöhe mit Radien von 11 Fufs beschrieben und die Brustmauern umgeben sie nicht nur an der Seeseite, sondern auch neben der Hafenmündung und zum Theil selbst auf der Hafenseite, so dafs sie volle Halbkreise beschreiben. Die Steinschüttung wurde auch hier sofort übermauert, jedoch in ihrer ganzen Breite, wodurch wohl der Bruch verhindert wurde. Dagegen bemerkte man bald nach Beendigung des Baues, dafs beide Köpfe sich seeseitig etwas gesenkt hatten. In dieser Lage haben sie sich indessen bis jetzt unverändert erhalten. Behufs der Verankerung wurden zunächst in die Mitte jedes Kopfes vier Pfähle gestellt, welche in radialer Richtung durch Ketten oder vielleicht durch Zugstangen mit den Gurtungen verbunden wurden, welche die kreisförmigen Pfahlwände umschlossen. Diese Gurtungen setzen sich aus kürzeren gegenseitig überblatteten Krümmlingen zusammen. Die Verankerung läfst sich aber in den Einzelheiten nicht mehr verfolgen, doch sieht man noch starke Ankerketten, welche um die Pfahlreihen der Köpfe geschlungen sind. Dieselben versehn indessen nicht mehr ihren Dienst, da sie schlaff herabhängen und von den anschlagenden Wellen in Schwingungen versetzt werden.

In Folge des bereits erwähnten theilweisen Einsturzes der Hafendämme wurden neue Reihen von Pfählen vor den alten eingetrieben, und diese Reihen setzen sich bis zu den Scheiteln der Köpfe fort und sind gleichfalls mit Gurtungen versehn. Da diese Pfähle in den Bruchstellen aber keinen sichern Stand hatten, so mußten sie durch äufsere Steinschüttungen noch gesichert werden, und es war zu besorgen, dafs diese Steine bei heftigem Wellenschlag nach den Köpfen treiben und in oder vor der Hafenmündung sich lagern möchten. Es kam sonach darauf an, ein solches Vertreiben der Steine sicher zu verhindern. Zu diesem Zweck wurde die Schüttung nicht nur durch darüber gestürzte Bétonblöcke möglichst befestigt, sondern man setzte sie bis nahe an die Hafenmündung noch in sehr steilen Böschungen fort, die

durch Holz-Constructionen gesichert waren. In Fig. 116 auf Taf. XX sind diese Verstärkungen der Molen an der Seeseite angedeutet. Die Schüttungen beginnen etwa 50 Ruthen vor den Molenköpfen, nehmen bei ihrer Annäherung an diese immer mehr an Breite und Höhe ab, so daß sie endlich gegen den Meeresgrund auslaufen. Sie bestehn aber, so weit sie umschlossen sind, nur aus Bétonblöcken von etwa 1 Schachtruthe Inhalt. Diese lehnen sich seewärts gegen eine Pfahlwand, in der die Pfähle von Mitte zu Mitte 4 Fufs von einander entfernt sind. Die darauf angezapften Holme sind aber in Abständen von je 12 Fufs durch Zangen mit den Mauern der Molen in Verbindung gesetzt.

Diese Anbaue haben bisher ihren Zweck genügend erfüllt, und es steht zu erwarten, daß später die hölzerne Umschließung der Bétonblöcke entbehrlich sein wird, da der Grund sich hier bereits, wie erwähnt, erhöht hat, auch einer etwaigen Gefahr durch Versenkung neuer Blöcke vorgebeugt werden kann.

Der Kopf der Swinemünder Ostmole ist gleichfalls nach der in Rede stehenden Bauart behandelt und zwar nicht nur mit großer Ueberlegung in der ganzen Anordnung, sondern auch mit vorzüglicher Sorgfalt in der Ausführung, woher es sich gewiß empfiehlt, das dabei gewählte Verfahren und namentlich auch die Verankerung eingehend zu beschreiben. Nachdem der Entwurf für letztere bereits festgestellt war, hatte man die Steinschüttung durch passend geformte Bétonblöcke überdeckt, welche zwischen sich für die Anker hinreichend weite Fugen offen ließen. Ohne die Blöcke ausheben und aufs Neue versetzen zu dürfen, wenn sie sich beim Sacken der Schüttung nicht etwa stark verschoben hatten, wurde später, vor Beseitigung der in der Höhe der Rüstung liegenden Ankerbalken, die eiserne Verankerung eingelegt, deren ganze Anordnung der Durchschnitt C. 2 auf Taf. XXXIII. a zeigt.

Die strahlenförmig aus dem Mittelpunkt des Molen-Kopfes ausgehenden Stabanker heben bei ihrer symmetrischen Lage die zur Seite gerichteten Pressungen der Schüttung gegenseitig auf, und es blieb nur übrig, dem parallel zur Mittellinie des Damms nach dem Kopf gerichteten Druck den nöthigen Widerstand zu bieten. Aus der Zerlegung der Kräfte ergibt sich aber, daß

dieser Druck eben so groß, wie vor einer ebenen Wand ist, welche stumpf die beiden Seitenwände verbindet. Ferner ergibt sich, daß alle gleichmäßig vertheilten Radial-Anker durch den Druck gegen die kreisförmige Wand in gleiche Spannung versetzt werden. Um aber die aus kurzen eichenen Krümmlingen bestehenden Gurtungen an hinreichend vielen Punkten fassen zu können, ohne die Anzahl der aus dem Mittelpunkt ausgehenden Anker zu sehr zu vermehren, liefs man diese nicht unmittelbar in die Gurtungen selbst, sondern in einen eisernen Kranz eingreifen, von dem aus jene weiteren Verbindungen sehr bequem und in beliebiger Anzahl dargestellt werden konnten. Man vermied aber durchweg, die Gurtungen zu durchbohren und durch aufgesetzte Muttern zu halten, vielmehr wurden sie jedesmal durch eiserne Schienen umfaßt, während dafür gesorgt war, daß durch Schrauben im Innern, zu denen man leicht gelangen kann, die erforderliche Spannung sich darstellen, und wenn es nöthig wird, auch später sich wieder bilden läßt. Um endlich diesem Ankerkranz die gehörige Widerstandsfähigkeit gegen den Druck in der Längenrichtung des Damms zu sichern, wurde in die Mittellinie des letztern ein starker Anker soweit verlegt, bis die Mauermasse, gegen welche er mittelst einer gußeisernen Platte sich lehnt, diesem Druck sicher entspricht.

Die Details dieser Ausführungen sind auf Taf. XXXIII. b dargestellt. Es muß darüber im Allgemeinen bemerkt werden, daß die sämtlichen Theile der Verankerung aus dem von Walzwerken bezogenen Material in der zum Hafenbau gehörigen Werkstatt bearbeitet sind. Um aber das Rosten des Eisens im Seewasser möglichst zu verhindern, wurden alle Theile vor dem Einbringen noch verzinkt.

Fig. A zeigt in der Ansicht von der Seite und von oben einen der Queranker, welche die gegenüberstehenden geraden Pfahlwände des Damms unmittelbar mit einander verbinden. Indem der gegenseitige Abstand der letztern zu groß war, als daß man diese Anker aus einem Stück hätte darstellen können, so sind sie aus je zwei Stäben von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser gebildet und in der Mitte durch eine Schnalle (vergl. Theil II, § 70) verbunden. An den äußern Enden sind sie mit Augen versehen und hier schlossen sich mittels Durchsteckbolzen, die durch Splinte

gehalten werden, die starken Flachschielen an sie an, welche die Gurtungen umfassen, und die in Fig. *B* wieder in der Seiten- und obern Ansicht gezeichnet sind. Durch Drehn der Schnalle läßt sich die erforderliche Spannung darstellen und es muß bemerkt werden, daß man die Flach-Schielen schon vorher in der Art bog, daß sie sich an die in den Kanten abgerundeten Gurtungen scharf anlegten.

Um den Druck der Steinschüttung in der Richtung des Damms gegen den Kopf desselben aufzuheben, ist ein 45 Fuß langer und 3 Zoll starker Anker in die Mittellinie verlegt, der die Queranker kreuzt, ohne mit denselben verbunden zu sein. Sein hinteres Ende ist durch eine gußeiserne Widerlagsplatte gezogen, die Fig. *C* in der Ansicht von oben, von der Seite und im Querschnitt zeigt, während Fig. *D* den Anker darstellt. Wegen seiner großen Länge von 44 Fuß mußte er aus drei Stücken zusammengesetzt werden. Das Schraubengewinde greift durch die Widerlagsplatte und wird hier durch eine Mutter gehalten, mittels deren ihm auch die nöthige Spannung gegeben werden kann. Am entgegengesetzten Ende ist er mit einem Auge versehen und durch dieses wird er mit den beiden über einander liegenden Ankerscheiben Fig. *E* verbunden. Diese bestehen aus gewalztem Eisen, sind 1 Zoll stark und $2\frac{1}{2}$ Zoll von einander entfernt. Zwischen dieselben greift nicht nur der erwähnte Hauptanker, sondern auch die sieben Radial-Anker ein, die sämtlich mittels Durchsteckbolzen gegen sie befestigt werden. Diese Radial-Anker von 2 Zoll Stärke zeigt Fig. *F*, sie stellen die Verbindung mit dem Ankerkranz dar.

Letzterer ist Fig. *G* in der Ansicht von oben und in zwei Querschnitten dargestellt. Er besteht aus zwei mit vorstehenden Rändern versehenen Schienen. Dieselben sind nach der Kreisform gebogen und durch aufgenietete starke Bleche an beiden Seiten so mit einander verbunden, daß zwischen beiden Schienen sowohl die Zapfen der Radial-Anker, wie auch die Schraubenbolzen der Bügel hindurchgreifen, welche die gekrümmten hölzernen Gurtungen umfassen. Dieselbe Figur zeigt auch die aufgenieteten Laschen, durch welche die Schienen in den Stößen mit einander verbunden sind. Fig. *H* stellt dagegen die Verbindung des Kranzes mit den Zapfen der Anker und der Bügel

dar. Die Anker und Bügel sind aber so versetzt, daß sie nirgend zusammentreffen. Die Zapfen der Bügel sind durch starke Unterlags-Scheiben hindurchgezogen. Durch Schraubenmuttern, die sich zu beiden Seiten an den Kranz lehnen, können sowohl die Radial-Anker, wie auch der Bügel angespannt werden.

Die Gurtungen vor dem kreisförmigen Kopf des Hafendamms bestehn aus fünf eichenen Krümmlingen, die so bearbeitet sind, daß sie sich an die einzelnen Pfähle der Wand anschließen. Dieselben stoßen ohne weitere Verbindung nur stumpf an einander, doch wird jedes Stück durch drei Bügel und Anker gehalten, und zwar sind diese so vertheilt, daß sie jedesmal in die Fugen zwischen zwei Pfähle treffen.

Im Uebrigen wäre über diesen Bau, der sich seitdem ohne Beschädigung erhalten hat, zu bemerken, daß seine Länge von dem Punkt ab, wo der flach abfallende Kopf der alten Mole den Wasserspiegel erreichte, 16 Ruthen beträgt. Die neue Krone setzt sich indessen noch etwa 4 Ruthen weit auf dem alten Damfont, nämlich bis zu dem Punkt, wo letzterer die volle Höhe hat und seine Kopfböschung beginnt. Die Breite des Damms im Niveau des Mittelwassers mißt zwischen den Pfahlwänden 38 Fufs. Die Kronenhöhe beträgt bis nahe an die neue Leuchtbaake 5 Fufs über Mittelwasser, von hier ab erhebt sie sich aber in einer 12 Fufs langen Rampe noch 2 Fufs. Die Brustmauer ist 6 Fufs breit und 5 Fufs hoch und zieht sich in einem Halbkreis um den neuen Kopf herum, wie der Grundriß des Damms Fig. C. 1 und der Querschnitt desselben Fig. C. 3 auf Taf. XXXIII. a zeigen. Letzterer ist unmittelbar neben die Leuchtbaake gelegt und giebt daher die gröfsere Kronenhöhe schon an, doch markirt die punktirte Linie auch die weiter rückwärts liegende geringere. Dieselben Figuren zeigen die Treppe, die einen bequemen Aufgang auf die Brustmauer bietet, während in der ganzen Länge der Ostmole in gewissen Entfernungen noch eiserne Leitersprossen oder stufenförmige Absätze in der Mauer angebracht sind, die das Besteigen derselben ermöglichen.

Um zu den verschiedenen Theilen der Verankerung gelangen zu können, sind eine Anzahl Einsteige-Oeffnungen in der Krone angebracht und durch eiserne Gitter verschlossen. Die Oeffnung *a* führt zu den Ankerplatten, *b* dagegen zu der Widerlagsplatte,

e und *d* zu den Schnallen der Queranker. Eben solche Oeffnungen setzen sich auch auf der ganzen Länge des neuen Damms fort, sie konnten aber unter der Leuchtbaake nicht angebracht werden. Statt ihrer ist dagegen ein Canal zur Ausführung gekommen, den in Fig. C. 1 die punktirten Linien angeben, und der im Querschnitt sichtbar ist. Wenn derselbe auch keineswegs einen bequemen Zugang zu den Schnallen der Queranker bildet, so ist er dennoch bei gewöhnlichem oder bei niedrigem Wasserstande zu passiren.

Die beiden letzt erwähnten Figuren zeigen auch die auf den Molenkopf gestellte neue Leuchtbaake. Auf der alten Mole befand sich bereits eine solche, die aber bei der Verlängerung des Damms zu weit zurückstand, um die Einfahrt noch sicher zu bezeichnen. Die alte Baake war in ihrem untern Theil massiv ausgeführt und stand auf einem Pfahlrost. Sie nahm also an dem allgemeinen Sacken des Damms nicht Theil und fortwährend öffneten sich rings um sie in dem Pflaster neue Fugen, die, wenn auch in jedem Jahre geschlossen, dennoch zu gefährlichen Einrissen bei heftigen Stürmen vielfach Veranlassung gaben.

Um ähnlichen Uebelständen vorzubeugen, wurde jetzt der Pfahlrost umgangen und die neue Baake, die ganz in Eisen ausgeführt ist, unmittelbar auf die Uebermauerung des Damms gestellt und mit dieser durch sechs tief eingreifende Anker verbunden. In Fig. C. 3 sind diese Anker nebst den Splinten durch scharfe Linien angedeutet. Gegen den starken Wellenschlag, der namentlich bei Nordost-Stürmen hier stattfindet, mußte die Baake aber noch besonders gesichert werden. Zu diesem Zweck wurde theils, wie bereits erwähnt, sowohl der Kopf der Mole selbst, als auch die ihn umgebende Brustmauer um 2 Fufs erhöht, theils aber schien es auch erforderlich, dem überschlagenden Wasser möglichst wenig Widerstand zu bieten. Im untern Theil des Thurms wurde daher die Bekleidung fortgelassen, so daß die Wärterstube nebst der Laterne nur auf acht, aus Eckeisen zusammengenietet und durch Bänder mit einander verbundenen Stielen ruht. Die hinaufführende Wendeltreppe ist aber auf das möglichst geringste Maafs zurückgeführt und wird von einem Blech-Cylinder umschlossen, der nur $4\frac{1}{2}$ Fufs weit ist.

Der Kopf der Norder-Mole vor dem Pillauer Hafen

ist in einer Weise ausgeführt, die mit der Construction der Seiten-Einfassungen möglichst übereinstimmt. Er wird nämlich durch eine in gleichem Verhältniß geneigte gerade Pfahlwand rechtwinklig abgeschlossen.

Indem ein kleiner eiserner Leuchthurm hier aufgestellt werden soll, ist die Mole an ihrem Ende bis auf 45 Fufs zwischen den Pfahlwänden im Niveau des mittlern Wasserspiegels verbreitet. In ihren Köpfen schlossen sich zwar die geneigten Pfähle der Seitenwände an die der Querwand an, dagegen entfernten sie sich im Wasserspiegel schon bedeutend von einander und noch mehr war dieses in der Tiefe der Fall, wo unbedingt zwischen denselben die Steine hindurch gefallen wären. Um dieses zu verhindern, wurden in die beiden Ecken noch je sechs Pfähle gerammt. Der Taucher stellte die Spitzen derselben auf dem Grunde so ein, daß sie hier in gleichmäfsigem Abstände von einander Quadranten bildeten, an die sich tangential die Pfahlreihen der beiden Seitenwände anschlossen. Ihre obern Enden waren aber soweit zurückgezogen, daß sie über dem Wasserspiegel sich berührten und hier in zwei Reihen hinter einander liegend, sich an die definitiven Gurtungen lehnten.

Um das Ausweichen der Abschlußwand zu verhindern, war im Abstände von 13 Fufs noch eine senkrechte geschlossene Pfahlwand quer durch die Mole gestellt. Eine Gurtung hinter derselben war durch sechs Anker mit der äußern verbunden. Indem aber diese Verankerung noch nicht weit genug eingriff, so befand sich 15 Fufs rückwärts noch eine zweite ähnliche Zwischenwand, die jedoch nicht geschlossen war, sondern worin die Pfähle Zwischenräume von etwa 1 Fufs ließen. Diese Wand war wieder durch sechs andre Anker mittels anderer Gurtungen mit der ersten verbunden. Die Anker lagen ungefähr in der Art, daß die zweiten die Fortsetzung der ersten bildeten. Die vier mittlern waren parallel zur Achse der Mole gerichtet, die beiden äußern dagegen entfernten sich von den Seitenwänden, um sichrer von den Zwischenwänden gefaßt zu werden.

Dieser Abschluß zeigte sich vergleichungsweise gegen die Construction des Kopfes der Swinemünder Mole so einfach und so wenig kostbar, daß es Absicht ist, denselben auch für die Süder-Mole, so wie auch für die Norder-Mole bei Memel beizubehalten.

Die scharfen Ecken der Pfahlwände dürfen wohl nicht als merklicher Uebelstand angesehen werden, da die Mündungen beider Häfen so weit sind, daß die Schiffe leicht von den Köpfen entfernt gehalten werden können. In der Uebermauerung setzen sich diese Ecken oder Kanten aber nicht fort, vielmehr wird dieselbe in cylindrischer oder vielmehr kegelförmiger Fläche abgeschlossen.

Was endlich den Kopf des Hafendamms bei Rügenwalder-Münde betrifft, der aus Bétonblöcken besteht und nicht von dichten Pfahlwänden umschlossen ist, so wird derselbe bei Gelegenheit der aufgemauerten Hafendämme beschrieben werden.

Indem vorstehend die verschiedenen Constructionsarten grösserer Hafendämme beschrieben sind, wobei die Uebermauerung auf einer Steinschüttung zwischen Pfahlwänden ruht, so dürften auch noch die in viel geringeren Dimensionen ausgeführten ähnlichen Umschließungen des kleinen Fischerhafens neben der Greifswalder Oie zu erwähnen sein.

Das Bedürfnis zur Anlage solcher Häfen hatte sich, wie bereits § 29 nachgewiesen ist, bereits seit geraumer Zeit bei uns herausgestellt, und die kleine Insel Greifswalder Oie, vor der Mündung des Greifswalder Boddens, etwa 4 deutsche Meilen in nordwestlicher Richtung von Swinemünde entfernt, schien hierzu besonders geeignet. Sie besteht aus festem Thonboden, der sich etwa 40 Fufs über den Wasserspiegel erhebt. Nur auf der Nordseite ist zum Schutz des Leuchthurms der Fufs des Ufers durch Einbaue gedeckt. Im Uebrigen wird die Insel überall von den Wellen angegriffen, und die Ufer erheben sich beinahe lothrecht, während sie oft stellenweise einige Zeit hindurch sogar überhängen. Die eingesprengten grossen Granitblöcke sieht man ringsumher auf und vor dem schmalen Strande liegen, während auf der Südseite, woselbst der einzige Zugang zur Insel sich befindet, ein Steinriff etwa 1000 Ruthen weit in südwestlicher Richtung sich in die See erstreckt. Die Oie hat auffallende Aehnlichkeit mit Helgoland, doch hat sie den grossen Vorzug, daß nicht nur reichliches Getreide daselbst gebaut wird, sondern auch eine kleine Waldung sich darauf befindet, die grossentheils aus hohen Weissdornbäumen besteht.

Auf der südwestlichen Seite der Insel ist der erwähnte Fischerhafen angelegt. Seine Breite misst durchschnittlich

48 Ruthen, doch ist er auf 20 Ruthen Breite, und zwar neben dem Ufer, noch nicht nutzbar, da er hier weniger als 4 Fufs tief ist. Seine Länge beträgt 87 Ruthen.

Drei geradlinige Dämme von übereinstimmender Construction umschliessen den Hafen. Der nordöstliche tritt bis in die Richtung des nordwestlichen, und dieser wieder bis in die des südwestlichen vor. Zwischen je zweien derselben befinden sich aber die beiden 10 Ruthen weiten Mündungen, von denen eine nach Nordwest, die andre nach Südwest gerichtet ist. Der erste und der letzte Damm schliessen sich unmittelbar an die Insel an.

Der Hafen ist sonach gegen nördliche und östliche Stürme, die hier den stärksten Seegang veranlassen, geschützt, und ehe noch die Dämme bis zur vollen Höhe angeschüttet waren, die Brustmauern aber noch ganz fehlten, liefen bereits bei einem plötzlich eintretenden Sturm über zwei hundert Böte gleichzeitig ein und fanden darin hinreichende Sicherheit. Die nach Nordwest gekehrte Mündung wird vorzugsweise benutzt, die andre ist nur auf besondern Wunsch der Fischer offen gelassen, da sie durch diese in gewissen Fällen bequemer auslaufen können. Ob die durch zwei Oeffnungen veranlasste schwache Durchströmung des Hafens auch hier, wie sonst zu geschehn pflegt, Verflachungen herbeiführen wird, soll abgewartet werden, und wenn solche in bedenklicher Weise eintreten, wird die südwestliche Mündung zu schliessen sein.

Die Dämme bestehn wieder aus Steinschüttungen zwischen zwei im Verhältniß von 1 zu 4 geneigten und geschlossenen Pfahlreihen. Da jedoch die Wassertiefe durchschnittlich nur 6 und äußersten Falls 8 Fufs betrug, auch nach einigen Proben die Pfähle hinreichend tief eindringen, so erschien die gegenseitige Verankerung der Pfahlreihen entbehrlich und die Pfähle wurden ohne Anwendung von Zwingen nur möglichst schliessend eingerammt. Später ist man indessen zweifelhaft geworden, ob die Pfähle wirklich sicher stehn, und obwohl in der kurzen Zwischenzeit die Erfahrung solche Besorgniß nicht begründete, so legte man dennoch vor die Wände noch Gurtungen und verband diese durch eiserne Anker. Dabei trat der Uebelstand ein, dafs bei der unregelmäßigen Stellung der Pfähle nur wenige derselben sich gegen die Gurtungen lehnen, und sonach die große Mehrzahl,

wenn sie dem Druck der Schüttung an sich nicht widerstehn, dennoch trotz dieser Vorsichtsmaafsregel etwas herausgedrückt werden können.

Die Kronen der Dämme sind 14 Fufs breit und liegen 2 Fufs über Mittelwasser, darüber erhebt sich die $5\frac{1}{2}$ Fufs hohe Brustmauer, die oben 4 Fufs 9 Zoll und unten 5 Fufs 6 Zoll stark ist. Diese Mauer unterscheidet sich von der in andern Häfen ausgeführten dadurch, dafs sie nicht aus kleinern gesprengten und einigermaaßen lagerhaften Steinen, sondern aus grofsen unförmlichen Geschieben ausgeführt ist. Bei der geschützten Lage des Hafens dürfte diese Abweichung, wodurch die Ausführung sich etwas erleichtert haben soll, wohl ohne Nachtheil sein.

§ 59.

Ueberbrückungen.

In Häfen, vor welchen ein starker Fluthwechsel statt findet, haben die Dämme zuweilen nur den Zweck, den Spülstrom zusammen zu halten, der immer beim niedrigsten Wasserstand dargestellt wird. In diesem Fall brauchen sie nur wenig über den letztern oder über die Sandablagerung vor dem Hafen sich zu erheben. Zur Zeit des Hochwassers werden sie überfluthet und liegen sogar so tief, dafs sie besonders bezeichnet werden müssen, damit die Schiffe nicht auflaufen und stranden. Sie sind zu niedrig, als dafs man von ihnen aus den einkommenden und ausgehenden Schiffen Hülfe leisten könnte. Durch Ueberbrückungen oder Ueberbauung in Holz kann man beide Mängel beseitigen, und dieses ist in den Französischen Häfen am Canal vielfach geschehn. Die Ueberbrückung begrenzt alsdann sehr kenntlich das Fahrwasser, sie hat auch hinreichende Festigkeit, dafs Schiffe sich dagegen lehnen können, und von ihnen aus kann jede erforderliche Hülfe geleistet werden. Kräftige Winden auf ihren Köpfen dienen zum Einholen derjenigen Schiffe, welche die Hafenmündung nicht erreichen, und sobald die Schiffe diese gewonnen haben, so werden sie leicht von den Brücken aus hineingezogen.

Häufig bestehn die Ueberbrückungen nur aus durch-

sichtigem Holzbau. Dabei tritt indessen der Uebelstand ein, daß die Küstenströmung über die niedrigen Dämme fort, also quer durch den Vorhafen geht, und die Schiffe von dieser gefaßt und an einen der Dämme getrieben werden. Man begegnet diesem Uebelstand dadurch, daß man schon beim Einwinden das Schiff an denjenigen Kopf bringt, der auf der Stromseite sich befindet, und daß man auf dieser Seite auch die Schiffszieher gehn läßt, damit der schräge Zug der Treidel-Leine das Auflaufen auf den gegenüber liegenden Damm verhindert. Die Querströmung veranlaßt indessen bei der geringen Höhe der eigentlichen Dämme noch einen andern Uebelstand. Sie führt nämlich auch Sand und selbst Kies in den Hafen. In beiden Beziehungen empfiehlt es sich, die Ueberbrückungen bis zu größerer Höhe mit dichten Wänden zu versehen, und sie im Innern mit Steinen oder Strauch anzufüllen. Die Steinschüttung gewährt alsdann noch den wesentlichen Nutzen, daß der Damm an Stabilität gewinnt und weniger bei Wellenschlag oder beim Gegenstoßen der Schiffe leidet.

Im Allgemeinen sind solche Ueberbrückungen vielfachen Beschädigungen ausgesetzt, und selbst wenn dabei starkes Eichenholz benutzt wird, muß man sich doch darauf gefaßt machen, in 20 bis 30 Jahren die Verbandstücke auszuwechseln, da sie bei der Benetzung und bei dem theilweisen Austrocknen in jeder Fluth-Periode leiden. Die Reparaturen und selbst Erneuerungen lassen sich indessen bequem und in kurzer Zeit ausführen, woher diese Constructions-Art keineswegs als ungeeignet angesehen werden kann. Sie empfiehlt sich indessen immer nur in Häfen, vor denen ein starker Fluthwechsel stattfindet.

Die ganze Brücke besteht aus einzelnen Bindern, die in Abständen von etwa 6 Fufs senkrecht aufgestellt, an Grundpfähle befestigt und unter sich verbunden werden. Die Zusammensetzung der Binder ist sehr verschieden. Wenn man die Häfen von Ostende bis nach Dieppe verfolgt, so findet man an jedem Ort andre Constructionsarten und oft sogar verschiedene in den ältern und neuern Theilen desselben Damms. Wenn hier auch nur die wesentlich verschiedenen Bauarten beschrieben werden dürfen, so muß doch gleich bemerkt werden, daß im Innern der Häfen, wo der Wellenschlag märsiger wird, die ähnlichen

Brücken, die nur als Treidelwege dienen, noch leichter erbaut werden. Diese liegen meist auf zwei, zuweilen aber auch nur auf einer Reihe von Pfählen oder Stielen, die rückwärts durch Streben gesichert sind, damit sie beim Anstossen der Schiffe nicht abbrechen. Ein Beispiel hiervon ist der Fig. 107 auf Taf. XVIII dargestellte Bau in Dieppe.

In dem vordern Theil eines Hafendamms, der vor das Ufer tritt, muß jeder Binder auf beiden Seiten, so wie auch im Innern kräftig verstrebt sein, während doppelte Zangen die Hauptverbandstücke umfassen. Fig. 153 zeigt die einfachste Zusammensetzung derjenigen Binder, die etwa vor zwanzig Jahren für die Ueberbrückung der Dämme in Gravelines gewählt ist. Jeder Binder ruht auf zwei Grundpfählen, und besteht aus den beiden äußern schrägen Stielen und zwei innern Streben, die mit Versatzung in diese eingreifen, und wo sie sich kreuzen, überschritten sind. Drei doppelte Zangen, die mittelst Schraubenbolzen daran befestigt sind, geben dem ganzen Binder den nöthigen Zusammenhang, und die Stiele erheben sich soweit über die obern Zangen, daß sie noch als Pfosten für die niedrigen Geländer dienen.

Der einzelne Binder wird in der beschriebenen Art, jedoch ohne die untern Zangen, auf dem Ufer abgebunden und sobald er bei der Fluth schwimmt, flößt man ihn an diejenige Stelle, wo er aufgerichtet werden soll. Ein starker Balken, der auf den bereits aufgestellten Bindern ruht und an diese gehörig befestigt ist, dient als Krahn. An diesen hängt man den obern Block eines Flaschenzugs, während der untere gewöhnlich an die Durchkreuzung der beiden Streben befestigt wird, und nunmehr hebt man mittelst einer Erdwinde den neuen Binder. In dieser Zeit muß das Wasser soweit gefallen sein, daß die Köpfe der Grundpfähle frei werden, auch muß man in diesen Köpfen schon vorher genau passend die Einschnitte angebracht haben. Man schiebt in dieselben die Enden der Stiele hinein und bringt die untern Zangen an, welche auch die Grundpfähle umfassen. Der neue Binder wird nunmehr gegen den bereits stehenden leicht befestigt, bis nach der Aufstellung andrer der Längenverband vollständig angebracht werden kann. In jeder Fluthperiode stellt man einen Binder auf.

Der Längenverband besteht zunächst aus zwei Schwellen

an jeder Seite, von denen eine über, die andre unter den untersten Zangen liegt. Außerdem befinden sich noch zwei Balken über den mittleren, und drei über den oberen Zangen. Letztere dienen zugleich als Brückenbalken. Die starken Holme über den Stielen sind zugleich Geländer-Holme. Der Brückenbelag besteht aus 4zölligen Kreuzhölzern, die sich jedoch nicht unmittelbar berühren, sondern Zwischenräume von $1\frac{1}{2}$ Zoll Weite zwischen sich freilassen, damit bei starkem Seegange das Wasser hindurchtreten kann, und dadurch der aufwärts gerichtete Stofs der Welle sich etwas vermindert. Diese Kreuzhölzer werden aber von zwei Balken gehalten, die mit den untern Brückenbalken verbolzt sind. Verstrebungen nach der Länge des Hafendamms kommen gewöhnlich nicht vor, dieselben sind auch in sofern entbehrlich, als die Dämme sich wohl immer an massive Hafendämme und an festere Köpfe anschliessen.

Wenn die Binder gröfsere Breite haben, so sind sie auch mit Mittelstielen versehen, und um diese nicht durch die eingelassenen Streben zu schwächen, werden die letztern zur Seite aufgebolzt und durch Versatzung mit den Zangen verbunden. Man pflegt aber, wie auch bei den Jochen der Brücken gewöhnlich geschieht, die beiderseitigen Streben alsdann nicht einander gegenüber zu legen, sondern sie auf der einen und der andern Seite in entgegengesetzter Richtung zu neigen. Sobald man Mittelstiele anbringt, müssen diese noch durch besondere Grundpfähle, an die sie angeblattet sind, unterstützt werden. Diese mittlern Pfähle läfst man aber häufig weiter hinaufreichen, so dafs sie von den zweiten Zangen gefafst werden. Man erreicht dadurch einige Erleichterung in der Aufstellung der Binder, indem dieselben durch die beiden Zangen-Paare, welche die niedrigeren und die höhern Grundpfähle umfassen, hinreichend gehalten werden, und bis zur Anbringung des Längen-Verbandes keiner weitem Befestigung bedürfen.

Zuweilen läfst man die eingerammten Pfähle auch bis zur Brücke hinaufreichen. Der Bau gewinnt dadurch allerdings an Festigkeit, aber eine Zusammensetzung, die in diesem Fall nur an Ort und Stelle geschehn kann, wird mühsamer, und besonders schwierig wird die Unterhaltung, da die langen Pfähle, sobald sie schadhaft sind, durch neue ersetzt, und zu diesem Zweck

jedesmal Rammarbeiten vorgenommen werden müssen. Anders verhält es sich mit den kurzen Grundpfählen. Wenn diese auch bei der Ebbe über Wasser treten, so bleiben sie doch stets naß und dauern daher sehr lange. Die Reparaturen und Erneuerungen beziehen sich daher bei kurzen Grundpfählen nur auf die ganzen Binder oder auf einzelne Verbandstücke, und diese kann man auf dem Ufer vollständig zurichten und in der kürzesten Zeit aufbringen.

Der niedrige Steindamm befindet sich jederzeit an der äußern Seite des Hafendamms, weil auf der innern die Schiffe unmittelbar bis zu den Brücken tiefes Wasser finden müssen. Wenn der Hafendamm nicht offen bleibt, wie der so eben beschriebene, so verkleidet man die äußern Stiele ganz oder theilweise mit Bohlen und füllt den innern Raum mit Steinen aus. Gewöhnlich wird die Bohlenverkleidung auf der äußern Seite angebracht. Sie ist alsdann freilich der Gefahr ausgesetzt, durch den Druck der Steinschüttung gelöst zu werden. Wenn sie sich aber auf der innern Seite der Stiele befindet, so leidet sie in ähnlicher Weise durch den Stofs der Wellen, und wenn Beschädigungen eintreten, so ist das Einziehn neuer Bohlen viel beschwerlicher, als wenn diese auswärts befestigt sind.

Eine eigenthümliche Art der Ueberbrückung ist auf dem westlichen Hafendamm von Boulogne zur Ausführung gekommen. Sie steht nicht auf Grundpfählen, die wegen der vorhandenen Steinschüttung nicht eingerammt werden konnten, vielmehr greift sie mit den Stielen und Streben in die Schüttung ein, und wird innerhalb der letztern durch Zangen und Ankerbalken gehalten. Figur 154 zeigt die Anordnung. Man mußte sich zu derselben entschließen, weil die Steinschüttung, die man ursprünglich gewählt hatte, sich auch hier als ganz unhaltbar erwies, und nicht beseitigt werden konnte. Die nähere Beschreibung dieser gewiß nicht empfehlenswerthen Anlage dürfte sich in sofern rechtfertigen, als daraus zu ersehn ist, wie auffallend auch hier das Bedürfnis sich herausstellte, eine flache Steinschüttung zu sichern und namentlich das Herübertreiben der einzelnen Steine über die Krone zu verhindern.

Man wollte ursprünglich den ganzen Damm aus einer hohen und überpflasterten Steinschüttung darstellen. Minard giebt das

Profil an, welches dieser Damm erhalten sollte. Seine Krone in der Höhe der gegenwärtigen hölzernen Brücke sollte 8 Fufs über die Aequinoctial-Springfluthen treten und 24 Fufs breit sein. An dieselbe schlofs sich an der Hafenseite die in der Figur rechts liegt, eine Böschung von einfacher Anlage an, die bis zu derjenigen Spundwand herabreichte, an welche sich gegenwärtig die Bohlenbekleidung anlehnt. Auf der Seeseite hatte die Böschung, die gleichmäfsig sich bis auf den Grund erstreckte, beinahe dreifache Anlage, die Höhe verhielt sich nämlich zur Basis, wie 1 zu 2,82. Es war also ein Hafendamm projectirt, der nahe mit unsern ältern Molen übereinstimmte. Ob im Innern Senkstücke lagen oder nicht, war auf das weitere Verhalten ohne Einflufs, der wichtigste Unterschied beruhte nur auf der steilen Böschung an der Hafenseite, doch diese wird nicht beschädigt, und die Zerstörungen traten nicht an ihr, sondern an der flachen Böschung auf der Seeseite ein. Eine vollständige Ueberpflasterung und zwar mit sehr grofsen Steinen auf der Seeseite, von unten auf bis zum höchsten Wasserstande war vorgesehen. Letztere konnte bei Niedrigwasser bequem ausgeführt werden, da die Sandablagerung zur Seite ganz trocken wurde. Minard sagt: „die Steinschüttung war noch nicht ganz vollendet, als man sah, dafs ihr oberer Theil niemals widerstehn würde. Die Steine wurden durch die von Westen anrollenden Wellen fortgetrieben und fielen in das Innere des Hafens, so dafs der ganze Damm nach und nach gegen denselben weiter vorrückte“. Die Erscheinung war also genau dieselbe, wie bei Cherbourg, Plymouth und in unsern Häfen. Die Erfahrungen in Boulogne zeigten aber, dafs die flache Böschung unsrer Molen auf der Hafenseite doch einen, wenn auch nur scheinbaren, Vortheil bietet. Auf derselben können sich nämlich die übergeworfenen Steine so lange ablagern, bis endlich die Böschung auch hier so steil wird, dafs sie in den Hafen stürzen.

Man senkte nunmehr die Krone der Schüttung bis auf das höchste Wasser, und stellte darauf einen hölzernen mit Steinen angefüllten Ueberbau. Indem jedoch die Wellen beim Auflaufen auf die flache Böschung dem Wasser schon die fortschreitende Bewegung mitgetheilt hatten, so stiefs dieses so heftig gegen die senkrechte und dichte Wand, dafs die nächsten davor liegenden

großen Steine herausgerissen wurden. Das Verhältniß war ein ganz andres, als bei Cherbourg, da die flache Böschung bei Boulogne bis zum höchsten Wasser, bei Cherbourg dagegen nur bis zum niedrigsten heraufreichte.

Hierauf wurde die Bohlenverkleidung des Ueberbaues, so wie auch die Steinpackung in diesem beseitigt und derselbe nur als Brücke benutzt, unter der die Wellen in den Hafen überschlugen. Um die Steinschüttung zu sichern, wurde aber die Krone, wie auch der obere Theil der äußern Böschung und die ganze innere Böschung mit Bohlen verkleidet. Auf der letzten war der Bohlen-Belag nur im obern Theil angebracht, man hat ihn jedoch später bis zu der erwähnten Spundwand herabgeführt, damit die Schiffe sich an den Damm legen können, ohne dafs sie die Steine berühren, oder auch wohl beim Beginn der Ebbe sich darauf festsetzen und alsdann einer augenscheinlichen Gefahr ausgesetzt sein würden. Bei der durch Spülung und Baggerung veranlafsten Vertiefung des Hafens, der zur Zeit des Hochwassers auch Fregatten zugänglich werden soll, mußte die erwähnte Spundwand noch durch eine zweite und durch eine dazwischen eingebrachte Steinschüttung gesichert werden. Die äußere Steinböschung ist bis zum Bohlenbelage mit sehr großen auf den Kopf gestellten Blöcken abgepflastert und beim Versetzen derselben sind die Fugen in ihrer ganzen Höhe mit Mörtel gefüllt. Der durchsichtige Ueberbau, der, wie erwähnt, anfangs eine andre Bestimmung hatte und deshalb eine große Breite erhielt, dient nur theilweise als Brücke. Auf der innern Seite desselben befindet sich in der Höhe des höchsten Wassers ein zweiter mit Bohlen bedeckter Gang, der vorzugsweise zum Treideln beim Ein- und Ausbringen der Schiffe benutzt wird.

An dem Kopf eines Hafendamms muß die Brücke eine größere Breite erhalten, da in den Französischen Häfen am Canal die Aufstellung einer kräftigen Erdwinde nöthig ist, um die ankommenden Schiffe bei der kurzen Dauer des Hochwassers einzuholen, wenn sie wegen der Küstenströmung oder bei einer nicht günstigen Windrichtung die Mündung nicht erreichen können. Oft besteht diese Winde in einem großen Gangspill, oder da dieses zu viel Raum einnimmt, wenn es einen starken Zug ausüben soll, so wird dafür in neuerer Zeit vielfach ein horizontales Spill,

wie es auf den Schiffen zum Aufwinden schwerer Anker dient, angewendet, welches durch einen gleicharmigen Hebel wie eine Feuerspritze in Bewegung gesetzt wird. Ausserdem befindet sich gewöhnlich auf dem Kopf ein kleiner Leuchthurm, meist in Eisenblech ausgeführt und mit einer grossen Glocke versehen, die beim Nebel angeschlagen wird. Endlich ist auch eine Wärterbude hier nothwendig. Um dieses Alles auf den Kopf der Brücke zu stellen, ohne dieselbe so zu beengen, dass die Mannschaft, die das Schiff einschleppt, nicht behindert wird, ist eine Breite von etwa 40 Fufs erforderlich. Man pflegt auch den Kopf abzurunden, damit die Schiffe ihn leichter passiren können, auch seine breite Stirnfläche nicht einem zu starken Stofs der Wellen ausgesetzt wird. Ausserdem muss im Kopf noch eine gewisse Längen-Verstrebung angebracht werden, die im übrigen Theil der Brücke meist ganz fehlt.

Diese verschiedenen Rücksichten geben zu einer wesentlichen Aenderung der Construction Veranlassung. Um ein Beispiel dafür mitzutheilen, wähle ich den Kopf des östlichen Hafendamms von Calais. Derselbe ist, wie Fig. 134 zeigt, halbkreisförmig abgerundet, und seine Breite misst etwa 40 Fufs. Bis zu diesem Halbkreise hat man die Binder, welche die Brücke tragen, noch in ähnlicher Art, wie oben beschrieben, zusammengesetzt und aufgestellt, sie sind aber wegen der grössern Breite zwischen den beiderseitigen Streben mit fünf Mittelstielen und vielfachen innern Verstrebungen versehen. Die abweichende Construction beginnt erst im Mittelpunkt jenes Halbkreises. Hier steht der letzte Binder, der die ganze Breite des Damms umfasst. Er unterscheidet sich von den frühern theils dadurch, dass die sämtlichen Verbandstücke aus Eichenholz bestehen, theils ist sein mittlerer Stiel nicht einfach, sondern aus vier Stücken zusammengesetzt, die den Kopf eines eingerammten eichenen Pfahls umfassen und mit demselben durch starke Bolzen verbunden sind. Um diesen Binder herbeizulösen, müssen schon Tonnen daran gebunden werden, um ihn aber aufzuheben und zu richten, genügt nicht ein einzelner Krahnbalken, vielmehr sind drei solche erforderlich, und die an jeden derselben befestigten Flaschenzüge werden mittelst besonderer Erdwinden oder Gangspille angezogen. Die folgenden sieben Binder, welche den Halbkreis darstellen,

stehn mit den frühern nicht parallel, sondern sind radial gerichtet. Ihre Zusammensetzung entspricht wieder der gewöhnlichen Verbindung, doch sind sie nur mit einer durchgehenden Strebe versehen, während sie im Uebrigen zwei senkrechte Mittelstiele und Kreuzbänder haben, die durch doppelte Zangen verbunden sind. Sie treten sehr nahe an den centralen Mittelstiel heran, ohne jedoch denselben zu berühren. Die Verbindung mit diesem findet nur oben, unmittelbar unter der Brücke statt. Hier umfaßt den Mittelstiel ein großer, etwa 1 Fuß hoher gusseiserner Ring, der oben eine Platte von nahe 6 Fuß Durchmesser bildet, die durch angegossene Rippen unterstützt wird. Diese Platte trägt die Enden der Brückenbalken, welche auf die radialen Binder aufgezapft sind. Die Binder, die in ihren Ebenen gegenseitig Winkel von $22\frac{1}{2}$ Graden bilden, sind durch Zangen aus krummgewachsenen Hölzern mehrfach unter sich und mit dem diametralen großen Binder verbunden. Außerdem befinden sich im Innern vielfache Verstrebrungen, so daß der ganze Bau eine große Festigkeit gewinnt, wenn gleich bei hartem Gegenstoßen eines Schiffes Beschädigungen nicht zu vermeiden sind.

In Englischen Häfen kommen Ueberbrückungen niedriger Hafendämme nur selten vor. Man könnte den oben § 48 erwähnten Damm bei Folkstone, das sogenannte Horn, hierher zählen, der aber in Eisenschienen ausgeführt ist. Mehr Aehnlichkeit mit den Französischen Constructionen hat der Hafendamm bei Leith, den Fig. 155. *a* und *b* im Profil und in der Ansicht von der Hafenseite zeigt. Seine Zusammensetzung ergibt sich aus der Zeichnung. Er unterscheidet sich von den Französischen vorzugsweise dadurch, daß er nicht aus Bindern besteht, die im Zusammenhange auf kurze Pfähle gestellt werden, vielmehr setzt sich jedes Gebinde aus drei schräge eingerammten Pfählen zusammen, die durch eine einfache angebolzte Zange und einen Holm verbunden sind. Die Reparatur dieses Baues dürfte daher nicht leicht sein, namentlich da die hintern Pfähle von dem Steindamm umschlossen sind. Der Bohrwurm zeigt sich sehr stark in diesem Hafen; auf eine lange Dauer der Hölzer, die wenigstens ursprünglich nicht mit Metall-Oxyden oder Creosot getränkt waren, dürfte daher nicht zu rechnen sein. Der Hafen ist überdies der Verflachung sehr ausgesetzt, woher die größern Schiffe

nicht hier einlaufen, sondern nach dem nicht weit entfernten Granton-Pier gehn.

In neuerer Zeit ist vor dem kleinen Hafen Blyth, nördlich von der Mündung der Tyne, ein 1800 Fufs langer Damm nach Art der Französischen Dämme ausgeführt. Derselbe besteht aus Bindern, die auf Schwellen stehn, und im Innern mit Bohlen verkleidet sind, wogegen eine Steinschüttung lehnt. Indem letztere ursprünglich nur zwischen den äufsern Stielen und der Strebe sich befand, also wenig massenhaft war, traten starke Beschädigungen ein, die jedoch aufhörten, als man den ganzen Raum zwischen den beiderseitigen Stielen mit Steinen füllte. Die Holme, welche die Stiele verbinden, tragen auch hier eine Brücke*).

An die hölzernen Ueberbrückungen legen häufig Packetböte an, um Reisende und leichte Güter einzunehmen. Indem ihre Ankunft und Abfahrt in bestimmten Stunden erfolgt, so müssen die Dampfböte bei den verschiedensten Wasserständen zugänglich sein. Um dieses zu ermöglichen, ohne dafs hohe Leitern angewendet werden, bringt man in der Ueberbrückung verschiedene Böden übereinander an, die durch Treppen verbunden sind. Gewöhnlich läfst man an dieser Stelle die Brücke etwas weiter in den Hafen vortreten, wodurch theils gröfsere Tiefe, theils aber auch der für die Treppen-Anlage nöthige Raum gewonnen wird. Zuweilen werden indessen die Treppen auch in das Innere des vorstehend beschriebenen Ueberbaues verlegt. Die Anordnung, wie man sie in den Französischen Häfen gewöhnlich sieht, ist Fig. 156 dargestellt. Es sind dabei zwei Treppen angenommen. In solchen Häfen, wo der Fluthwechsel sehr grofs ist, findet man auch drei Treppen unter einander. Die unterste pflegt alsdann nur zum Besteigen kleiner Böte benutzt zu werden, wenn die Abfahrt oder Ankunft zur Zeit eines besonders niedrigen Wasserstandes erfolgt, wobei das Dampfboot in dem Hafen nicht die nöthige Wassertiefe findet. Grofse Bequemlichkeit pflegen diese Treppen niemals zu bieten. Da sie nur vorübergehend über das Wasser treten, so sind sie immer stark mit Schlamm bedeckt, und die Reisenden müssen sich sehr vorsichtig darauf bewegen.

*) Occasional Papers by Michael Scott. London 1874. Vol. I.

Viel passender, wenn auch viel kostbarer ist die Einrichtung von Elevatoren, die durch Wasserdruck bewegt werden. Ein geräumiger horizontaler Bohlenboden, auf welchen die Reisenden treten, und auf den auch das Gepäck derselben gebracht wird, senkt sich bis zur jedesmaligen Höhe des Decks des Dampfboots, und wird demnächst wieder bis zur Dammkrone gehoben. Dieses geschah bereits vor vielen Jahren in Great-Grimsby, wo überhaupt der Wasserdruck die vielfachste Verwendung gefunden hat.

Es dürfte hier die passendste Stelle sein, der Gordungswände zu erwähnen, die in mehreren unserer Häfen vorkommen. Der Zweck derselben stimmt nahe mit dem der beschriebenen Ueberbrückungen überein. Sie dienen vorzugsweise, um das Auftreiben der Schiffe auf die Steinböschungen zu verhindern, und stehn daher vor dem Fuß derselben. Außerdem tragen sie auch jedesmal eine leichte Laufbrücke, und zwar liegt diese auf der der Mole zugekehrten Seite der Gordung, damit sie weder das Fahrwasser beschränkt, noch auch dem Gegenstoßen der Schiffe ausgesetzt ist.

In kleineren Häfen, welche größern Schiffen nicht zugänglich sind, besteht die Gordungswand nur aus einer einfachen Reihe von Pfählen, die durch einen Holm, oder noch besser durch einen seitwärts mittelst Schraubenbolzen daran befestigten Balken mit einander verbunden sind. Der gegenseitige Abstand der Pfähle mißt 6 bis 8 Fufs. An jene Holme oder Balken sind behufs der Laufbrücke starke Latten befestigt, die noch durch Streben oder Bänder gegen die Pfähle gestützt werden, und hierauf liegen zwei Bohlen, welche die Brücke bilden. Letztere wird vorzugsweise von den Schiffsziehern benutzt.

Beschädigungen an diesen Gordungswänden kommen häufig vor, und sind bei ihrer leichten Zusammensetzung auch unvermeidlich. Wenn ein Schiff bei hoher See einkommt, wird es bei der geringen Breite dieser Häfen oft durch eine Welle gegen die Wand geworfen, und es pflegen alsdann mehrere Pfähle abzubrechen. Wenn die Wand sich aber nur zur Seite der Mole hinzieht und nicht vor den Kopf derselben vortritt, indem sie die Steinböschung umschließt, so geschieht es wohl, daß Schiffe, die bei heftigem Wellenschlage einsegeln, zwischen die Wand

und die Mole geworfen, und beim Aufstossen auf die Steinböschung stark beschädigt werden.

Im Hafen Neufahrwässer sind die Gordungswände fester construirt. Sie bestehn, wie Fig. 157 zeigt, aus zwei Pfahlreihen, von denen die landseitige schräge eingerammt ist, und sonach zur Verstrebung dient. Zwischen den Pfahlköpfen liegt ein starker Balken und auswärts noch ein Halbholz. Ein durchgehender Bolzen verbindet diese beiden Stücke mit den beiden Pfählen. Ein dritter Balken ist auf der äußern Seite etwas tiefer angebracht. Zwischen diesen Langhölzern greift neben jedem Pfahljoch ein Halbholz hindurch, das auf der Landseite durch eine Strebe, sowie auch auf dem innern Pfahl durch eine Knagge unterstützt wird. Die Halbhölzer treten $5\frac{1}{2}$ Fufs vor die innern Pfähle vor und tragen 5 Bohlen, welche die Laufbrücke bilden, sowie auch an jeder Seite ein Kreuzholz, welches den Rand der Brücke markirt und den Schiffsziehern zur Stütze dient, wenn das Schiff vom Winde stark seitwärts getrieben wird. Die Entfernung dieser Joche von einander mißt 8 Fufs.

§ 60.

Hafendämme, aus Mauern bestehend.

Der Hafendamm, der aus einer Mauer besteht, hat jedesmal vertikale oder doch wenigstens sehr steile Seitenwände, und wenn er bis zu großer Tiefe herabreicht, so wird er nur von den frei schwingenden Wellen getroffen, in denen die Wassermasse noch nicht die horizontale Geschwindigkeit der Welle angenommen hat. Er ist sonach vergleichungsweise gegen dossirte Dämme nur mäßigen Angriffen ausgesetzt. Dazu kommt, daß er keine losen Theile enthält, welche bei heftigem Seegange in Bewegung gesetzt und in den Hafen getrieben werden könnten. Außerdem besitzt er noch den wesentlichen Vorzug, daß die Schiffe in seine unmittelbare Nähe kommen und an ihn anlegen können, besonders wichtig ist aber dieser Umstand für die Hafenköpfe. Der Mündung giebt man nämlich meist eine möglichst geringe Breite, um den Wellenschlag im Hafen zu mäßigen, falls aber die Köpfe flach abfallen, so muß ihr gegenseitiger Abstand um

soviel vergrößert werden, als die Böschungen vor denselben den Uebergang der Schiffe verhindern. Dabei ist auch für genaue Bezeichnung der beiderseitigen Grenzen zu sorgen, zwischen welchen die Schiffe ohne Gefahr sich bewegen dürfen.

Die aus großer Tiefe steil ansteigenden Hafendämme und Köpfe sind sonach in allen Beziehungen den mit Dossirungen versehenen vorzuziehen, ihre Ausführung bietet aber große Schwierigkeiten, wenn man nicht die bereits beschriebene Bauart mit der übermauerten Steinschüttung zwischen Pfahlwänden wählt. Doch auch diese ist, wie erwähnt, nur unter besondern Umständen zulässig.

Soll die Mauer unter Wasser aufgeführt werden, so entsteht die Frage, in welcher Weise dies geschehn kann. In früherer Zeit, wo die Taucher-Apparate wenig ausgebildet und üblich waren, blieb dieses ganz unthunlich, indem an offener See keine sichern Fangedämme sich darstellen lassen. Ein älteres Beispiel solcher unter Wasser bleibenden Mauern giebt es freilich, das sich jedoch nur auf sehr mäfsige Tiefe bezog. Dieses sind die Hafendämme von Ramsgate, die in Caissons oder schwimmenden Holzkasten (Theil I, § 49) aufgemauert wurden, wie bereits § 38 erwähnt ist.

Wenn der Hafen nicht am offenen Meer, sondern an einer geschützten Bucht liegt, und die aus der See einlaufenden Wellen die Baustelle nicht direct treffen, so läßt sich freilich ein Fangedamm zur Umschließung derselben bilden, wie dieses beim Bau von Wilhelmshaven im Busen der Jade geschehn ist, obwohl auch hier die Sicherstellung des Fangedamms schwierig war und dennoch mehrfache Beschädigungen eintraten.

Nicht selten hat man Hafendämme auf Pfahlroste gestellt, die in der Höhe des gewöhnlichen Niedrigwassers lagen. Das Mauerwerk beginnt also erst in dieser Höhe und wenn der Meeresgrund tiefer liegt, so muß für Ausfüllung des Raums zwischen demselben und dem Rost gesorgt werden. Dieses geschieht wohl jedesmal durch Steinschüttung. Ein solches Verfahren wurde gewählt, als man im vorigen Jahrhundert die Bai von St. Jean de Luz zu schliessen versuchte, und eben so vor etwa 40 Jahren bei den Dämmen, welche die Mündung des Adour bei Bayonne reguliren sollten. Auch bei Verlängerung des Hafendamms vor

Sunderland ist dasselbe Verfahren gewählt worden. Es leuchtet ein, daß alsdann der Hafendamm nicht aus der Tiefe steil ansteigt, vielmehr eine flache Böschung darunter und zwar bis zum Horizont des Niedrigwassers sich bildet. Ein wesentlicher Vorzug der steilen Dämme ist also verschwunden, und es entsteht die Frage, ob der Pfahlrost in solchem Fall überhaupt noch nöthig ist, und ob es nicht eben so zweckmäfsig wäre, das Mauerwerk in dieser Höhe unmittelbar auf die Steinschüttung zu stellen. Sollte der Pfahlrost gewählt werden, weil man besorgt, die Schüttung könnte sich noch senken, so dürfte dieser Grund wohl gerade für die Fortlassung des Pfahlrostes sprechen, weil unbedingt eine Senkung des Damms verbunden mit manchen Brüchen in demselben weniger bedenklich ist, als ein offner Raum unter dem Rost, der von der See bis zum Hafen durch den Damm hindurchreicht. Wenn solcher sich bildet, so werden bei den starken Strömungen, veranlaßt durch den äußern Wellenschlag, die Steine der Schüttung in Bewegung gesetzt und schließlic in den Hafen geworfen, während die freistehenden Pfähle unter dem starken Druck und bei den heftigen Erschütterungen sich seitwärts neigen oder abbrechen können. Dazu kommt noch, daß durch solche Oeffnungen die Wellenbewegung im Hafen unter Umständen verstärkt und zugleich Sand hineingetrieben wird, während zu andren Zeiten hier Ausströmung eintritt und dadurch die Offenerhaltung des Fahrwassers leidet. Diese Auffassung scheint gegenwärtig allgemein Eingang gefunden zu haben, indem man bei neuern größern Bauten dieser Art die Mauer unmittelbar auf die Steinschüttung stellt.

Es mögen zunächst diejenigen Mauern behandelt werden, welche auf dem Meeresgrund selbst stehn. Nachdem in neuerer Zeit die Taucher-Apparate, die im zweiten Theil § 54 bis 56 beschrieben sind, so wesentliche Verbesserungen erfahren haben, daß keine besondere Uebung und Geschicklichkeit zu ihrer Benutzung erforderlich ist, und jeder gesunde und kräftige Mann leicht dazu angelernt werden kann, so läßt sich das regelmäfsige Versetzen der Steine noch etwa bei zwei Atmosphären Ueberdruck, also in der Tiefe von mehr als 60 Fuß sicher ausführen. Die Arbeit ist indessen nicht nur sehr zeitraubend, da sie nur bei ruhiger und klarer See, und nur mit Anstellung von

wenigen Tauchern vorgenommen werden kann, sondern sie wird auch sehr kostbar. Ausserdem muſs dabei von der Benutzung des Mörtels abgesehen werden, da dieser im Wasser sich so verdünnt, daſs er kaum noch verwandt werden darf, weil beim Auswaschen des Cements keine genügende Erhärtung eintritt.

Aus diesem Grunde werden nicht etwa Ziegel oder kleine Bruchsteine vermauert, sondern es müssen bearbeitete Werkstücke in passendem Verbande und möglichst schliessend neben und über einander versetzt werden. Dieselben sind aber nach Ausebnung des Bodens mittelst Rollkrahnen an den passenden Stellen herabzulassen und der Taucher muſs zusehn, ob sie richtig stehn, und wenn dieses nicht der Fall ist, das Zeichen geben, daſs sie wieder gehoben und soweit es nöthig ist, die Hebe-Vorrichtungen verstellt werden. Liegt das Werkstück an seiner Stelle, so muſs er die um den Stein geschlungene Kette, die in einer Rinne liegt, oder die sonstige Vorrichtung, womit der Stein gefasst war, lösen.

Sobald man die untere Schicht versetzt hat, ist das Aufbringen der folgenden insofern etwas erleichtert, als man nunmehr eine horizontale und feste Grundlage gewonnen hat. Eine solche für die erste Schicht darzustellen, bietet zuweilen sehr groſse Schwierigkeiten.

Besteht der Grund aus gewachsenem Felsen, so bleibt nur übrig, denselben zu ebnen und wenn es nöthig ist, auch soweit abzuarbeiten, daſs der daselbst zu versetzende Stein in seiner obern Fläche an den vorhergehenden sich gehörig anschliesst. Sobald man aber beim weitem Vortreten des Baues eine gröſsere Tiefe erreicht, muſs eine neue Steinschicht beginnen, und für diese der Boden in gröſserer Tiefe geebnet werden.

Wenn dagegen der Meeresboden mit Kies, Sand u. dgl. überdeckt ist, so ist es nothwendig, zu untersuchen, ob nach Ausführung des Damms eine Unterspülung desselben zu besorgen sei, indem daneben eine tiefe Rinne sich oft bildet. Man darf zwar nicht erwarten, daſs der Wellenschlag solche veranlassen wird, wohl aber kann die Umgestaltung des Grundes leicht durch gewisse Strömungen, wenn auch nur vorübergehend, erfolgen. Indem der Hafendamm seiner Lage nach ein Einbau in die See ist, so wirkt er im Allgemeinen auch als solcher, oder drängt

die grössere Tiefe vom Ufer zurück. Er veranlaßt also Verlandungen. Anders wirkt jedoch sein Kopf, neben dem leicht eine grössere Tiefe sich darstellt, als bisher bestand, indem die Strömung hier concentrirt wird. Besonders aber ist dieses zu besorgen, wenn ein Fluß oder Strom durch den Hafen fließt, und man die Mündung verengt, um das Fahrwasser davor möglichst zu vertiefen. Das gewöhnliche Mittel, die Unterspülung zu verhindern, nämlich das Vorschütten von großen Steinen, kann oft in der Mündung nicht zur Anwendung kommen, weil dadurch die Schifffahrt gefährdet würde. Man darf sich hierzu nur entschließen, wenn die Tiefe so groß ist, daß die größten hier einkommenden Schiffe selbst bei stark bewegter See die Schüttung noch nicht berühren. In solchem Fall wird man aber die Mauer nicht auf den Meeresgrund stellen, vielmehr auf eine Steinschüttung, deren Ausebenung wesentlich leichter ist.

Zuweilen findet man in angemessener Tiefe schon Kiesel von einigen Zollen im Durchmesser, die sich leicht ausheben lassen, ohne bei mässi-ger Bewegung des Wassers in die dargestellten Vertiefungen wieder herabzurollen. Sehr groß werden dagegen die Schwierigkeiten im Sandboden, der doch am häufigsten vorkommt. Man kann denselben zwar sehr leicht, selbst durch Baggermaschinen ausheben, in ruhigem Wasser sogar durch solche hinreichend auseben, sobald aber einige Bewegung eintritt, so wird die Regelmäßigkeit der dargestellten Oberfläche schnell aufgehoben und die darauf versetzten Quadern bilden nicht mehr eine horizontale und ebene Schicht. Wenn man in solchen Fällen auch keine besondere Schärfe verlangt und mässi-ge Unregelmäßigkeiten unbeachtet läßt, so fragt es sich doch, ob es kein Mittel giebt, diesen zu begegnen. Eine vollständige Umschließung der Baugrube, wenn auch nur durch nahe neben einander eingerammte Rundpfähle, würde zwar von wesentlichem Nutzen sein, doch ist auch solche schon sehr theuer. Einfacher ist es, den Untergrund, auf dem die Mauer ruht, in eine Steinschüttung zu verwandeln, indem man einzelne Vertiefungen bildet, die mehrere Fuß unter die beabsichtigte Sohle herabreichen, und diese alsdann mit kleineren Steinen ausfüllt. Wenn ein solches Verfahren vielfach nicht nur unter der Mauer, sondern auch rings um dieselbe wiederholt wird, so dürfte dadurch der Grund sich

so befestigen lassen, daß die Ausebenung desselben einigen Bestand hat und bis zum Versetzen der Steine sich erhält. Im Innern der Häfen, wo das Wasser theils ruhiger, theils auch meist klarer ist, wo sich selbst genauere Untersuchungen anstellen lassen, bietet sich noch Gelegenheit, die Unregelmäßigkeit der untern Steinschicht durch passende Form und Stärke der darüber zu versetzenden Werkstücke auszugleichen, wie später in dem Abschnitt über den innern Hafen mitgetheilt werden wird.

Man giebt den Werkstücken, welche für Mauern unter Wasser verwendet werden, möglichst große Dimensionen, um dadurch ihre Anzahl zu vermindern und um sonach das mühsame Versetzen derselben nicht gar zu oft wiederholen zu dürfen. Die Verwendung solcher Blöcke, die aus natürlichen Steinen bearbeitet sind, verbietet sich aber meist, weil sie zu theuer werden, man benutzt daher, wenn nicht ausschliesslich, doch wenigstens zum Füllen des innern Raums künstliche Blöcke, die aus Béton geformt sind. Die Fabrikation derselben wird später ausführlich beschrieben werden, hier ist nur zu erwähnen, daß man vielfach in Betreff ihrer Festigkeit und Haltbarkeit zweifelhaft ist, und aus diesem Grunde sie in den äußern Flächen nicht verwenden mag, wie beispielsweise bei dem großen Hafendamm oder dem Admiralitäts-Pier bei Dover geschehn ist. In neuerer Zeit scheint man jedoch von dieser Besorgniß zurückgekommen zu sein und sich überzeugt zu haben, daß der Béton bei passenden Mischungsverhältnissen und bei sorgfältiger Bearbeitung in keiner Beziehung einem guten Sandstein nachsteht, woher er auch zur Verkleidung solcher Mauern durchaus geeignet ist. Unbedingt giebt seine Verwendung zu wesentlichen Ersparungen sowol in der Bearbeitung, wie im Transport Veranlassung, da erstere ganz umgangen wird, wenn man passende Formkasten gewählt hat, und letztere sich wesentlich vermindert, wenn man die Blöcke möglichst nahe an der Baustelle formt. Der Cement muß freilich beigeschafft werden, den Sand entnimmt man aber meist vom Seestrande, und der Zusatz der kleinen Steine läßt sich, wenn diese gar zu theuer sein sollten, auch umgehn, wenn man groben Sand unter Verwendung einer entsprechend größeren Masse Cement benutzt.

Sobald die obere Schicht dieser Werkstücke oder Bétonblöcke den Wasserspiegel, wenn auch nur des niedrigen Wassers, erreicht, wird dieselbe in vollen Mörtelfugen, und zwar gewöhnlich mit Bruchsteinen übermauert. Zuweilen behält man die Verblendung mit Werkstücken aber noch bei, oder verwendet sie auch noch im Innern, während man andererseits bei großer Breite der Mauer den mittlern Raum mit verlängertem Mörtel oder mit möglichst wohlfeilem Béton ausfüllt. In allen Fällen stellt man aber auf die Hafenummauerung und zwar neben den seeseitigen Rand derselben noch eine Brustmauer, in deren Schutz man den Damm, selbst bei stärkerem Wellenschlag, begehrt kann.

Die Mauer, welche den Hafendamm bildet, und eben so auch die darauf stehende Brustmauer müssen jedenfalls so fest sein, daß weder einzelne Steine oder größere Theile sich ablösen und herausgerissen, noch auch die Mauern umgeworfen werden können. Die erste Bedingung wird erfüllt, wenn gutes Material und namentlich ein Mörtel zur Verwendung kommt, der vollständig erhärtet, zugleich aber auch die Maurerarbeit untadelhaft ausgeführt ist. In Betreff der zweiten Forderung muß man die Kräfte näher betrachten, welche den Umsturz der Mauer veranlassen könnten, während das Verschieben derselben wohl unter allen Umständen sich verbietet. Der hydrostatische Druck, den die Wellen veranlassen, verschwindet gegen den Stofs, den sie ausüben. Man pflegt aber auch diesen durch den Druck zu bemessen, den er ausübt, wie bereits § 6 mitgetheilt, doch ist es keineswegs erforderlich, die äußersten Werthe dieses Drucks, wie ihn vielleicht einzelne Messungen ergaben, der Berechnung der Stabilität einer Mauer zum Grunde zu legen, weil der stärkste Stofs sich immer nur auf einzelne kleine Stellen beschränkt, also die Mauer niemals in ihrer ganzen Ausdehnung gleichzeitig davon getroffen wird. So würde die Mauer auf dem Cherbourger Hafendamm schon umstürzen, wenn sie in ihrer ganzen äußern Seitenfläche einem Druck von 800 Pfund auf den Quadratfuß ausgesetzt wäre, und dennoch hat sie den Wellen sicher widerstanden, die nach Stevenson's Messungen an den Küsten des Atlantischen Oceans Pressungen von 2000 und selbst 3000 Pfund auf den Quadratfuß ausüben. Für die Mauern in unsern Otssee-Häfen wurde der Druck von 600 Pfund den Rechnungen zum

Grunde gelegt, und in allen Fällen hat dieses nach den bisherigen Erfahrungen vollständig genügt.

Ganz unbeschädigt pflegen solche Mauern freilich nicht zu bleiben, besonders wenn sie auf Steinschüttungen und namentlich über Faschinen-Packungen stehn. Ein verschiedenartiges Setzen ist alsdann unvermeidlich, und dabei zerbrechen die Mauern, wie die Risse zeigen, welche man an beiden Seiten von oben bis unten bemerken kann. Besonders sieht man solche sehr auffallend an der auf dem Wellenbrecher bei Cherbourg stehenden Mauer, wo die Fugen stellenweise bis $\frac{3}{4}$ Zoll weit sind. Man hat indessen in Bezug auf dieselben keine Besorgnifs, da sie weiter abwärts sich verengen, und die Reibung zwischen den sie begrenzenden Mauertheilen ein merkliches Verschieben verhindert. Die Risse in den Brustmauern unserer Hafendämme sind überall viel geringer und äußersten Falls nur 1 Linie weit. Nichts desto weniger werden sie sorgfältig beobachtet und scheinen nur unmittelbar nach der Uebermauerung der alten Senkstückdämme entstanden zu sein, während später keine Erweiterung wahrgenommen ist.

Die Brustmauern werden gewöhnlich an beiden Seiten mit lothrechten Wänden versehn und wenn sie sich, wie meist geschieht, an die etwas geneigte äußere Seitenfläche der Hafenmauer anschließen, so bildet eine cylindrische Fläche den Uebergang. Es geschieht auch, dafs man die Brustmauer durch Ueberkragung oder durch Anbringung von vortretenden Gesimsen seawärts weiter vortreten läßt. Dabei liegt die Absicht zum Grunde, die bei heftigem Wellenschlage hoch aufspritzende Wassermasse, wie bereits § 54 erwähnt ist, nicht auf die Mauer, sondern rückwärts in die See fallen zu lassen. Dieser Erfolg wird aber bei heftigem Sturm wohl niemals erreicht, da der Wind das aufsteigende Wasser faßt und es hafenvwärts, also wieder auf den Damm treibt. Das herabstürzende Wasser beschädigt aber nicht nur die Krone, sondern es macht auch das Betreten derselben in solchem Fall unmöglich, und hieraus entspringt der grofse Uebelstand, der bei Swinemünde mehrfach sich als höchst gefahrdrohend herausgestellt hat, dafs die Verbindung mit dem auf der Spitze des Damms stehenden Leuchthurm tagelang vollständig unterbrochen wurde. Es drängt sich dabei die Frage auf, ob der

beabsichtigte Zweck nicht durch ein entgegengesetztes Verfahren sicherer zu erreichen wäre, wenn man nämlich die steile Fläche, an welcher die Welle sich bricht, also die Wand der Brustmauer nicht in die Verticale führte, ihr vielmehr einige Neigung liefse. Das aufsteigende Wasser würde alsdann sowohl durch Beibehaltung der ihm mitgetheilten Bewegung, als auch durch den Sturm so weit hafenvwärts getrieben werden, dafs man unter demselben unmittelbar neben der Brustmauer von der herabstürzenden Masse nicht getroffen würde.

In der bereits vollständig ausgeführten Mauer trifft die oberste Schicht derselben wegen der grofsen Höhe über dem Wasser nur noch ein mäfsiger Stofs der Wellen. Anders verhält es sich während des Baues mit der jedesmaligen letzten Schicht, die einem stärkern Stofs ausgesetzt ist, und nicht durch den Druck eines darüber liegenden Steins gehalten wird. Um in dieser Beziehung eine gröfsere Sicherheit zu erreichen, hat man mehrfach die Steine, welche die seeseitige Umschließung bilden, nicht in flachen Schichten, also auf ihren breiten Seiten liegend, aufgebracht, vielmehr dieselben auf den Kopf gestellt. Auch sind schräge Schichten in Anwendung gekommen, wovon im Folgenden Beispiele mitgetheilt werden sollen. Endlich wäre aber noch zu erwähnen, dafs man immer vorsichtig sein mufs, die seeseitige Fläche der Mauer möglichst eben zu halten, weil der von unten nach oben gerichtete Druck der Welle zur Seite einer steilen Wand übermäfsig stark ist und einen daraus vortretenden Stein leicht aufhebt.

Nach dieser allgemeinen Darstellung der Erfordernisse der gemauerten Hafendämme mögen einige derselben näher beschrieben werden, die unmittelbar auf dem Meeresgrund stehn.

Fig. 158 zeigt einen Querschnitt durch den westlichen Hafendamm von Whitehaven. Dieser Ort liegt auf der Westküste von England, am Irischen Canal der Insel Man gegenüber. Der Fluthwechsel beträgt daselbst bei gewöhnlichen Springfluthen 24 Fufs, der Wellenschlag ist sehr stark, doch hat der Hafendamm die grofse Breite wohl nur erhalten, damit er zugleich als Kai benutzt werden kann. Er bildet die äufsere Umschließung des Vorhafens und wurde 1836 beendigt, während hier schon früher mehrere Piers weiter landwwärts bestanden. Der Boden besteht

in einer Sandablagerung, in der man wegen der heftigen Fluthströmung Ausspülungen besorgte, woher ein roher Steinwurf vor der äußern Seite des Hafendamms angebracht ist. Die Fundirung reicht nicht tief unter das niedrigste Wasser herab, wahrscheinlich wurden bei dem Bau leichte Fangdämme benutzt. Beide äußere Mauern, die den Hafendamm einschließen, sind aus dem festen Sandstein, der in der Nähe bricht, und zwar mit vollen Mörtelfugen ausgeführt. Der Mörtel wurde mit Italienischer Puzzolane versetzt, damit er schnell binde und unter Wasser erhärte. Beide Mauern stellen an ihren äußern Seiten cylindrische Flächen dar. Die äußere ruht auf einem Fundament von 22 Fufs Breite. Letzteres trägt zugleich Strebepfeiler, die 15 Fufs von einander entfernt sind, und deren Breite die Figur durch die punktirten Linien bezeichnet. Die einzelnen Schichten der Mauern entsprechen ungefähr der Richtung der Radien der äußern Fläche. Der Zwischenraum ist mit rohen Sandsteinen sorgfältig ausgepackt. Das 60 Fufs breite Kai ist abgeplastert. Die Brustmauer verbreitet sich in ihrem obern Theil und ist übergekragt, um das aufspritzende Wasser nach der Seeseite zurückzuwerfen. Ihre Breite mißt in den Deckplatten 12 Fufs, und darauf sind zu beiden Seiten eiserne Geländer angebracht, damit man bequem und sicher auch hier gehn kann.

In Fig. 159 ist der Querschnitt durch den Pier bei Kilrush an der Mündung des Shannon auf der Westseite von Irland dargestellt. Dieser Bau wurde etwa 1840 von Harry D. Jones ausgeführt und ist einem sehr heftigen Wellenschlag ausgesetzt. Man hatte ursprünglich seewärts eine flache Steinböschung projectirt, die aber nach den inzwischen gesammelten Erfahrungen fortgelassen und in eine nahe senkrechte Mauer verwandelt wurde. Die Kosten der Anlage ermäßigten sich durch diese Aenderung wesentlich. Der Meeresboden besteht aus Sand. Sowohl die innere, wie die äußere Mauer ist aus Quadern ohne Anwendung von Mörtel ausgeführt. Die untere Schicht wurde nur flach auf den Boden gelegt, indem aber hier einige Senkungen eintraten, so glich man diese in den folgenden Schichten aus. Bis zum niedrigsten Wasser wurden die Blöcke in der Taucherglocke versetzt. Das Niedrig-Wasser, wie das Hochwasser bei gewöhnlichen Springfluthen sind in dieser Figur und allen übrigen

auf Taf. XXXIV angegeben. Besondere Vorkehrungen, um Unterspülung zu verhindern, waren nach der der Commission vorgelegten Zeichnung nicht getroffen.

Der wichtigste Bau dieser Art ist ohne Zweifel der sogenannte Admiraltäts-Pier bei Dover, dessen Zweck und Wirksamkeit § 48 bereits ausführlich mitgetheilt ist. Es bleibt nur übrig, seine Dimensionen und das Verfahren bei seiner Erbauung zu bezeichnen. Fig. 160 zeigt das Querprofil. Wenn dieser Damm in der Kronenbreite auch den beiden bereits erwähnten nachsteht, so zeichnet er sich doch vor allen ähnlichen durch seine große Höhe aus, indem er bis zur Tiefe von 40 Fufs und in seinem äufsern Ende sogar noch weiter unter das niedrigste Wasser herabreicht. Unter ihm befindet sich keine Steinschüttung, er steht vielmehr unmittelbar auf dem gewachsenen Kreidefelsen, der unter der ganzen Breite des Canals bis zur gegenüberliegenden Französischen Küste sich hinzieht, und hier wieder zu Tage tritt. Bei Dover ist derselbe nur in der Nähe des Ufers mit den ausgewaschenen Feuersteinen überdeckt.

Nachdem über die Constructions-Art sehr verschiedene Ansichten geltend gemacht waren, ist der Bau in der Art ausgeführt, wie Rendel vorschlug, nämlich aus großen parallelepipedischen Blöcken, die unter Wasser mittelst der Taucherglocke im Verbands, jedoch ohne Anwendung von Mörtel über einander gelegt wurden. Dabei ist nur insofern von dem ersten Vorschlage abgewichen, daß diese Blöcke nicht aus Ziegeln aufgemauert, sondern größtentheils aus Béton geformt sind. Die äufsern Blöcke, welche unmittelbar der Berührung des Seewassers ausgesetzt sind, bestehen aus festem Granit. Wenn dieser aus der Tiefe steil ansteigende Hafendamm sich auch unbedingt vor den meisten ähnlichen Anlagen dadurch auszeichnet, daß wesentliche Beschädigungen an demselben nahe undenkbar sind, außerdem aber die große Wassertiefe daneben das unmittelbare Anlegen selbst von Linienschiffen, und zwar auf beiden Seiten gestattet, so sprechen sich dennoch alle Stimmen dahin aus, daß man nur durch die eigenthümlichen localen Verhältnisse zu dieser Anordnung gezwungen war. Man findet nämlich kein brauchbares Material in der Nähe, das man zur Steinschüttung hätte benutzen können. Wäre solches aber aus weiter Ferne entweder auf Eisenbahnen

oder auf Schiffen herbeigeführt worden, so würde der Bau noch theurer geworden sein, als bei der gewählten Constructions-Art, und außerdem würde die Zeit der Ausführung sich auch nicht abgekürzt haben. Für die Bauten bei Holyhead und Portland, wo brauchbares Material sich in der Nähe vorfindet, wählte daher Rendel die Steinschüttung zur Unterlage und liefs die senkrechten Mauern nur bis zum niedrigsten Wasser herabreichen, wie dieses auch in Cherbourg geschehn war.

Die Ausführung des Hafendamms bei Dover begann James Walker im October 1847. Ueber den ziemlich langsamen Fortgang des Baues, die alsdann erfolgte vollständige Unterbrechung desselben und die vor wenig Jahren beschlossene Vollendung ist in § 48 schon Mittheilung gemacht. Fig. 119 auf Taf. XXI zeigt in den scharf ausgezogenen Linien die Ausdehnung desselben, als man von seiner Weiterführung Abstand nahm. Der Damm ist in der Krone 45 Fufs Englisch ($43\frac{1}{2}$ Rheinländische Fufs) breit. Seine beiden Seitenwände sind im Verhältniß von 1 zu 4 gegen das Loth geneigt, doch bilden sie nicht Ebenen, vielmehr findet in jeder Lage ein stufenförmiger Absatz statt. Von der angegebenen Breite der Krone nimmt der Fahrweg, auf dem zwei Eisenbahn-Stränge liegen, 30 Fufs ein. Dieser Weg befindet sich auf der östlichen Seite, ist also dem stärksten Wellenschlag nicht ausgesetzt, und hat nach derselben Seite oder nach dem Vorhafen eine schwache Neigung. Er liegt durchschnittlich 5 Fufs über den höchsten Springfluthen. Auf der westlichen Seite befindet sich eine 15 Fufs breite und 10 Fufs hohe Brustmauer, die sich 15 Fufs 3 Zoll über die höchsten Fluthen erhebt und auswärts etwas übergekragt ist, um das Wasser der anschlagenden Wellen nach der See zurückzuwerfen. Sie bildet einen 10 Fufs breiten Fußweg, der auf der östlichen Seite durch ein eisernes Geländer und auf der westlichen noch durch eine zweite niedrige Brustmauer begrenzt ist.

Nachdem ein Theil des Baues ausgeführt war, stellte sich das Bedürfnis heraus, auf dem Damm selbst, auf dem die Personenwagen bis zu den Anlegestellen der Dampfschiffe fahren, den Reisenden einigen Schutz gegen Regen und gegen das überspritzende Wasser zu bieten. Die Stärke der Haupt-Brustmauer wurde daher bis auf 4 Fufs vermindert und an sie schlofs sich

auf eisernen Säulen ruhend und mit eiserner Ueberdachung ein verdeckter Gang an. Bei dem starken Südweststurm Ende 1876 wurde diese Brustmauer aber mit den Eisen-Constructionen umgeworfen und man kehrte daher wieder nahe zu der ursprünglichen Anordnung zurück, doch trat dabei in sofern eine Aenderung ein, als statt der starken Ueberkragung der Mauer an der westlichen Seite nur ein wenig vortretendes Glied angebracht, auch die Stärke der Brustmauer auf 9 Fufs beschränkt wurde.

Der ganze Körper des Damms besteht aus grossen Blöcken, die durchschnittlich etwa 6 Fufs lang, 4 Fufs breit und 3 Fufs hoch sind. Ihre Länge und Breite ist aber verschieden, damit sie, in gehörigem Verbande versetzt, jedesmal die ganze Breite der Schicht füllen. Die äufsere Fläche besteht aus festen natürlichen Steinen. Anfangs verwendete man dazu auch Sandsteine, doch wurden später nur die sehr festen Granite benutzt, die auf den Inseln im Canal brechen. Der innere Kern ist dagegen aus Béton-Blöcken von denselben Dimensionen aufgeführt, so dafs Schichten von gleicher Höhe sich horizontal durch die ganze Breite des Damms hindurch fortsetzen. Zum Béton verwendete man Portland-Cement. Einem Theile desselben wurden $3\frac{1}{2}$ Theile Sand zugesetzt, und nachdem unter Zuthun von möglichst wenig Wasser hieraus ein steifer Mörtel gebildet war, fügte man noch $3\frac{1}{2}$ Theile Kies hinzu. Diese Masse wurde in hölzerne Formen gefüllt. Nach 24 Stunden waren die Blöcke schon so erhärtet, dafs man die Formen abnehmen konnte, und nachdem sie 8 bis 14 Tage an der Luft gelegen hatten, sollen sie schon so fest geworden sein, dafs sie sich aufheben und versetzen liessen. Das letzte geschah indessen, wie die grossen Vorräthe fertiger Blöcke zeigten, wohl erst mehrere Monate später.

Das Versenken geschah mittelst sehr weiter Taucherglocken, die so geräumig waren, dafs ein Block darin hängen konnte und ausserdem noch vier Arbeiter Platz fanden. Die Glocken hingen an Rollkrahnen, so dafs sie vor und zurück, und ausserdem auch seitwärts sich bewegen liessen. Die Rüstungen mit den Bahnen für die Rollkrahne erstreckten sich weit vor den über Wasser tretenden Theil des Damms. Sie trugen aber in der Nähe des letztern noch andere Eisenbahnen in der Höhe des anschliessenden Fahrweges, so dafs die Blöcke auf den letztern

bis unter die hoch aufgezogenen Glocken gebracht werden konnten. Die Rüstungen bestanden aus Jochen, die etwa 30 Fufs von einander entfernt waren, und jedes derselben enthielt drei Pfähle, die man durch verzahnte Träger, so wie auch durch Zangen verbunden hatte. Die Pfähle waren aber, wie man bei niedrigem Wasser bemerken konnte, oft aus zwei Stücken zusammengesetzt und durch Laschen verbunden. Sie hatten überdies in dem Kreideboden an sich keinen festen Stand, und waren durch zahlreiche starke Drähte gehalten, die seitwärts und vor dem Kopfe in schwere Anker eingreifen. Von einem Holm zum andern waren wieder gezahnte Träger gestreckt, welche die Bahnen der Rollkrahne trugen. Die letztern wurden aber beim jedesmaligen Aufnehmen eines Steins bis über die untern Eisenbahnen zurückgeschoben.

Die Arbeit begann damit, dafs an der Stelle, wo ein Stein der untern Schicht versetzt werden sollte, die Arbeiter in der Taucherglocke den Grund reinigten und ihn soweit horizontal abarbeiteten, dafs der darauf zu legende Block sich den bereits versetzten anschlofs, und entweder mit diesen in gleicher Höhe, oder um eine volle Steindicke tiefer lag. Durchschnittlich wurden mit jeder Glocke an einem Tage zwei Steine versetzt, und gemeinhin sah man drei Glocken in Thätigkeit.

Die Krone des Piers, oder der Fahrweg auf demselben liegt, wie erwähnt, 5 Fufs über den höchsten Fluthen oder 10 Fufs über den gewöhnlichen Springfluthen. Der Fluthwechsel zur Zeit der gewöhnlichen Springfluthen beträgt bei Dover 18 Fufs 3 Zoll, und der Wasserstand sinkt zuweilen noch einige Fufs unter dieses Niedrigwasser herab. Die Packetböte, welche in bestimmten Tagesstunden, also ganz unabhängig von Fluth und Ebbe an den Pier anlegen, schwimmen demnach nur in den seltensten Fällen in solcher Höhe, dafs die Passagiere noch bequem unmittelbar auf den Damm treten können, meist liegen sie viel niedriger, und zuweilen sogar gegen 30 Fufs tiefer. Um in allen diesen Fällen einen möglichst bequemen Zugang darzustellen, befinden sich an der östlichen Seite des Piers zwei 60 Fufs lange und 12 Fufs breite Anbaue, worin je vier Treppen mit den zugehörigen Podesten oder Böden, von denen man nach dem jedesmaligen Wasserstande diejenige benutzt, die entweder in der Höhe des

Decks oder zunächst über demselben liegt. Fig. 174 auf Taf. XXXV zeigt einen dieser Anbaue, nämlich *a* in der Ansicht von oben, *b* von der Wasserseite aus gesehn und *c* im Durchschnitt. Die Treppe *A* führt nach dem ersten Boden herab, der nach der Ansicht *b* auf der rechten Seite des Anbaues sich befindet. Von hier gelangt man auf der Treppe *B* nach dem zweiten Boden, welcher die linke Seite einnimmt, der letztere steht mit zwei Treppen in Verbindung. Auf der kürzeren *C* steigt man zum dritten Boden herab, der wieder rechts liegt, und auf der längeren *D* nach dem untersten Boden auf der linken Seite. Indem die Seitenmauer des Piers im Verhältnisse von 1 zu 4 geneigt ist, so führen die sämmtlichen Treppen, mit Ausnahme der dritten, etwas schräge herab, wie auch der Grundriß zeigt. Der untere Theil dieses Anbaues, mit Einschluss der Treppen *C* und *D* und der zugehörigen Böden, ist massiv, der Ueberbau dagegen, dessen Construction die Zeichnung nicht näher angiebt, besteht aus Holz.

Eine Treppenanlage, welche der so eben beschriebenen ganz gleich ist, befindet sich auch an der westlichen Seite des Piers. Dieselbe wird benutzt, so oft östlicher Wind weht, weil alsdann die See auf der westlichen Seite am ruhigsten ist. Die Brustmauer auf dem Pier ist vor dieser Treppe mit mehreren überwölbten Oeffnungen versehen, durch welche man bequem zu ihr gelangen kann, diese Oeffnungen werden aber bei starken Weststürmen geschlossen.

In den Jahren 1870 und 1871 wurde ein Damm aus Bétonblöcken bei Currachee (Karatschi) im Staate Sindh (Sindh) ohnfern der Mündung des Indus (Sindhu), in das Indische oder Arabische Meer hinausgeführt. Dieser Bau zeichnet sich dadurch aus, daß er in sehr kurzer Zeit beendigt wurde. Von dem Suliman-Gebirge, das Ostindien von Balutschistan trennt, erstreckt sich der Manora-Felsen bis an das Meer. Derselbe besteht aus Geschieben von Conglomerat, die auf Sand liegen. Das Meer unterspült dieselben, das Ufer bricht ab und man findet die Steine noch bis 500 Fufs weit jenseit der Niedrigwasser-Grenze. An letzterer beginnt der Damm, der zunächst 270 Fufs (Englisches Maafs) lang, und 24 Fufs breit war. Anfangs war die Tiefe nur gering, woher Bétonblöcke von verschiedenen Dimensionen

zur Verwendung kamen. Sie wurden auf die Steine versetzt, die den Meeresgrund bedeckten, doch mußten dieselben vorher ausgeebnet werden. Der Monsoon, der mit ungewöhnlicher Heftigkeit $3\frac{1}{2}$ Monate hindurch das Meer aufregte, hatte nur einige dieser Blöcke etwas verschoben, ohne erhebliche Beschädigungen zu veranlassen.

Im Jahr 1870 wurde der Damm um 147, und alsdann noch um 225 Fufs weiter geführt, dabei erreichte man grössere Tiefen, und die Art der Ausführung war nunmehr folgende.

Zunächst wurde der Grund mit einer Steinschüttung überdeckt, die bis 15 Fufs unter Niedrigwasser sich erhob, und auf diese stellte man die Bétonblöcke. Sie wurden aber nicht flach verlegt, sondern wie Fig. *P* auf Taf. XXXIII. b zeigt, so gerichtet, daß sie mit dem Loth Winkel von 16 Graden bildeten. Damit die untern Blöcke sich der horizontal ausgeebneten Steinschüttung gehörig anschlossen, mußten sie mit passender Schmiege versehen sein. Diese erhielten sie sogleich beim Formen.

Alle Blöcke waren 12 Fufs lang, 8 Fufs breit und $4\frac{1}{2}$ Fufs stark. Die Formkasten standen aufrecht und mittelst eines Rollkrahns wurde der auf einer Eisenbahn beigeführte Béton in dieselben verstürzt. Diejenigen Formkasten, worin die mit Schmiege versehenen Blöcke gebildet werden sollten, standen aber nicht auf horizontalem Boden, sondern auf einem entsprechend geneigten. Dieser letzte Boden setzte sich aber nicht in derselben Neigung durch die ganze Breite fort, sondern sein Querschnitt war sägenförmig gestaltet, wodurch jeder Kasten auch vor einem möglichen Gleiten gesichert war. Endlich ist dabei zu bemerken, daß die Löcher in den Blöcken, in welche die Steinklauen eingriffen, so angebracht waren, daß der an zwei Klauen gehobene Block sogleich in derselben Richtung schwebte, in welcher er versetzt werden sollte.

Zwei Blöcke hochkantig versetzt bildeten die Breite des Damms, und indem drei übereinander gestellt wurden, erreichte man die Kronenhöhe. Der Querschnitt des Damms war sonach nahe ein Quadrat von 24 Fufs Breite und fast gleicher Höhe. Die Ausführung dieses Baues war überaus einfach. Bevor die Aufstellung einer neuen Schicht begann, liefs man einen Dampfbagger unmittelbar vor dem Fufs der vorbergehenden Schicht die

Rinne von angemessener Tiefe ausheben. Dieses geschah so gleichmäfsig, dafs die Taucher nur wenig Steine darin zu beseitigen oder hinzuzufügen brauchten. Der Krahn aber, ein sogenannter Titan, lief jedesmal bis zu der Stelle zurück, wo die Bétonblöcke angefertigt waren und trug alsdann einen solchen herbei, den er sogleich an die passende Stelle versetzte. Dieses geschah so schnell, dafs einst in 1 Stunde und 40 Minuten sechs Blöcke versetzt wurden, also der Damm in dieser kurzen Zeit sich um $4\frac{1}{2}$ Fufs verlängerte. Im Allgemeinen schritt die Arbeit indessen viel langsamer vor, da es namentlich an zuverlässigen Tauchern mangelte, die schnell genug die vorhergehenden Untersuchungen und Ausebnungen vornehmen konnten.

Der Bau hat sich, soweit die Mittheilungen reichen*), in gutem Stande erhalten, wenn auch manche Unregelmäfsigkeiten daran eintraten, die jedoch seine Sicherheit nicht gefährdeten. So neigte sich der Kopf nach einer Seite und senkte sich um 9 Zoll. Dieses war wahrscheinlich durch Unterspülung veranlafst, auch kam es vor, dafs einzelne Blöcke seitwärts etwas heraustraten, während die durchgehende Mittelfuge sich erweiterte. Letztere füllte man alsdann mit steifem Béton an. Mit solchem wurde auch die Oberfläche des Damms schliesslich ausgeebnet.

Dieser Bau, vom Ingenieur Parker ausgeführt, ist insofern sehr wichtig, als die dabei gewählte Constructionsart überaus einfach ist und zugleich Sicherheit gegen wesentliche Beschädigungen bietet. Ein ganz geregeltes Werk läfst sich dadurch freilich nicht darstellen, oder wenn man die Krone und den über Wasser liegenden Theil auch künstlich reguliren wollte, so dürften dabei dennoch, besonders in erster Zeit, manche Bewegungen der einzelnen Blöcke sich nicht verhindern lassen. Der grofse Vorzug besteht darin, dafs die einzelnen Schichten auf schmalen Flächen und ohne Seitenverband auf dem Grunde stehn, also nachsinken können, sobald Höhlungen sich darunter bilden. Diese Bewegung wird nur durch die Reibung erschwert, die gewifs ein geringeres Hindernifs ist, als wenn die Schichten im Verbande sich überdeckten. Dazu kommt noch, dafs jeder Block nur in seiner

*) Die Mittheilungen sind aus verschiedenen Jahrgängen der englischen Zeitschrift „Engineering“ entnommen.

kleinsten Seitenfläche von den Wellen getroffen wird, also dem geringsten Stofs ausgesetzt ist.

Die hier gewählte Constructionsart mit den in schräger Richtung stehenden Blöcken schließt sich ungefähr an diejenige an, die Telford in den Jahren 1812 und 1813 bei Verlängerung des nördlichen Hafendammes bei Aberdeen zur Ausführung brachte. Dieser Bau wird im Folgenden näher beschrieben werden.

Gleichzeitig mit dem Hafendamm bei Currachee sind solche in sehr ähnlicher Art vom Mac-Gregor in Hafen Oamaru in Neu-Seeland ausgeführt. Dabei wurden aber die 12 Fufs langen Bétonblöcke nicht auf die schmalen, sondern auf die langen Seiten, und zwar wieder schräge gestellt. Die Dämme sind 36 Fufs breit, 1200 Fufs lang und erheben sich aus der Tiefe von 12 Fufs unter Niedrigwasser bis über Hochwasser. Der Fluthwechsel mißt 7 Fufs. Die aus Blöcken dargestellten 12 Fufs breiten Mauern bilden nur die Seitenwände des Damms. Der Zwischenraum ist unter Wasser mit Steinschüttung gefüllt. Auf diese wie auf die Blöcke hat man bis 8 Fufs über Hochwasser Béton aufgebracht, der nicht nur die Dammkronen, sondern auch die oben 10 und unten 18 Fufs starken und $6\frac{1}{2}$ Fufs hohen Brustmauern bildet.

In neuester Zeit hat man, ähnlich dem Admiralitäts-Pier bei Dover, auch in den Niederlanden Hafendämme aus Bétonblöcken bestehend vom Grunde des Meeres ab aufzuführen versucht. Sie sollten den neuen Vorhafen in der Nähe von Velsen umschließen, der den Zugang zu dem Canal nach Amsterdam bildet. Der Vorhafen ist so weit ausgedehnt, daß er das tiefe Wasser erreicht, und hat sogleich solche Weite, daß der Wellenschlag sich hinreichend mälsigt, um die Einfahrt in den Canal zu sichern. Er wird ziemlich symmetrisch von zwei Dämmen begrenzt, die in der Linie des frühern Niedrigwassers 300 Ruthen von einander entfernt sind. Sie convergiren gegen einander, woher im Abstände von 280 Ruthen vom Strande ihre Entfernung nur noch 175 Ruthen mißt. Von hier ab treten sie noch stärker zusammen, so daß die in der Mittellinie um 60 Ruthen weiter entfernte Mündung nur noch die Weite von 59 Ruthen behält. Der Abstand derselben vom Strande mißt 340 Ruthen.

Diese Maafse, wie auch die folgenden sind aus dem am

23. Januar 1866 von der Canal-Gesellschaft an das niederländische Ministerium des Innern eingereichten und von diesem genehmigten Project entnommen. Derselben Zeichnung sind vier Querprofile der Molen beigelegt, die insofern verschieden sind, als sie sich auf verschiedene Tiefen beziehen und verschiedene Kronenbreiten darstellen. Der Fluthwechsel ist dabei zu 4 Fufs 4 Zoll angegeben und zwar liegt A. P. (Amsterdamer Pegel) 2 Fufs $10\frac{1}{2}$ Zoll unter Hochwasser und 1 Fufs $5\frac{1}{2}$ Zoll über Niedrigwasser. Im ersten Profil, das 72 Ruthen vom Strande entfernt ist, beträgt die Wassertiefe unter A. P. 20 Fufs und die Kronenbreite 19 Fufs, beim zweiten, 145 Ruthen entfernten Profil die Tiefe 23 Fufs und die Kronenbreite 21 Fufs, beim dritten im Abstände von 265 Ruthen vom Strande die Tiefe 27 Fufs und die Kronenbreite $23\frac{1}{2}$ Fufs. Die Köpfe haben kreisförmige Querschnitte, die oben 35 Fufs im Durchmesser halten, während die Tiefe daselbst 30 Fufs beträgt. Die Krone liegt in den drei ersten Profilen 9 Fufs über A. P., in dem Kopfe aber 13 Fufs. Die Seitenwände sind überall im Verhältniß von 1 zu 7 gegen das Loth geneigt, wogegen die Krone behufs der Entwässerung mit der geringen Neigung von 1 zu 30 hafenseitig abfällt. Fig. D auf Taf. XXXIII. a stellt das zweite dieser Profile dar.

Nach diesen Zeichnungen sollten die Dämme 2 bis 3 Fufs in den natürlichen Boden versenkt werden, und dieses dürfte insofern genügen, als der Vorhafen nicht bis an sie heran, sondern nur in der Mitte vertieft wurde, indem die große Breite zwischen den Dämmen allein die Abschwächung des Wellenschlags bezweckte. Die zur Verblendung benutzten Bétonblöcke unterscheiden sich von den innern dadurch, daß bei gleicher Zusammensetzung des Mörtels der Steinschlag in den erstern aus Granit oder aus Basaltstücken besteht, während bei den innern Blöcken nur Ziegelbrocken verwendet sind. Ueber Wasser fehlen die innern Bétonblöcke, und statt derselben ist der Béton unmittelbar zwischen die äußern Blöcke verstürzt, wo er eine 9 Fufs hohe Lage bildet.

Seeseitig und auf den Köpfen bis gegen die Hafenseite sind Brustmauern von 3 Fufs Höhe und 4 Fufs Breite aufgeführt.

Der Bau dieses Hafens, wie die ganze Darstellung der neuen

Verbindung von Amsterdam mit der See, und zwar für die größten Handelsschiffe, mit Einschluss der Trockenlegung des Y, wird nicht vom Staat, sondern von einer Privatgesellschaft ausgeführt, die grosentheils aus Englischen Capitalisten besteht. Der Bau der Hafendämme wurde den Unternehmern Henry Lee et Son übergeben, die auch die Weiterführung des Admiralitäts-Piers bei Dover übernommen hatten. Hier traten jedoch gleich anfangs wegen des aus feinem Sand bestehenden Bodens grosse Schwierigkeiten ein. Die Vertiefung und Ausebnung des Grundes, die zum regelmässigen Versetzen der untern Bétonblöcke in der beabsichtigten Tiefe nothwendig war, ergab sich als ganz unthunlich, da der Sand fortwährend hinzufloss. Auch der Versuch, die Blöcke ohne weitere Vorbereitung unmittelbar auf den Sand zu legen, veranlasste solche Unregelmässigkeit, dass man sich gezwungen sah, die Blöcke durch Taucher wieder an die Hebevorrichtungen anschlagen zu lassen und zu entfernen. Noch ein anderer Versuch wurde gemacht; nämlich den Damm nicht vom Strande aus nach der See, sondern umgekehrt von einer isolirten Steinschüttung aus nach dem Strande zu führen. Dabei stellte sich indessen wieder der grosse Uebelstand ein, dass die Küstenströmung sich durch die Oeffnung hindurchzog und dieselbe stark vertiefte.

Es blieb hiernach nur übrig, zunächst eine feste Grundlage zu bilden, die gehörig geebnet werden musste, um den Damm sicher zu tragen. Man benutzte hierzu Basalte, die in der Höhe von mindestens 3 Fufs verschüttet wurden und sich noch etwa 30 Fufs seitwärts über die Basis des Damms ausdehnten. Nachdem dieselben längere Zeit hindurch dem Wellenschlag ausgesetzt gewesen, wurden sie durch Taucher ausgeebnet, und nunmehr konnten darauf die Blöcke in angemessener Weise versetzt werden.

Der Béton, aus dem man die Blöcke formte, bestand aus 1 Theil Portland-Cement, 5 Theilen Sand und 4 Theilen Kies oder Ziegelbrocken.

Anfangs gab man den Blöcken geringere Dimensionen. Da diese aber bei starkem Seegang von den Wellen in Bewegung gesetzt, und zuweilen sogar fortgetrieben wurden, so wurden bald nur solche angefertigt, die durchschnittlich etwa 1 Schachtruthe hielten. Ihre Anfertigung geschah bei Velsen und von dort

wurden sie auf Eisenbahnen bis an das jedesmalige Ende der Molen gefahren, wo ein weit auslegender Krahn sie faßte und unter Beihülfe von Tauchern versetzte. Bei dieser Anordnung konnten nicht ausgedehnte Schichten gebildet werden, sondern man mußte, sobald eine Reihe Blöcke auf die Grundlage gebracht war, sogleich eine andre Reihe darüber legen, und so fort, bis man mit einer etwa halbfüßigen Dossirung des jedesmaligen Kopfes die ganze Höhe des Damms erreichte*).

Schon bei Ausführung der Basaltbettung hatte man zur Sicherung der vortretenden Theile derselben die Ueberdeckung mit einzelnen Bétonblöcken vorgesehn, und bald darauf sah man sich gezwungen, diese Ueberdeckungen zu verstärken. Da indessen auch dieses nicht genügte, so nahm schliesslich diese Anschüttung eine übermäßige Ausdehnung an. Der italienische Ingenieur Italo Maganzini, der von seiner Regierung beauftragt war, die Wasserbauten in den Niederlanden zu besichtigen, sagt**): Man mußte vor diese Hafendämme Bankete anschütten, um die Wellen zu brechen, welche die regelmäsig versetzten Bétonblöcke verschoben, obwohl man letztere schon durch Dübel und Eisenstangen in allen Richtungen verankert hatte. Diese Bankete, wieder aus Bétonblöcken gebildet, erhoben sich 8 Fufs über Amsterdamer Peil, sie blieben also nur etwa 1 Fufs unter der Dammkrone. Sie waren in der Krone 14 Fufs breit, und hatten seeseitig einfüßige Böschungen. 1875 waren zu diesem Zweck vor der Nordermole etwa 12 000 und vor der Südermole 4 500 Schachtruthen verwendet, während am Ende des Jahrs noch 700 Schachtruthen natürliche Steine hinzugefügt wurden.

Maganzini schreibt die Unhaltbarkeit dieses Baues dem Umstand zu, daß der Damm zu schwache Dimensionen erhalten, indem er ihn mit dem Pier von Dover vergleicht. Es dürfte sich indessen wohl fragen, ob die Art der Ausführung nicht vorzugsweise die Beschädigungen veranlaßt hat. Wenn die untere

*) Eine kurze Notiz über diesen Bau findet man zuerst in den Annales des ponts et chaussées 1870. I. pag. 303. Ausführlicher sind die Mittheilungen von A. Wiebe in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen. 1872, Seite 401.

***) Sulle opere idrauliche dei paesi bassi, relazione di missione dell' Ingegnere Italo Maganzini. Roma e Firenze. 1877.

Schicht nicht regelmässig versetzt war, so mußten die Unregelmäßigkeiten auch in allen folgenden Schichten sich fortsetzen, bis die Uebermauerung in Mörtel beginnen konnte. Sobald aber große freie Oeffnungen im Innern statt finden, so üben die Wellen sehr kräftige Pressungen und Stöße gegen die nächsten Steine aus, und wenn vielleicht wegen ungenügender Sicherung des Untergrundes die Ausspülungen fort dauern und deshalb immer neue Bewegungen eintreten, wobei auch die Uebermauerung zerbricht, so würden die eingetretenen Zerstörungen sich wohl erklären, ohne daß die Dimensionen des Damms dieses veranlassen. Die Verhältnisse sind indessen bisher noch nicht genügend aufgeklärt, um ein sicheres Urtheil zu begründen. Dabei muß erwähnt werden, daß die werthvolle Zeitschrift des Kgl. Ingenieur-Instituts im Haag über diesen Bau bis jetzt (1880) sich noch gar nicht ausgesprochen hat.

Der Französische Ingenieur Croizette Desnoyers, der im Sommer 1873 die Baustelle besuchte, spricht sich im Allgemeinen sehr rühmend über die Art der Ausführung aus, nichts destoweniger erwähnt er aber doch, daß der erste Versuch, die Blöcke unmittelbar auf dem aus feinem Sand bestehenden Boden zu versetzen, mißglückt sei, und daß auch, nachdem den Blöcken eine 1 Meter hohe Steinschüttung zur Unterlage gegeben, der nördliche Damm so starken Angriffen noch ausgesetzt wäre, daß man beabsichtige, ihn durch ein Banket zu sichern*).

Sehr wichtig ist ferner die in neuester Zeit von Coode aus Bétonblöcken ausgeführte Mole, welche die Rhede von Jersey schützt und dem heftigsten Wellenschlag des Atlantischen Oceans bei westlichen Stürmen ausgesetzt ist. Dieser Damm, Hermitage Breakwater genannt, tritt in süd-süd-östlicher Richtung etwa 1700 Fufs weit vor, und begrenzt die südöstlich gerichtete, etwa 800 Fufs weite Mündung der Rhede, die auf der andern Seite durch einen Damm gedeckt wird, der von Osten nach Westen gekehrt, und durch eine Reihe davor liegender Klippen einigermaßen geschützt ist. Der Fluthwechsel beträgt hier bei Springfluthen 32 Fufs und bei todten Fluthen 14 Fufs.

*) Notice sur les travaux publics en Hollande par M. Ph. Croizette Desnoyers. Paris 1874, pag. 24.

Ein großer Vortheil war es bei diesem Bau, daß der Untergrund aus gewachsenem Sienit besteht, so daß keine Unterspülung zu besorgen war. Der Grund lag aber stellenweise bis 20 Fufs unter dem niedrigsten Wasser. Derselbe wurde zunächst durch Säcke geebnet, die nach Bedürfnis mehr oder weniger mit Béton gefüllt waren, und hierauf wurden Bétonblöcke versetzt, deren jeder 120 Tons (240 000 Pfund) wog. Dieselben waren 22 Fufs lang, 10 Fufs breit und 7 Fufs hoch. Sie wurden auf ebenen Stellen im Hafen geformt, die bei der Ebbe trocken waren, und nachdem sie erhärtet, wurden sie durch Fahrzeuge, die man besonders zu diesem Zweck erbaut hatte, zur Zeit des Hochwassers gehoben und unter Wasser schwebend an ihre Stelle geführt. Man versetzte sie nur als Binder und zwei derselben bildeten die Breite des Unterbaues von 45 Fufs. Es mußten vielfach zwei solche Schichten, zuweilen sogar drei derselben übereinander gelegt werden, bevor sie über Niedrigwasser traten. Als dann wurde durch Uebermauerung in schnell bindendem Mörtel die Oberfläche regulirt und ausgeebnet, um den regelmässigen Oberbau beginnen zu können. Dabei wurden wieder Bétonblöcke benutzt, die jedoch nur den zehnten Theil der Masse der ersten enthielten. Sie waren 10 Fufs lang, 5 Fufs breit und $3\frac{1}{4}$ Fufs hoch. Man formte dieselben auf dem wasserfreien Ufer, fuhr sie auf einer Eisenbahn an und versetzte sie mit einem beweglichen Krahn, dessen Ausleger 50 Fufs weit übergriff. Sie bildeten nur die Umschließungswände, der Kern wurde mit Bruchsteinen ausgemauert. Der Damm hatte in der Krone die Breite von 36 Fufs und erhob sich 8 Fufs über das höchste Wasser. 1872 wurde der Bau begonnen und ist jetzt zugleich mit den vielen andern Anlagen im innern Hafen beendigt. Während der Ausführung traten mehrfach bedeutende Zerstörungen ein, die jedoch nur dadurch veranlaßt sein sollen, daß die noch nicht gehörig gesicherten Theile sich lösten.

Auch bei uns hat eine ähnliche Constructionsart bereits Anwendung gefunden, nämlich beim Bau des Kopfs am westlichen Hafendamm bei Rügenwalder-Münde. Obwohl der Meeresgrund daselbst wieder mit feinem Sand überdeckt war, ist es dennoch gelungen, die Bétonblöcke regelmässig und in der beabsichtigten Tiefe zu versetzen. Indem zu erwarten steht, daß

dieser Bau sich unversehrt erhalten, und in noch höherem Grade, als die verankerten Pfahlwände dauernd gesichert sein wird, so mag eine nähere Beschreibung desselben folgen, wie der Wasserbaumeister Weinreich ihn ausgeführt hat. Es muß aber daran erinnert werden, daß es sich hier um einen aus der Tiefe steil ansteigenden Kopf handelt, der durch keine Steinschüttung gedeckt werden darf, welche wohl an der Aufsenseite des Damms weiter landwärts, also vor den Pfahlwänden zulässig bleibt, sobald besorgliche Vertiefungen eintreten.

Die Construction des Hafendamms ist bereits § 58 mitgetheilt und durch die Zeichnungen Fig. A auf Taf. XXXIII. a erläutert worden. In der Höhe des mittleren Wasserstandes ist derselbe zwischen den Pfahlreihen 26 Fufs breit und die Rüstung erhebt sich 9 Fufs über Mittelwasser. Vier darüber gestreckte Langbalken tragen zwei Eisenbahnen, auf denen sowohl die Steine zur Schüttung, wie auch das Material zur Uebermauerung angefahren wurde. Auf denselben werden auch die am Ufer geformten Bétonblöcke beigeschafft, die den Kopf einschließen.

Der auf Steinschüttung zwischen Pfahlwänden aufgeführte Theil des Damms hat nicht die ganze Länge, welche die Situations-Zeichnung Fig. 117 auf Taf. XX zeigt, vielmehr ist derselbe 74 Fufs kürzer. Der daran sich anschließende Theil ist mit Fortlassung der Pfahlwände unter Wasser mit Bétonblöcken umschlossen, wozwischen Steine gepackt sind. Sein Profil stimmt zunächst mit demjenigen zwischen den Pfahlwänden überein, das Fig. A. 4 auf Taf. XXXIII. a angiebt. Seine Breite nimmt aber gleichmäfsig zu, so daß er schließlic in Niveau des Mittelwassers mit einem Halbkreise von 38 Fufs Durchmesser endigt. Die über einander liegenden Schichten der Bétonblöcke treten an der Aufsenseite stufenförmig zurück. Die Dossirung, die sie darstellen, ist zunächst derjenigen der Pfahlwände gleich, wird aber immer steiler und in dem Halbkreise, der den Kopf bildet, ist jeder Block nur um den fünf und zwanzigsten Theil seiner Höhe zurückgezogen, woher die Krone mit Einschlufs der Brustmauer sich hier auf 37 Fufs verbreitet und zur Aufstellung einer Baake hinreichenden Raum bietet.

Zunächst kam es darauf an, die Rüstung so anzuordnen, daß nicht nur die Blöcke bequem herabgelassen werden konnten,

sondern es mußte dabei auch für Aufstellung der Baggermaschine, so wie der Rollkrahne gesorgt werden, mittelst deren die Blöcke von den erwähnten Eisenbahnen abgehoben und versetzt werden. Es liefs sich freilich nicht vermeiden, dafs namentlich für den gekrümmten Theil der Umschließungsmauer manche Verbandstücke ausgeschnitten und durch andre ersetzt werden mußten, was jedoch in allen Fällen leicht und ohne Nachtheil sich thun liefs.

Jedenfalls mußte die Rüstung bedeutend breiter, als im vordern Theil des Damms sein. Die Anordnung der Joche war jedoch der früheren gleich, wie auch deren gegenseitiger Abstand von 8 Fufs von Mitte zu Mitte beibehalten wurde, und nur am äußersten Ende etwas vergrößert werden mußte. Im Ganzen wurden hier zwölf Joche erbaut, und unmittelbar an das zehnte lehnte sich in der Mittellinie des Damms der untere Block an.

Die wieder mit der Neigung 1:4 schräg eingerammten Doppelpfähle der Joche, die mit den Holmen verkämmt und verbolzt sind, stehn in der Oberfläche des Mittelwassers anfangs 46 und schliesslich 50 Fufs sich gegenüber. Die 12 Fufs über Mittelwasser liegenden Holme werden außerdem von je vier Zwischenpfählen getragen. Die beiden äußern derselben berühren mit ihren Köpfen nahe die Köpfe der schrägen Doppelpfähle, die beiden innern sind von den äußern 16 Fufs entfernt. Auf die Holme sind genau über den Zwischenpfählen in der Länge der Rüstung vier Balken gestreckt, worauf die Schienen genagelt sind, welche die Bahnen der Rollkrahne von 15 Fufs Spurweite bilden. Diese Krahne, ähnlich den im zweiten Theil des Handbuchs § 4 beschriebenen und Fig. 54 dargestellten, dienen zum Versetzen der Bétonblöcke, welche auf der in zwei Geleise gespaltenen Eisenbahn, von 4 Fufs Weite, auf dem vordern Theil des Hafendamms angefahren werden. Damit die Blöcke aber durch den Rollkrahnen vom Wagen abgehoben werden konnten, mußten beide lothrecht über einander stehn. Zu diesem Zweck sind die beiden betreffenden Bahnen über den Zwischenraum zwischen dem letzten Joch der Pfahlwände und dem ersten des Kopfs oder des mit Mauern umschlossenen Theils des Damms hinübergeführt.

Um die Bahn für die Baggermaschine zu bilden, befestigte man Riegel an die beiden Mittelpfähle jedes Jochs, und eben so

auch an je einen der äufsern und an die Doppelpfähle daneben. Von diesen Riegeln liefs man die Köpfe so weit vortreten, dafs man Balken, welche die Schienen trugen, darauf legen konnte. In dieser Weise befinden sich die Bahnen der Baggermaschine genau unter denen der Rollkrahne, ihre Spurweite misst aber nur 12 Fufs. Diese Bahnen legte man möglichst niedrig, so dafs die Oberkanten der Schienen sich nur 2 Fufs über Mittelwasser erhoben, woher schon bei mäfsig bewegter See die Maschine gesichert werden mufste. Man hatte indessen, um bedeutende Anschaffungen zu vermeiden, die Leiter eines kleinen Dampfbaggers benutzt, deren Länge keine höhere Aufstellung gestattete, auch liefs diese sich nur gebrauchen, wenn sie wieder schräg gerichtet war, während unzweifelhaft eine lothrecht aufsteigende Eimerkette in diesem Fall vorzuziehn gewesen wäre. Die obere Trommel war mit einem conischen Rade verbunden, und in dieses griff ein Getriebe ein, dessen senkrechte Achse durch einen Dielenboden trat, und daselbst als Gangspill von sechs Mann gedreht wurde. Diese Trommel, wie auch jene Achse, ruhte auf einem Wagen, der auf dem erwähnten Geleise stand. Die untere Trommel der Eimerleiter hing aber an einem zweiten Wagen auf demselben Geleise. Man konnte sonach den Bagger beliebig tief eingreifen lassen, auch in seiner Längenrichtung ihn verstellen. Der gehobene Sand fiel auf einen Dielenboden, von dem er abgeschaufelt und meist in Prahmen fortgeschafft wurde.

Die Baggermaschine nebst beiden zugehörigen Wagen mufste beim Fortschreiten des Baues nicht nur von einem Geleise auf das andre versetzt, sondern auf jedem auch in beide Richtungen aufgestellt werden, damit die Bétonblöcke an beiden Enden der untern Schichten in gehörige Tiefe versenkt werden konnten. Um aber am Kopf des Damms, also zwischen den beiden Geleisen, die nöthige Tiefe zu erreichen, mufste auch hier für feste und möglichst passende Aufstellung der Maschine gesorgt werden. Bei stärkerem Wellenschlag wurde die Eimerleiter nicht nur an dem zweiten Wagen aufgewunden, sondern mufste zuweilen auch ausgehoben werden.

Die Wassertiefe mafs hier etwa 16 Fufs und nach den bei Stolpmünde gemachten Erfahrungen durfte vorausgesetzt werden,

dafs grofse Vertiefungen daneben nicht eintreten würden, doch mußten die Blöcke jedenfalls unter die vorhandenen Sandablagerungen mehre Fufs tief herabreichen. Es wurde sonach bestimmt, dafs die Sohle der Mauer 7 Fufs tiefer, also auf 23 Fufs unter Mittelwasser liegen solle. Indem der Bagger bei dieser Aufstellung nur eine Rinne vertiefen konnte und selbst in der Richtung derselben seine Verstellung nicht leicht war, so liefs man ihn, wo ein Block der untern Schicht versenkt werden sollte, nur eine Grube ausheben, bei deren Vertiefung der Sand von allen Seiten zuflofs. Man konnte also, indem die Baggerleiter nach und nach gesenkt wurde, eine beliebige Quantität Sand entfernen, doch mußte man aufmerksam sein, dafs nicht etwa die Grube bis unter die bereits versetzten Bétonblöcke sich ausdehnte, weil diese in solchem Fall theilweise hohl liegen würden. Trat vor dem Versetzen des neuen Blocks starke Wellenbewegung oder heftige Küstenströmung ein, so wurde die Grube in kürzester Zeit wieder verschüttet und die Arbeit mußte später aufs Neue ausgeführt werden. Es kam sonach darauf an, den betreffenden Block möglichst schnell herabzulassen, sobald sein Lager vorbereitet war. Letzteres geschah durch einen Taucher, der den Sand von der Seite, soweit es nöthig war, herabschob und ebnete. Hierauf wurde der bereits am Rollkrahm hängende Block herabgelassen und durch den Taucher gehörig gerichtet. Ob der Block in richtiger Tiefe horizontal und an der passenden Stelle lag, liefs sich zum Theil mit grofser Schärfe von der Rüstung aus beurtheilen, indem die Schienen der Eisenbahn eine horizontale Ebene darstellten. Waren diese Bedingungen nicht erfüllt, so wurde der noch an der Steinklaue befestigte Block aufs Neue gehoben, sein Lager durch den Taucher geregelt und der Block passend gerichtet.

Indem man dieser Mauer eine recht breite Basis von 12 Fufs geben wollte, so liefsen sich dazu nicht Blöcke von einer gleichen Länge verwenden, weil die Ausgleichung der Lager alsdann zu schwierig gewesen wäre. Man legte daher in der untern Schicht zwei Reihen Blöcke hinter einander von $5\frac{1}{2}$ bis $6\frac{1}{2}$ Fufs Länge. Die Breite derselben maß in den geraden Strecken 5 Fufs, in der Krümmung dagegen, wo sie keilförmig waren, in der äußern Reihe durchschnittlich 5 und in der innern 4 Fufs.

Diese Schicht ist $3\frac{1}{2}$ Fufs hoch, und besteht aus acht und fünfzig Blöcken. Dieselben sind so versetzt, dafs in der Mittellinie der Schicht eine Stofsuge sich hindurchzieht und die Quersugen (in der Längenrichtung der Blöcke) durch die ganze Breite der Schicht sich fortsetzen. Der grösste Theil dieser Blöcke wurde 1878 versetzt, diejenigen aber, welche den gekrümmten Theil der Mauer bilden, erst 1879.

Das Aufbringen der zweiten Schicht, die bereits ein festes Lager fand, und wobei nur der aufgetriebene Sand beseitigt werden mußte, war um Vieles leichter. Diese Blöcke, etwas über 10 Fufs lang, griffen sämmtlich als Binder durch die ganze Breite und überdeckten jedesmal die Quersugen der untern Schicht, woher ihre Anzahl halb so gros, als die der darunter liegenden ist. Ihre Höhe beträgt wieder $3\frac{1}{2}$ Fufs. An der äufsern Seite treten sie, wie bereits erwähnt, gegen die untern zurück. Bevor sie versetzt wurden, untersuchte man die Lage der untern Schicht. Fanden sich in deren Oberfläche nur geringe Höhenunterschiede, bis 4 Linien, vor, so blieben dieselben unbeachtet, waren sie aber gröfser, so glich der Taucher sie mit steifem Cementmörtel aus. Der Versuch, hierbei wasserdichte, mit wenig Mörtel gefüllte Säcke zu benutzen, mißglückte, da der Mörtel sich alsdann nicht schnell genug ausbreiten liefs. Sehr weite Stofsugen wurden mit Béton gefüllt.

Noch leichter war das Aufbringen der dritten und der folgenden Schichten. Das Versetzen der Blöcke geschah dabei wieder in der angegebenen Art. Ihre Höhen betragen nunmehr stets 4 Fufs und ihre Längen waren in der dritten Schicht 9,5 Fufs, in der vierten 9,0 Fufs, in der fünften 8,5 Fufs und in der sechsten Schicht 7,6 Fufs. Die sechste Schicht tritt schon über das Niveau des mittlern Wasserstands, man hat dieselbe jedoch im Herbst 1879 noch nicht aufgebracht, weil man besorgte, dafs sie in so grosfer Höhe dem Wellenschlag bei heftigen Stürmen nicht widerstehn möchte, so lange sie nicht übermauert wäre. Zur Sicherung der fünften Schicht waren schon die Blöcke durch eiserne Klammern mit einander verbunden. Die Rinnen, worin diese liegen, so wie auch die Löcher, worin sie eingreifen sollten, waren bereits beim Formen der Blöcke

gebildet, und nachdem letztere versetzt waren, wurden in den frisch aufgebrachtten Mörtel die Klammern eingestossen.

Der innere Raum zwischen den Mauern wird, nachdem der eingetriebene Sand ausgehoben ist, mit größern lagerhaften und gesprengten Graniten durch Taucher sorgfältig ausgepackt, um die Blöcke auf der Binnenseite vollständig zu stützen.

Ueber die noch nicht zur Ausführung gekommene Uebermauerung ist nur zu erwähnen, daß dieselbe mit der des vordern Theils des Damms, wenn von der größern Breite abgesehen wird, übereinstimmen soll.

Fig. 177 auf Taf. XXXV zeigt die Hälfte eines Jochs der Rüstung über dem äußern Theil dieses Hafendamms, und zwar zunächst dem von Pfahlwänden eingeschlossnen Theil. Es ist darin auch die schmalspurige Eisenbahn angegeben, auf der die Bétonblöcke angefahren werden. Wenn diese Bahn aber frei zu schweben scheint, so rührt dieses davon her, daß in dieser Zeichnung vermieden wurde, ein Verbandstück beizufügen, welches nur das erste Joch, aber keins der folgenden enthält. Die erwähnte Bahn ist die Fortsetzung derjenigen, die schon im Querprofil Fig. A. 3 auf Tafel XXXIII. a angedeutet ist.

Die Holme der Rüstung tragen ferner die Bahn für den Rollkahn, den die Zeichnung auch darstellt, während in geringer Höhe über dem Wasser die Bahn für die Baggermaschine sichtbar ist. Endlich ist in punktirtten Linien auch das Querprofil der aus Bétonblöcken gebildeten Mauer angedeutet.

An die Ausführung der Hafendämme aus Bétonblöcken dürfte sich die Beschreibung einer Kaimauer im Hafen Dublin anschließen, die insofern von Wichtigkeit ist, als dabei Blöcke von ungewöhnlicher Größe geformt und versenkt wurden. Zu Bauten am offenen Meer hat man diese Bauart noch nicht gewählt, doch empfiehlt ihr Erfinder Stoney sie auch hierzu. Sie hat den großen Vorzug, daß dabei nicht nur Fangedämme, sondern selbst alle Rüstungen erspart werden, und der einzelne Block sogleich über den Wasserspiegel tritt.

Im Hafen Dublin sollte nämlich die nördliche Kaimauer verlängert werden, woselbst die Wassertiefe über 20 Fufs maß. Neben dem Ufer wurden Bétonblöcke von 27 Fufs Höhe, 21

Fufs und 4 Zoll unterer Breite und 12 Fufs Länge geformt. Die letzte Dimension trifft in die Längenrichtung der Mauer. Ein solcher Block hielt über 40 Schachtruthen und wog 350 Tons. Um denselben sicher zu heben, legte man auf den Boden des Formkastens zwei gusseiserne Platten, in welche Hängeeisen eingriffen, die durch den ganzen Block hindurchreichten. An dieselben schlofs der Béton sich jedoch nicht unmittelbar an, vielmehr waren sie von hölzernen Röhren umgeben, in denen sie nach dem Versetzen des Blocks gedreht und dadurch gelöst werden konnten. Seitwärts an den Blöcken, und zwar, wo sie einander berührten, war jedesmal eine senkrechte Rinne von 3 Fufs Breite und 2 Fufs Tiefe ausgespart, wodurch zwischen je zwei Blöcken 3 und 4 Fufs weite Brunnen sich bildeten, die man zur Darstellung des Verbandes mit Béton füllte.

Die Ausebnung des Grundes geschah in einer ungewöhnlich grossen Taucherglocke, deren Grundfläche ein Quadrat von 20 Fufs Seite bildete. Durch eine hohe, 3 Fufs weite und mit einer Luftschleuse versehene eiserne Röhre wurde sie mit sechs Mann besetzt. Diese gruben den Boden ab, wo er zu hoch war und warfen die ausgehobene Erde in zwei eiserne Kasten, die an die Decke in der Art aufgehängt waren, dafs sie sich leicht umkippen liefsen. Waren sie gefüllt, so hob man die Glocke einige Fufs hoch, und brachte sie etwas seitwärts, worauf man die Kasten entleerte und die Arbeit weiter fortsetzte.

Nachdem der Block während 2 bis 3 Monaten gehörig erhärtet war, wurde er an die passende Stelle gebracht und versenkt. Hierzu diente ein Bock auf einem eisernen Prahm von 130 Fufs Länge und 48 Fufs Breite. Damit dieser keine schräge Stellung annahm, wenn an seiner schmalen Seite der Block hing, so war am entgegengesetzten Ende ein Theil des Prahms wasserdicht abgeschlossen, und indem man diesen, so weit es nöthig war, mit Wasser füllte, so bildete dieses das Gegengewicht. Eine Dampfmaschine von 14 Pferdekräften auf dem Prahm setzte sowohl die Winde zum Heben des Blocks in Bewegung, wie auch die Pumpen, durch welche das erwähnte Bassin nach jedesmaligem Bedürfnifs gefüllt oder entleert wurde.

Indem die sämtlichen Blöcke über das Niedrigwasser traten,

so konnte die spätere Uebermauerung derselben in üblicher Weise erfolgen *).

Mit dieser Mittheilung verbindet Stoney noch die Andeutung einer andern eigenthümlichen Fundirung in Béton, die er ohnfern Dublin im offnen Meer ausgeführt hatte. Es sollte auf der Bank, die etwa eine halbe Meile vor der Mündung des Liffey liegt und die aus dem feinen Material besteht, welches dieser Fluß herabführt, ein massives hohes Seezeichen errichtet werden. Die Bank lag $5\frac{1}{2}$ Fufs unter Niedrigwasser und war zu lose, als dafs man einen schweren Bau unmittelbar darauf stellen konnte. Es wurde sonach ein Ring aus Béton geformt, der 19 Fufs lichte Weite hatte. Seine Höhe und Stärke ist nicht angegeben. Nachdem derselbe erhärtet war, führte man ihn herab und stellte ihn auf die Bank. Er schlofs sich so gut an dieselbe an, dafs er ausgepumpt werden konnte. Alsdann grub man im Innern den Boden aus, worauf er, wie ein Senkbrunnen bis zu einer festen Ablagerung herabsank. Hierauf wurde er mit Béton gefüllt, und das Seezeichen darüber aufgemauert.

Endlich mögen noch einige Hafendämme erwähnt werden, die nicht in ihrer ganzen Breite aus Mauerwerk bestehn, sondern von solchem nur umschlossen und im Innern mit Bruchsteinen verschüttet und ausgepackt sind.

In dem Bericht der Commission für Sicherheits-Häfen vom 17. Juni 1858 befindet sich eine Situations-Zeichnung der Umgebungen von St. Ives, worauf Projecte zur Umschließung eines geräumigen Ankerplatzes, zugleich aber auch das Profil eines Hafendamms angegeben wird. In den Verhandlungen, wie auch in den zugehörigen Anlagen und im Bericht der Commission wird dieses Project nicht näher beschrieben, es läfst sich daher nur nach der Zeichnung und nach einigen derselben beigefügten Bemerkungen beurtheilen.

Der Fluthwechsel bei gewöhnlichen Springfluthen soll 20 Fufs messen, und nach dem Profil liegt der Meeresgrund einige 40 Fufs unter Niedrigwasser. Der Hafendamm, der sich 5 Fufs über die Springfluthen erhebt, ist in der Basis 55 Fufs, und in der Krone, die noch eine Brustmauer trägt, 40 Fufs breit. Die

*) Engineering, 1874. I. pag. 130.

eigenthümliche Construction beruht darin, daß der Damm vom Grunde des Meers ab bis nahe unter Niedrigwasser von großen prismatischen Blöcken eingeschlossen wird. Diese Blöcke sind nach der Zeichnung 12 Fufs breit und 12 Fufs hoch. Ihre Länge ist nicht angegeben, sie sollen aber, wie die beigegefügte Bemerkung sagt, einzeln auf dem Lande aus Granitstücken aufgemauert, und, nachdem sie erhärtet sind, versenkt werden. Die Blöcke liegen nicht lothrecht über einander, sondern jeder tritt etwa 1 Fufs gegen den darunter befindlichen zurück. Der Zwischenraum zwischen den Seitenmauern ist mit Bruchsteinen gefüllt.

Bei der vor etwa dreißig Jahren ausgeführten Verlängerung des Hafendamms in Ardrossan in Schottland wurde gleichfalls der Raum zwischen den Seitenmauern durch eine Stein-schüttung gefüllt. Dieser Bau ist aber noch insofern wichtig, als die Mauern in Senkkasten erbaut wurden. Dem Ingenieur Moffat war die Bedingung gestellt, die gegen 300 Fufs lange und 70 Fufs breite Dammstrecke in einem Sommer, und zwar für mäßige Kosten, auszuführen. Die mittlere Tiefe unter Niedrigwasser maß 20 Fufs.

Da wegen des Bohrwurms, der besonders hier sehr stark auftrat, von allen Holz-Constructions abgesehn werden mußte, und die Ausführungen in Quadern zu zeitraubend und zu theuer waren, so entschloß sich Moffat zum Bau von eigenthümlichen Senkkasten, die selbst einen Theil der Mauern bildeten. Der Boden derselben bestand aus Platten von Gußeisen, $\frac{3}{4}$ Zoll stark, mit Verstärkungsrippen versehen, 15 Fufs lang und 11 Fufs breit. Auf jede derselben wurden in einem Trockendock die 9 Zoll starken Mauern, welche die Wände des Kastens bildeten, ausgeführt. Man benutzte dazu Ziegel von 9 Zoll Länge, die also durch die ganze Stärke der Mauern hindurchreichten, auch legte man reichlich Flachschieben in die Lagerfugen, während Roman-Cement ohne Zusatz von Sand als Mörtel benutzt wurde. Hierdurch gelang es, ziemlich wasserdichte Kasten darzustellen, die man schwimmend an den Ort ihrer Bestimmung bringen konnte.

Vor dem Versenken derselben mußte der felsige Grund durch Taucher geebnet und darauf drei Schichten Werkstücke versetzt werden, wodurch die Tiefe sich auf 15 Fufs verminderte. Um

aber die Kasten ohne freie Zwischenräume zu versetzen, waren sie wie Spundpfähle an einer Seite mit breiten Nuthen und an der andern mit entsprechenden Federn versehen.

Beim Beginn der Ebbe wurde das Wasser in das Dock gelassen und die Kasten, die 15 Fufs hoch waren, schwammen auf, indem die obern Ränder genügend vorragten. Man bugsirte sie alsdann an die Stelle, wo sie versenkt werden sollten, richtete sie, während sie noch schwammen, scharf ein, worauf sie bei der Ebbe sich auf den Boden stellten. Nunmehr wurden sie beschwert und bei der Fluth flofs das Wasser hinein. Alsdann füllte man sie mit Béton aus. Den Zwischenraum zwischen den gegenüberstehenden Kasten schüttete man später mit Bruchsteinen aus und das Ganze wurde über Wasser regelmäfsig ausgeglichen und übermauert.

Einige Jahre später wurde ein andrer Hafendamm in Ardrossan verlängert, und dieses geschah in gleicher Weise, jedoch mit dem Unterschiede, dafs Moffat die gusseisernen Böden durch hölzerne ersetzte, da die Wassertiefe hier nur 10 Fufs mafs, also die Kasten niedriger sein durften. Die Länge der letztern wurde dagegen auf 30 Fufs ausgedehnt, und um die Wände gegenseitig abzusteifen, wurden diese durch Zwischenmauern verbunden. Die Umfassungsmauern waren 20 Zoll und die Zwischenmauern 8 Zoll stark. Fig O auf Taf. XXXIII. b zeigt im Grundrifs mehrere dieser Kasten in ihrer Zusammenstellung am Kopf des Damms, sowie auch den Querschnitt derselben. Die ganze Art der Ausführung stimmte übrigens mit der beschriebenen überein, nur ist zu bemerken, dafs der 10 Fufs breite Boden aus 3zölligen Bohlen bestand, die nach der Quere verlegt waren, und worüber an beiden Seiten, also unter den Mauern, Balken gestreckt wurden. Vor Ausführung der Mauern mufste der Boden gedichtet und kalfatert werden.*)

*) The Civil Engineer and Architects Journal 1865. pag. 75.

§ 61.

Mauern auf Steinschüttungen.

Steinschüttungen sind ohne Anwendung von Taucherglocken und gewöhnlich auch unabhängig von dem Wasserstande und der Witterung von Schiffen oder von Rüstungen aus leicht auszuführen. Ihre Darstellung bietet daher vergleichungsweise mit Mauern, die auf dem natürlichen Grunde stehn, eine große Erleichterung, doch ist die Masse des verwendeten Materials in ihnen viel bedeutender. In derjenigen Tiefe, wo die Wirkung des Wellenschlags ganz oder doch beinahe aufhört, sind selbst bei kleinen Steinen Böschungen von ein und einviertelfacher Anlage genügend. Viel flacher müssen sie aber in größerer Höhe gehalten werden, es ist daher wichtig, zu wissen, in welcher Tiefe die Steine noch sicher liegen. Nach den in England, und zwar am Canal, gesammelten Erfahrungen ist diese Tiefe bei Alderney 18, bei Portland 12 und bei Plymouth 8 bis 10 Fufs unter dem Niedrigwasser der Springfluthen. Hiernach tritt eine wesentliche Verminderung des Steinquantums der Schüttung ein, wenn man sie nur bis zu dieser Höhe hinaufreichen läßt. Die Ausführung der Mauer ist alsdann aber noch schwierig und theuer. Will man den Bau der letztern erleichtern, und die Schüttung über jenes Maafs erhöhen, so pflegt man dem obern Theil eine so flache Böschung zu geben, daß die hier liegenden Steine nicht herabrollen, sobald sie von den Wellen in Bewegung gesetzt werden. Wenn sonach das Material der Schüttung leicht zu beschaffen, auch der Fluthwechsel so gross ist, daß die Schifffahrt durch die Steine nicht behindert wird, die im Niveau des niedrigsten Wassers liegen, so empfiehlt es sich, die Schüttung bis zu dieser Höhe ansteigen zu lassen. Wenn dagegen brauchbare Bruchsteine in der Nähe nicht vorkommen, wie dieses bei Dover der Fall ist, so wird der Bau am wohlfeilsten, wenn man die Mauer bis zum Meeresboden hinabführt, und die Schüttung ganz fortläßt. Es darf indessen nicht unerwähnt bleiben, daß auch in größerer Höhe und zwar bis zum Wasserspiegel die flache Böschung sich vermeiden läßt, wenn man die Steine mit massenhaften Blöcken überdeckt, welche vom Stoss der Wellen nicht in Bewegung gesetzt werden.

Bei Beantwortung der Frage, ob und in welchem Maafse die Steinschüttung anzuwenden sei, kommen noch zwei andre Rücksichten in Betracht. Wenn nämlich der Grund, auf dem der Hafendamm steht, Sand oder feiner Kies ist, und dieser sich bis gegen das niedrigste Wasser oder wenig darunter erhebt, so treten in Folge der Strömungen, die sich daselbst wenn auch nur vorübergehend bilden, oft Vertiefungen ein, die eine Senkung des Damms veranlassen. Solche Bewegungen müssen bei Mauern möglichst vermieden werden, während sie bei Schüttungen von wenig Bedeutung sind. Will man daher auf letztere eine Mauer stellen, so darf dieses nicht früher geschehn, als bis keine weiteren Vertiefungen zu erwarten sind.

Zuweilen versinken die Steinschüttungen aber auch ohne dafs Vertiefungen hierzu Veranlassungen geben, indem der Untergrund comprimirt wird, oder vielmehr unter der starken Belastung seitwärts ausweicht. Bei einer hinreichend mächtigen und fest abgelagerten Sandschicht ist dieses nicht zu besorgen, wohl aber bei einer mehr oder weniger flüssigen Thonlage. In überraschender Art zeigte sich dieses beim Hafen Samarang auf der Nordküste von Java. Die vielfachen Klagen über Verflachung der Einfahrt in demselben gab Veranlassung, dafs die Verlängerung des westlichen Hafendamms um 86 Ruthen im Anfange des Jahrs 1876 beschlossen wurde. Da indessen die Bohrungen bis zur Tiefe von 10 Fufs überall ein Gemenge von Klei und Sand zeigten, auch die älteren Dämme stark versanken, so wollte man sich überzeugen, wie tief die neue Schüttung, die immer auf 2 bis 3 Fufs über Wasser gehoben wurde, herabsinken würde. Zu diesem Zweck wurden gulseiserne Platten, woran lange aufrechtstehende Eisenstangen befestigt waren, in Abständen $6\frac{1}{3}$ Ruthen vor dem Beginn der Schüttung auf den Grund gestellt. Die Wassertiefe mafs durchschnittlich 5, und am Ende 8 Fufs. Anfangs 1877 war die Schüttung 64 Ruthen weit fortgesetzt, und es ergab sich, dafs sie im Minimum etwa 20, meist aber gegen und bis über 30 Fufs in den Grund eingesunken war.*) Sie bestand vorzugsweise aus Steinbrocken, die nicht näher bezeichnet

*) Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1878--1879. Verhandelingen. Pag. 75.

sind, zum dritten Theil aus Basalten und in einer sehr geringen Menge aus Corallenstücken. Man bemerkte aber, daß die Senkung jedesmal auffallend geringer war, wenn die Corallen die untere Schicht bildeten.

Die Steinschüttungen dürfen selbstverständlich nicht in der Art ausgeführt werden, daß sie die Schiffahrt behindern oder gefährden. Es kommt aber nicht leicht vor, daß Schiffe an die äußere Seite eines Hafendamms oder Wellenbrechers anlegen. Dieses geschieht nur bei den Landungsdämmen, die entweder in den Hafen oder frei in das Meer vortreten. In sonstigen Fällen legen die Schiffe nur an die innere Seite des Hafendamms an. Hierzu muß auch bei allen Wasserständen, bei denen der Hafen zugänglich ist, die Gelegenheit geboten werden. Die Steinschüttung darf sich daher an der innern Seite nicht so hoch erheben, daß sie das unmittelbare Anlegen der Schiffe verhindert. Eine Ausnahme davon machen die sogenannten Sicherheitshäfen (harbours of refuge), die aber nichts weiter, als geräumige und gesicherte Ankerplätze sind. An die Wellenbrecher von Cherbourg, Cette, Plymouth legt niemals ein Schiff an, und an die Hafendämme Holyhead, Alderney und Portland geschieht dieses auch nur in sehr seltenen Fällen, es genügt also, wenn die Gelegenheit dazu zur Zeit des Hochwassers geboten ist. In dem neuen Hafen von Marseille, wo Fluth und Ebbe nicht stattfinden, hat man dagegen nicht nur an der Landseite für bequeme Anlegeplätze reichlich gesorgt, sondern auch den Damm, der den Hafen von der See trennt, auf der innern Seite mit einer tief herabgeführten Einfassungsmauer versehen, an die gleichfalls Schiffe gelegt werden können.

Als Beispiel einer Mauer, die auf eine Steinschüttung gestellt ist, erwähne ich zunächst den nördlichen Hafendamm von Aberdeen, den Telford erbaute. Derselbe ist freilich keineswegs als Muster anzusehn, vielmehr war er zu leicht construiert und stürzte nach kurzer Zeit ein, nichts desto weniger kamen dabei doch manche eigenthümliche Anordnungen vor, die nicht mit Still-schweigen übergangen werden dürfen. Sein Profil schließt sich sehr nahe an dasjenige an, welches mehrfach für Hafendämme gewählt ist, die vom natürlichen Grunde aus aufgemauert sind.

Aberdeen, auf der Ost-Küste von Schottland an der Mün-

dung des Dee gelegen, war schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts ein wichtiger Handelsplatz, und die Schiffe lagen in der Nähe der Stadt ziemlich sicher, doch war der Zugang durch eine Sandbank erschwert. Smeaton empfahl, auf der Nordseite einen Hafendamm zu erbauen, der die Ablenkung des Ebbestroms verhindern und letztern gegen jene Sandbank richten sollte. Ums Jahr 1773 wurde dieser Bau ausgeführt. Derselbe erfüllte auch in gewissem Grade seinen Zweck, aber nunmehr liefen die Wellen mit grösserer Heftigkeit in die Bucht ein, und die Sicherheit der daselbst liegenden Schiffe wurde gefährdet. Man entschloß sich daher, den Damm noch weiter zu verlängern, und dieses geschah 1810. Das Project dazu war von Telford aufgestellt, und zwar erhielt diese Verlängerung das Fig. 161 dargestellte Profil. Dieses erwies sich indessen nicht als passend. Der Damm wurde bald darauf von den Wellen angegriffen und zerstört, und als nunmehr Rennie befragt wurde, so empfahl derselbe eine flache Steinschüttung, die auch zur Ausführung gekommen ist. Telford hatte unzweifelhaft bei der Anordnung dieses Baues insofern geirrt, als er die steile Steinschüttung, ohne dieselbe durch ein vortretendes Banket oder durch Ueberdeckung mit schweren Blöcken zu sichern, bis zum Niveau des niedrigen Wassers hinaufreichen liefs. Die äufsern Steine hatten nämlich keine gesicherte Lage, und sobald sie in Bewegung kamen, mußten auch die Quadern, welche die Umschließung der innern Schüttung bildeten, herabfallen. Der Damm würde sich gehalten haben, wenn die Mauer etwa 10 Fufs tiefer herabgeführt worden wäre, aber freilich würde hierdurch der Bau auch wesentlich erschwert worden sein. Die Construction und die Art der Ausführung waren so gewählt, dafs weder Rüstungen noch Taucherglocke dabei nöthig waren, und der Bau nach Zurichtung der Quadern sehr schnell fortschritt. Auf der Krone des Damms, so weit diese fertig war, lagen zwei Eisenbahn-Stränge, und auf diesen stand am äufsern Ende der Doppelkrah, der im II. Theil § 4 beschrieben und Fig. 26 dargestellt ist. Er fafste und versetzte die auf Eisenbahnwagen herbeigeführten Quadern. Aus diesen wurden aber nicht horizontale Schichten, vielmehr solche gebildet, die in der Längenrichtung des Damms 45 Grade gegen den Horizont geneigt waren. Diese Anordnung ist auch in andern Fällen gewählt

worden, um nicht den stärksten Angriff, der vorzugsweise in einer gewissen Höhe stattfindet, eine einzelne Schicht treffen zu lassen, die dadurch auf grössere Länge beschädigt, leicht den Einsturz der Mauer veranlassen könnte. Die starke Neigung gewährte außerdem bei der Ausführung den Vortheil, daß jeder Quader durch den folgenden schon beschwert wurde, und die Packung der Bruchsteine im Innern dem Fortschreiten der Wände stets folgen und denselben die nöthige Unterstützung bieten konnte.

Der Wellenbrecher bei *Cherbourg* ist schon oben (§§ 35 und 36) ausführlich beschrieben. Das Profil, welches derselbe schliesslich erhalten hat, ist in *Fig. 162* in demselben Maassstabe gezeichnet, in dem die sämmtlichen Profile auf diesem Blatt dargestellt sind, woher sich die Dimensionen leicht mit denen der andern Hafendämme vergleichen lassen.

Die hier gemachten Erfahrungen wurden von den Englischen Ingenieuren bei den Entwürfen zu Sicherheitshäfen mehrfach benutzt. Zunächst geschah dieses bei dem Hafen *Holyhead* am Irischen Canal, der gleichfalls einem sehr heftigen Wellenschlag ausgesetzt ist. *Fig. 163* zeigt das Profil des von *Rendel* erbauten Damms. Wenn die Steinschüttung auch hier schon eine große Ausdehnung hatte, so ist sie dennoch viel geringer, als an dem später daran angebauten Flügel, wie das in gleichem Maassstabe gezeichnete Profil desselben in *Fig. 146 C* auf *Taf. XXXI* zeigt. Aus welchem Grunde diese sehr bedeutende Verstärkung für nöthig erachtet wurde, ist nicht bekannt. Im Folgenden werden die Bauten bei *Holyhead* näher beschrieben werden.

Der Sicherheitshafen bei *Portland* ist gleichfalls von *Rendel* projectirt. Die Felsen-Insel *Portland* an der Südküste von England, zur Grafschaft *Dorsetshire* gehörig, tritt weit in den Canal vor. Eine niedrige Kiesbank, die sich von derselben in nordwestlicher Richtung etwa zwei Deutsche Meilen weit, bis *Dorchester* gegenüber, hinzieht, verbindet sie mit dem festen Lande. Diese Halbinsel bietet den auf der Ostseite liegenden Schiffen gegen westliche Winde Schutz, sobald jedoch der Wind sich südlich wendet, so sind dieselben einem heftigen Wellenschlag ausgesetzt, und werden um so mehr bedroht, als in solchem

Fall die Wiedergewinnung des offenen Meers für sie unmöglich wird. Die Hafen-Anlagen bestehn aus zwei Dämmen. Der erste erstreckt sich von der nordöstlichen Ecke von Portland in nordöstlicher Richtung 1800 Fufs weit in das Meer. Vor seinem Kopf befindet sich eine Oeffnung, die zum Ausgange der Schiffe bestimmt und 400 Fufs weit ist, in der also zwei Linienschiffe neben einander bequem vorbeifahren können. Auf ihrer nördlichen Seite schließt sich an sie ein zweiter Damm an, der sich auf 6000 Fufs Länge nordwärts hinzieht. Der nördliche Kopf desselben ist noch drei Viertel einer Deutschen Meile von dem gegenüber liegenden Ufer, dem Vorgebirge Radcliff, entfernt. Dieser Kopf liegt genau westlich vom Vorgebirge St. Albans-Head, das $4\frac{1}{2}$ Deutsche Meilen davon entfernt ist. In die Bucht, welche durch die beiden Dämme geschützt ist, können daher starke Wellen von Norden her nicht eindringen, und sie bildet einen vollständig geschützten Busen von nahe einer halben Deutschen Meile Länge und einem Viertel Deutscher Meile Weite. Die Ausdehnung dieser Bucht, soweit das Wasser die für grössere Schiffe nöthige Tiefe hat, wird auf 2500 Morgen angegeben. Die Tiefe misst aber in dem überwiegend grösseren Theil 30 Fufs und mehr, ohnfern jenes Kopfes sogar 50 Fufs. Das Einsegeln der Schiffe bietet bei allen Winden keine Schwierigkeit, und der Hafen wird allgemein als eine sehr nützliche und gelungene Anlage angesehen. *)

Wiewohl specielle Beschreibungen dieses Hafens nicht bekannt geworden sind, auch die obigen Angaben der Länge der Dämme nur als annähernd richtig angesehen werden dürfen, so ergeben sich doch aus den verschiedenen, auf Veranlassung des Parlaments angestellten Vernehmungen, so wie auch aus einzelnen Mittheilungen in Englischen Zeitschriften manche wichtige Thatsachen. Vorzugsweise beziehn sich diese auf die Ausführung der Steinschüttungen. Es wurden dazu aus den in der Nähe befindlichen

*) Selbst die Times (vom 13. December 1862) erkennt dieses an, wiewohl sie meint, dafs unter sechs Englischen Häfen immer fünf unbrauchbar wären, und es sogar vorkäme, dafs man, wie bei St. Catharine's geschehn, die zweite Hälfte der bewilligten Summe dazu verwenden müsse, um dasjenige wieder zu beseitigen, was mit der ersten gebaut sei.

Brüchen Steine in allen Dimensionen verwendet, von 6 und 8 Tons Gewicht bis zu kleinen Splittern. Auf Eisenbahnen, die auf hohen Rüstungen lagen, und über die Durchfahrt hinweg nach dem zweiten oder nördlichen Damm führten, wurden diese Massen beigebracht und verstürzt, bis sie einige Fufs über das höchste Wasser hinausragten. Nunmehr überliefs man die Schüttung längere Zeit hindurch der Einwirkung der Wellen. Nachdem diese die Steine in Bewegung gesetzt und die Oberfläche ausgeglichen hatten, wurde die Ausführung der Mauer begonnen. Letzteres war jedoch Anfangs nur auf dem ersten oder südlichen Damm geschahn, der sich unmittelbar an Portland anschliesft. Der zweite Damm bestand längere Zeit nur aus der Steinschüttung, und es war Absicht, auf dieser den Ueberbau nicht früher auszuführen, als bis das Bedürfnis dazu sich herausstellen würde.

Fig. 164 zeigt den Durchschnitt durch den südlichen Damm. Von der Schüttung soll später die Rede sein, dagegen wäre über die Mauer hier zu erwähnen, dafs dieselbe bis zum niedrigsten Wasser herabreicht. Nachdem nämlich die Steine eine geschlossene Lage angenommen hatten, hob man sie in der Krone wieder aus, so dafs sich daselbst eine hinreichend tiefe und breite Rinne bildete, in welche die seeseitige Mauer gestellt werden konnte. Dieselbe besteht in der Aufsensfläche aus Granit-Quadern, an welche auf der Hafenseite ein Mauerwerk aus rohen Bruchsteinen von Portland sich anschliesft, die in Puzzolan-Mörtel versetzt sind. Die Mauer ist rückwärts durch Pfeiler verstärkt, die 20 Fufs von einander entfernt und durch gewölbte Kappen verbunden sind. Ueber den letztern, so wie auch über der Mauer befindet sich ein 15 Fufs breiter Weg nebst besonderm Fufspfad und Brustmauer auf der Seeseite. Ein zweiter, nahe 40 Fufs breiter Weg liegt auf der Hafenseite 15 Fufs tiefer. Bis zum Niveau desselben sind die Nischen zwischen den Strebepfeilern verfüllt und überpflastert. Auf jedem der beiden Wege befindet sich eine Eisenbahn, die Nischen werden aber als Kohlen-Magazine für die Kriegs-Marine benutzt. Zur Zeit des Hochwassers können selbst gröfsere Schiff sich dem Kai so nähern, dafs mit beweglichen Krahn die Ueberladung von Kohlen, so wie auch von andren Ausrüstungs-Gegenständen mit Leichtigkeit erfolgt. Es wird gesagt, dafs in jeder Minute 1 Ton Kohlen an Bord ge-

schaft wird. Kleinere Forts sind an beiden Seiten der Durchfahrt und ein größeres auf dem nördlichen Ende des zweiten Damms erbaut.

Die Ausführung leitete Rendel und nach dessen Tode Coode, der bereits früher die specielle Aufsicht über den Bau geführt hatte. Zum Betrieb der Steinbrüche und bei andren Arbeiten, die keine besondere Uebung erforderten, wurden Strafgefangene benutzt, die zwar viel geringeren Taglohn, als freie Arbeiter erhielten, jedoch nach Coode's Aeußerung auch viel weniger leisteten, so daß kein Vortheil hieraus sich ergab. Der Bau wurde 1849 begonnen und 1862 in den Steinschüttungen und in der Mauer auf dem ersten oder südlichen Damm beendigt. Bei dem ungewöhnlich heftigen Sturm am 25. October 1859 trat keine Beschädigung ein, wie solche hier überhaupt nie vorgekommen sein sollen.

In den erwähnten Vernehmungen wurde vielfach die Frage gestellt, ob seit Erbauung der Dämme eine Verminderung der Tiefe bemerkt worden sei. Die sämmtlichen vernommenen Sachverständigen sagten aus, daß dieses nicht der Fall gewesen, und wiederholentlich wurde dabei die Erklärung abgegeben, dieses günstige Resultat rühre davon her, daß dieser Sicherheitshafen zwei Oeffnungen habe, also eine gewisse Durchströmung desselben stattfinde. Coode stellte dieses aber, gewiß mit vollem Recht, in Abrede, und meinte, die Durchströmung sei so schwach, daß sie die Niederschläge, wenn solche hier stattfänden, weder verhindern noch beseitigen könne. Das eintretende Wasser sei aber rein, und deshalb bildeten sich keine Verflachungen, oder dieses geschehe wenigstens in so geringem Maasse, daß sie in der kurzen Zwischenzeit noch nicht bemerkbar werden konnten.

Fig. 165 zeigt das Profil des Hafendamms von Alderney, der in sehr bedeutender Tiefe erbaut ist. Die Insel Alderney, früher Aurigny genannt, liegt etwa 3 Deutsche Meilen westlich vom Cap la Hogue neben Cherbourg. Sie gehört zu England, und gewiß war es in militärischer Beziehung sehr wichtig, hier einen Hafen anzulegen. Derselbe ist auf der westlichen Seite der Insel durch einen in die See hinausgeführten Damm gebildet. Das Material zur Schüttung scheint hier minder fest, als bei Portland und Holyhead zu sein, jedenfalls war der Transport

auch theurer, woher man die Masse desselben durch eine steilere Böschung zu vermindern sich bemühte. Die Brüche befinden sich auf der Insel und sind etwa drei Viertel Deutsche Meilen von der Küste entfernt. Die Steine wurden auf Eisenbahnen an das Ufer angefahren, hier in Schiffe verladen und aus diesen verstürzt, bis sie 12 Fufs über Niedrigwasser der Springfluthen sich erhoben. Alsdann wurden darauf Rüstungen erbaut, und zwei stark geböschte Mauern aus Béton-Blöcken, seeseitig mit Granit-Quadern verblendet, ausgeführt. 6 Fufs über Hochwasser befindet sich auf der Hafenseite ein Weg von 25 Fufs Breite. Die Mauer erhebt sich auf der Seeseite bis 14 Fufs über Hochwasser, und darauf ist ein Fufspfad nebst Brustmauer angebracht.

Ueber diesen Bau wurden verschiedene ungünstige Nachrichten verbreitet. Die Times sagt, die Million Pfund Sterling, die er gekostet, sei ohne Nutzen ausgegeben. Der Capitän Belcher, Hydrograph der Admiralität, sprach in der Vernehmung von vielfachen Zerstörungen, die hier vorgekommen sein sollten. Der Hafendamm sei theilweise von den Wellen in den Hafen geworfen. Diese Aeußerung ist wohl in sofern mit Vorsicht aufzunehmen, als Belcher einen schwimmenden Wellenbrecher erfunden hatte, dessen Vorzüge vor den bisherigen Constructionsarten er nachzuweisen sich bemühte. James Walker, der den Bau leitete, widersprach dieser Behauptung auf das Bestimmteste, und erklärte dieselbe für ganz unbegründet, was auch Capitän Washington bestätigte.

In den vorstehend beschriebenen Englischen Hafendämmen, wo senkrechte oder doch beinahe senkrechte Ueberbaue auf Steinschüttungen gestellt sind, hat man meist für die letztern dasjenige Profil gewählt, welches die Schüttung bei Cherbourg angenommen hatte, bevor die steile Mauer darauf gestellt wurde. Namentlich hat man jedesmal sehr flache Dossirungen auf der Seeseite bis zu derjenigen Tiefe angenommen, wo die starke Bewegung des Wassers aufhört. Thomas Stevenson empfiehlt dieses gleichfalls, und zwar aus dem Grunde, weil die einzelnen Wellen mit starker fortschreitender Bewegung, die er Roller nennt, jeden steil ansteigenden Bau zerstören würden, wenn sie nicht beim Uebergang über die flache Dossirung vorher geschwächt

wären. In § 54 war von solchen Wellen schon die Rede, auch wurde daselbst in Frage gestellt, ob sie überhaupt existiren.

Jedenfalls ermäßigt sich wesentlich die Masse der Steinschüttung, wenn man auch auf der Seeseite eine steilere Böschung einführt. In Frankreich hat man bei neuen Hafen-Anlagen dieses berücksichtigt, und dabei nur die Vorsicht beobachtet, daß man die steile Böschung mit sehr großen Blöcken belastete, damit bei schräge anlaufenden Wellen die kleineren Steine nicht etwa der Richtung derselben folgen, und dadurch vielleicht die Mauer schliesslich ihre sichere Unterstützung verliert. Bei dem Wellenbrecher vor Cette ist dieses freilich nicht geschehn, aber derselbe sollte ursprünglich eben so wie der Cherbourger Damm, nur aus der Steinschüttung bestehn, und man entschloß sich erst später dazu, einen steilen Ueberbau darauf zu stellen. Wenn die daselbst gemachten Erfahrungen auch denen von Cherbourg ähnlich waren, so zeigten sich doch manche Erscheinungen hier noch auffälliger, als dort, auch sind einige eigenthümliche Anordnungen dabei zur Ausführung gekommen, woher eine kurze Beschreibung derselben sich rechtfertigen wird.

Der Hafen von Cette ist einer der bedeutendsten an der Französischen Küste des Mittelländischen Meers, obwohl die nächsten Umgebungen überaus öde und unfruchtbar sind. An den isolirten vor das Ufer tretenden hohen Berg schließt sich auf beiden Seiten ein flacher Strand an, der wie die Nehrungen der Ostsee die dahinter liegenden Binnenseen vom Meer trennt. Die vorspringende Kuppe, der Berg von Cette genannt, bot schon in frühern Jahrhunderten bei westlichen Stürmen den auf der Ostseite liegenden Schiffen einigen Schutz, woher sich hier häufig eine große Anzahl derselben ansammelte. Bei Ausführung des Canals du Midi wurde Cette zum Haupt-Ausgange für denselben am Mittelländischen Meer bestimmt, und man baute 1666 den westlichen Hafendamm oder die Mole St. Louis. Dieselbe trat von dem erwähnten Berge aus in der Richtung von Westen nach Osten etwa 170 Ruthen weit vor, so daß sie nicht nur die Mündung des Canals gegen südliche Winde schützte, sondern auch einen beschränkten Liegeplatz für Seeschiffe bildete, auf welchem dieselben gegen westliche und südliche Winde gesichert waren.

Bei östlichen Winden traten jedoch die Wellen mit großer Heftigkeit hinein, und setzten die Schiffe in augenscheinliche Gefahr. Aus diesem Grunde wurde im Jahr 1700 auf der östlichen Seite des Canals ein zweiter Hafendamm, der Damm von Frontignan, begonnen, der sich von Norden nach Süden erstrecken und in Verbindung mit dem ersten ein geschütztes Hafen-Bassin bilden sollte. Der Bau verzögerte sich indessen über ein Jahrhundert, und erst 1819 war dieser etwa 240 Ruthen lange Damm bis in die Richtung der Mole St. Louis hinausgeführt. Die Entfernung der beiden Molenköpfe von einander oder die Weite der Hafenmündung betrug 950 Fufs.

So hatte man einen Hafen gebildet, der zwar hinreichende Räumlichkeit bot, indem er eine Ausdehnung von 44 Morgen hatte, aber bei südlichen Winden waren darin nur diejenigen Schiffe geschützt, welche auf der westlichen Seite lagen, während der größte Theil des Bassins einem heftigen Wellenschlag ausgesetzt blieb. Dieser Umstand war Veranlassung, dafs man in den Jahren 1820 bis 1830 noch einen isolirten Damm oder einen Wellenbrecher vor der Mündung des Hafens erbaute. Es war ursprünglich Absicht gewesen, statt seiner an den Damm von Frontignan einen Flügel anzuschliessen, der sich vor der Mündung bis über die Mole St. Louis hinaus fortsetzen sollte. In diesem Fall wäre nur eine, und zwar eine nach Westen gerichtete Mündung dargestellt worden. Man ging indessen hiervon ab und entschlofs sich zu dem isolirten Damm, weil es für wichtig angesehen wurde, dem Hafen zwei entgegengesetzte Mündungen zu geben. Es hat sich jedoch später gezeigt, dafs die östliche Mündung stark verlandet, und es scheint, dafs man sie ganz wird schliessen müssen, um dem Hafen seine Tiefe zu sichern.

Dieser Wellenbrecher, durchschnittlich auf 24 Fufs Wassertiefe erbaut, ist etwa 150 Ruthen lang. Indem er an beiden Seiten sich etwas nordwärts wendet, so bildet er in Verbindung mit dem frühern Hafen einen Ankerplatz von 50 Morgen Flächeninhalt. Die westliche Einfahrt ist 900 Fufs und die östliche 600 Fufs weit. Ohnfern des östlichen Kopfs des Wellenbrechers befindet sich ein Leuchthurm, und zwei andre stehn auf den Köpfen der ältern Dämme.

Später sind noch andre wichtige Anlagen zur Sicherung und Erleichterung des Schiffsverkehrs bei Cette zur Ausführung gekommen. Namentlich fehlte es an hinreichend gesicherten Liegeplätzen, wo ein Ueberladen aus den See- in die Canalschiffe und umgekehrt erfolgen konnte. Zu diesem Zweck wurde zunächst der äußere Theil des Canals von Cette vertieft und verbreitet, darauf aber auf der Ostseite desselben noch ein geräumiges Bassin, Canal maritime genannt, eingerichtet, das 240 Fufs breit ist und mit dem Vorhafen durch eine 74 Fufs weite Oeffnung in Verbindung steht. Dies setzt sich bis zum Bahnhof fort, der in den Etang de Thau hineingebaut ist.

Der Wellenbrecher wurde ursprünglich nach den damals geltenden Ansichten aus großen Bruchsteinen mit flacher Böschung angeschüttet. Die Erfolge waren jedoch auch hier dieselben, wie in allen andern ähnlichen Fällen. Die Steine wurden von den Wellen hin und her geworfen, bis sie über die Krone in den Hafen stürzten oder um die Köpfe des Damms in eine der beiden Mündungen traten. Man sieht in diesen zwei ausgedehnte Steinfelder zu Tage liegen. Jedes derselben mag etwa einen halben Morgen groß sein. Wie bedeutend ihre Masse ist, läßt sich daraus entnehmen, daß an den Stellen, wo sie liegen, die Tiefe früher 20 bis 24 Fufs maß. Diese sämtlichen Steine bildeten die äußere Dossirung des Damms. Die Unhaltbarkeit dieser Constructions-Art ist vielleicht nirgend so auffallend hervorgetreten, wie hier, und dieses erklärt sich aus dem überaus heftigen Wellenschlag, der oft im Mitteländischen Meer eintritt.

Der weitem Zerstörung des Damms und der Verschüttung sowohl des Hafens, wie seiner beiden Mündungen mußte jedenfalls Einhalt gethan werden. Dieses ist dadurch geschehn, daß man eine Mauer auf den Damm stellte. Fig. 166 zeigt das Profil derselben und der Steinschüttung. Die äußere flache Böschung ließ sich ohne große Kosten nicht beseitigen. Um sie in ihrem obern Theil zu sichern, wurde sie mit großen Béton-Blöcken überdeckt. Es ergab sich aber, daß solche Blöcke von 400 Cubikfuß Inhalt dem Wellenschlag noch nicht widerstanden, man mußte dieselben vielmehr bis auf 20 Cubikmeter oder 640 Cubikfuß vergrößern. Es ist jedoch schon früher (§ 6) mitgetheilt worden, daß selbst ein Block von 70 Cubikmeter oder 2240

Cubikfufs Inhalt bei heftigem Seegange hier noch auf die Böschung hinaufgestofsen wurde. Den untern Theil der Böschung mußte man sich selbst überlassen, weil seine Sicherung zu kostbar gewesen wäre, es bleibt nur übrig, die von hier aus in den Hafen geworfenen Steine auszuheben und zu beseitigen, sobald dieses nöthig sein wird.

Nachdem die Mauer ausgeführt war, erhöhte sich die Steinablagerung vor derselben so sehr, daß sie fast die Krone der Mauer erreichte, doch wurde sie bei andern Winden wieder in Bewegung gesetzt, und man entschloß sich daher sie zu befestigen. Dieses geschah, indem die Steine, wie die Figur zeigt, nach einer regelmäßigen cylindrischen Fläche abgeglichen und vermauert wurden. Das Uebertreten von größern und kleinern Blöcken wurde hierdurch keineswegs verhindert. Von den Treppen-Stufen an der innern Seite der Hafen-Mauer, die aus dem festen bei Cassis gebrochenen Stein bestehn, sind nicht nur Ecken und Kanten, sondern mehrfach Stücke von der Größe eines halben oder ganzen Cubikfusses abgebrochen, indem die hinübergeworfenen Steine darauf stürzten. Vor dem östlichen Kopf war im Jahr 1857, als ich dort war, die Steinschüttung bereits fortgetrieben, und man mußte hier durch eine Futtermauer unter Wasser den Ueberbau gegen Unterspülung sichern.

Die Krone der Mauer erhebt sich 19 Fufs über den mittlern Spiegel der See, sie ist $9\frac{1}{2}$ Fufs breit und senkt sich nach der Seeseite um 4 Zoll. Der Weg daneben liegt $4\frac{1}{2}$ Fufs über Wasser und ist $17\frac{1}{4}$ Fufs breit, das schwache Quergefälle ist nach dem Hafen gekehrt. Ueber die Construction dieser Mauer, die nur wenig unter den mittleren Wasserstand hinabreicht, ist nichts zu erinnern. Die Fabrikation und der Transport der Béton-Blöcke soll im Folgenden ausführlich beschrieben werden.

Wenn eine Steinschüttung nicht als selbstständiges Bauwerk, sondern nur als Unterlage für eine darauf zu stellende Mauer ausgeführt wird, so ist jene flache seeseitige Dossirung wohl entbehrlich. In Frankreich wird dieselbe bei neuen Anlagen auch jedesmal vermieden. Wie sehr sie nachtheilig ist, haben die Erfahrungen bei Cette gezeigt, außerdem bedarf es kaum einer Andeutung, daß der ganze Bau um Vieles wohlfeiler wird, wenn die Schüttung so steil bleibt, daß sie nur so eben noch

sicher steht. Dabei wäre freilich zu besorgen, daß die Steine durch den Wellenschlag seitwärts fortgetrieben und dadurch der Mauer ihre sichere Unterstüztung genommen würde, doch läßt sich dieser Gefahr durch Anwendung großer Béton-Blöcke begegnen. Dieselben decken in diesem Fall nicht nur den obern Theil der Schüttung, sondern sobald diese am Fuß angegriffen wird, sinken sie von selbst nach, und wenn man an den gefährdeten Stellen auf der Mauer selbst die Blöcke formt, so darf man sie von hier nur herabstürzen, um die Deckung jederzeit, so weit es nöthig ist, zu vervollständigen. Diese sehr großen Blöcke gewähren aber ohne Vergleich mehr Sicherheit, als die kleinern Steine der Schüttung, auch tritt nach den in Frankreich gemachten Erfahrungen sehr bald eine so feste Ablagerung ein, daß schon nach wenigen Jahren das Bedürfnis der weiteren Sicherstellung beinahe ganz aufhört, und nunmehr ein Hafendamm gebildet ist, der mit den geringsten Unterhaltungs-Kosten sich dauernd erhält, und keinen der nachtheiligen Erfolge der früher üblichen Steinschüttungen zeigt.

Als Beispiel dieser Anordnung muß vorzugsweise der Hafendamm von Marseille angeführt werden, dessen Profil Fig. 167 darstellt. Dieser Bau in Verbindung mit der ganzen Hafen-Anlage ist so wichtig, daß er einer ausführlichen Beschreibung bedarf. Dieselbe wird später besonders gegeben werden. Es wäre hier nur zu bemerken, daß bei diesem Damm die innere Mauer, an welche Schiffe anlegen, auf Béton fundirt ist. Das Banket auf der äußern Seite der hohen Hafenmauer ist nur für die Fabrikation der Béton-Blöcke bestimmt.

In einem andern Hafen am Mittelländischen Meer, nämlich in Port Vendres, wurde eine ähnliche Construction gewählt, wie Fig. 168 zeigt. Sie hat sich hier in Folge mancher zufälligen Umstände zwar nicht bewährt, indem der Damm durchbrochen und an seinem Kopf zerstört wurde, die dabei gemachten Erfahrungen ließen indessen erkennen, daß andre Constructions-Arten, und namentlich Steinschüttungen in diesem Fall dem Andrang der Wellen noch weniger widerstanden haben würden, und daß der Unfall nicht sowohl durch die gewählte Anordnung des Baues, als vielmehr durch die Uebereilung in der Ausführung veranlaßt sei. Man nahm daher auch keinen Anstand, bei der

Wiederherstellung dasselbe Profil beizubehalten. Als ich im Herbst 1857 dort war, hatte man in diesem Sinn die Vorbereitungen zum Neubau getroffen.

Der Hafen Port Vendres wird durch die weite, tief einspringende, und durch eine enge Mündung sehr sicher geschlossene Bucht zwischen hohen Felsufern gebildet. Es ist also ein natürlicher Hafen, der nur einer geringen Nachhülfe bedurfte, um allen Erfordernissen eines Nothhafens zu entsprechen.

Die erwähnte Bucht, zwischen zwei Felsrücken gelegen, die von den Pyrenäen auslaufen, ist etwa 600 Ruthen lang und nach Nordost geöffnet, doch tritt in ihrer Mündung von der Südseite her ein Riff etwa 60 Ruthen weit vor, das aus einzelnen Felsen besteht, die zum Theil hoch über Wasser vorragen. Das dahinter liegende Becken ist gegen 100 Ruthen breit und spaltet sich an seinem hintern Ende in zwei Arme, die nordwestlich und südlich gekehrt sind. Vor der Spaltung misst die Tiefe 30 bis 50 Fufs, und in jenen Armen noch 20 Fufs.

Bei der Abgelegenheit des Hafens und dem Mangel an bequemen Land-Verbindungen, so wie bei der geringen Ertragsfähigkeit des Bodens der nächsten Umgebungen konnte sich ein commercieller Verkehr hier nicht bilden. Weit reger, jedoch nur auf Fischerböte beschränkt, war der Verkehr in der nächsten Bucht neben dem Städtchen Calioure, das nur durch einen schmalen Bergrücken von dem in Rede stehenden Hafen getrennt ist.

Port Vendres war früher zum Kriegshafen bestimmt. Mehrere Forts auf den höchsten, nahe belegenen Bergkuppen und neben der Strafse von Perpignan schützen den Hafen auf der Landseite, während ein Fort auf der Nordseite und drei auf der Südseite ihn nach der See hin decken. Die beiden erwähnten Arme oder Buchten sind mit Kais umgeben, und der südliche, der bis auf 10 Meter oder 32 Fufs vertieft sein soll, hält ungefähr 17 Morgen. Auf der Südseite desselben hat man hinter einem 13 Ruthen breiten Kai eine hohe Terrasse abgeglichen, welche theils zu militärischen Zwecken benutzt, und theils in einen Park verwandelt werden sollte. Letzteres war indessen nicht geschehn, und der Hafen, in welchem bei meiner Anwesenheit nur eine einzige kleine Brigg lag, zeigte mit den wenigen am Fufs der

hohen Bergwände stehenden Häusern eine seltene Oede und Verlassenheit. Man wollte 1848 noch ein drittes Bassin, auf der Ostseite des südlichen, in einem kleinen Seiten-Thal als eigentlichen Kriegshafen anlegen, auch war der Bau bereits definitiv angeordnet, als die politischen Ereignisse dieses verhinderten. Im Anfange des Jahres 1857 wurde die Anlage eines Kriegshafens ganz aufgegeben, und Port Vendres war, wie die übrigen Französischen Handelshäfen, unter das Ministerium der öffentlichen Arbeiten gestellt.

In welcher Weise man die Verflachung dieses Hafens durch die von den Bächen herbeigeführten Kiesmassen zu verhindern gesucht hat, ist bereits § 39 mitgetheilt, der Erfolg war indessen wohl nur auf sehr kurze Zeit beschränkt, da die Räumung der Ablagerungs-Bassins unterblieben war. Die Einfahrt in den Hafen ist auf der Nordseite durch ein kleines Feuer bezeichnet, während auf der Südseite in geringer Entfernung, 730 Fufs über dem Meere, auf Cap Béarn ein Küstenfeuer erster Ordnung brennt.

Der wichtigste Bau ist der erwähnte Hafendamm, der vom südlichen Ufer aus in die Mündung tritt, und theils das Felsriff überdecken, theils aber den Wellenschlag im Hafen bei nordöstlichen Winden mäfsigen sollte. Derselbe war 1854 auf 75 Ruthen Länge fertig geworden. Er besteht, wie Fig. 168 zeigt, grofsentheils aus Béton-Blöcken von 15 Cubikmeter oder 475 Cubikfufs Inhalt, doch sind dieselben nicht aus Béton geformt, vielmehr aus lagerhaften Bruchsteinen eines festen Thonschiefers in hydraulischem Mörtel aufgemauert. Sie wurden in demjenigen Thal, welches man früher zu dem eigentlichen Kriegshafen bestimmt hatte, angefertigt und auf einer Eisenbahn bis zur Mündung des Hafens verfahren. Die Anlage dieser Bahn verursachte grofse Schwierigkeiten, da man sie nicht durchweg neben den Hafen legen konnte, weil einzelne Bergrücken zu weit vortraten. Man mußte daher zwei unterirdische Strecken unter den Forts Béarn und Maily durchbrechen, von denen jede etwa 35 Ruthen lang ist.

Man machte den Anfang damit, dafs man zwei Reihen Blöcke versenkte, und den Zwischenraum mit Steinschüttung füllte. Sodann wurden zwei andre Reihen theils auf die ersten und theils auf die Schüttung gestellt, auch zwischen diesen der mittlere

Raum mit Steinen verfüllt, und nunmehr über das Ganze zwei Lagen der gemauerten Blöcke versetzt. Auf diese, also noch einige Fufs unter Wasser, wurde eine Béton-Schüttung aufgebracht, die sich bis zum Wasserspiegel erhob, worüber man den Oberbau zwischen Quadermauern, aus Bruchsteinen ausführte. Die seeseitige, sehr steile Böschung bestand vorzugsweise aus grofsen künstlichen Blöcken, wozwischen indessen auch Bruchsteine geschüttet waren.

1855, also ein Jahr nach Beendigung des Baues, wurde bei einem heftigen Sturm aus Ost-Nordost der Kopf auf $12\frac{1}{2}$ Ruthen Länge, und auferdem zwischen zwei hohen Felsen, die 20 bis 30 Fufs sich über das Meer erhoben, noch eine Strecke von 20 Ruthen Länge zerstört. Die Ingenieure betrachteten dieses Ereignifs als dasjenige, welches an der ganzen Französischen Küste die stärkste Wirkung des Wellenschlags erkennen liefs. Wenn auch auf dem Hafendamm von Algier und in der Fundirung des Forts Bayard (neben der Insel Aix, ohnfern la Rochelle im Atlantischen Ocean) die künstlichen Steinblöcke gleichfalls umhergeschleudert wurden, so hatten diese doch nur geringere Dimensionen als diejenigen, die man hier aus Vorsicht bereits angenommen hatte, auch war dort die Zerstörung keineswegs so ausgedehnt wie hier. Dazu kam noch, dafs bei Port Vendres die Blöcke nicht frei nebeneinander lagen, sondern eine starke Uebermauerung sie bereits bedeckte.

Als Ursache dieses Unglücks wurde vorzugsweise die Eile bezeichnet, womit der Bau beendet werden sollte. Bevor man auf Steinschüttungen oder auch auf künstliche Blöcke eine Mauer stellen darf, müssen diese durch kräftigen Wellenschlag in den Sand oder Kies, wo solcher darunter liegt, gehörig eingedrungen, und auferdem in sich auch fest abgelagert sein. Obwohl im vorliegenden Fall gewachsner Felsboden frei lag, so war derselbe doch stellenweise mit Kies überdeckt, und dieser konnte von dem während des Wellenschlags mit Heftigkeit hindurchdringenden Wasser leicht fortgespült sein, wodurch der ganze Bau die Unterstützung verlieren und brechen mufste.

Bei dem überaus klaren Wasser war deutlich zu bemerken, dafs die Brustmauer auf der Seeseite lag, während der dahinter befindliche Weg stellenweise sich noch erhalten hatte und loth-

recht herabgesunken war. Eine große Anzahl der künstlichen Blöcke war hafenvärts getrieben und lag oft in großer Tiefe. Keiner derselben war indessen zerbrochen, und sie zeigten sämmtlich noch die regelmäßige Form und dieselbe Größe, die sie ursprünglich erhalten hatten.

Demnächst wurde auch das Fortlassen des äußern Bankets, das sonst nicht nur zur Anfertigung neuer Blöcke dient, sondern auch die Masse der Uebermauerung bedeutend vergrößert, als Ursache der Zerstörung betrachtet. Ohne Zweifel trugen aber die hohen Felsen der Umgebung noch wesentlich zur Verstärkung des Wellenschlags bei. An der Stelle, wo der Damm durchbrochen war, erweitert sich zwischen den Felsen die Oeffnung trichterförmig nach dem Meer, und hier mußten die Wellen, wie in solchem Fall immer geschieht, viel höher, als im offenen Meer anschwellen. Gewiß ist es, daß der ganze Bau wegen mangelhafter Unterstützung zerbrach, und diese rührte vielleicht davon her, daß sich Höhlungen im Innern bildeten, oder vielleicht (und dieses ist nach der Lage der Brustmauer noch wahrscheinlicher) daß die äußere Böschung versank oder über die Brustmauer fortgetrieben wurde. Nachdem aber die Uebermauerung in ihrer Verbindung gelöst war, so stießen die Wellen die einzelnen Theile derselben, so wie auch später die Schüttung und die Béton-Blöcke in den Hafen.

Schließlich muß noch einer andern Constructionsart der Hafenmauern erwähnt werden, wobei diese nicht aus Werkstücken, noch auch aus einzelnen Béton-Blöcken, sondern aus einer zusammenhängenden Béton-Masse bestehen. Eine Steinschüttung, die meist bis zum niedrigsten Wasserstande sich erhebt, oder nur wenig darunter bleibt, bildet den Unterbau. Indem man aber einen in sich verbundenen Damm darstellt, so muß man vor Ausführung desselben sich jedenfalls überzeugen, daß in der Steinschüttung kein ferneres Sacken, noch Bewegungen im Innern zu besorgen sind.

Ein Bauwerk dieser Art wurde um das Jahr 1850 bei Fiume begonnen, der Damm tritt indessen nicht in das Adriatische Meer, sondern in die Quarnero-Bai, die durch davor liegende Inseln wesentlich geschützt ist. Man führte indessen hier die Steinschüttung nicht bis zum Wasserspiegel hinauf, son-

dern liefs sie noch 22 Fufs darunter. Ihre Kronenbreite mafs 52 Fufs, und die beiderseitigen Böschungen hatten $1\frac{1}{2}$ -fache Anlage. Die Wassertiefe betrug 70 Fufs. Auf dieser Schüttung steht die 24 Fufs breite und 29 Fufs hohe Mauer, die seeseitig mit einer Brustmauer versehen wurde. Der Béton, aus Santorin-Erde, Kalk, Sand und Steinstückchen zusammengesetzt, wurde in grofse hölzerne Formkasten verstürzt, die man auf die Krone der Steinschüttung gestellt hatte. Die Kasten waren 30 Fufs lang, $26\frac{1}{2}$ Fufs breit und 24 Fufs hoch. Sie hatten keine Böden, der Béton legte sich also unmittelbar auf die Steine. Die Füllung eines solchen Kasten nahm 10 Tage in Anspruch, und nach 15 bis 20 Tagen hatte der Béton solche Festigkeit angenommen, dafs man die Seitenwände abnehmen und zur Aufstellung eines neuen Formkastens benutzen konnte. Die Fugen zwischen je zwei solchen Blöcken wurden demnächst seitwärts durch leichte Tafeln geschlossen und gleichfalls mit Béton gefüllt.

Nach den über diesen Bau gemachten Mittheilungen vom Jahr 1864*) hatte derselbe bis dahin sich unversehrt erhalten. Der beabsichtigte Damm wurde indessen nur zum kleinsten Theil ausgeführt, da man die Ueberzeugung gewann, dafs die sehr kostspielige Verbesserung des Hafens zwecklos sei, so lange keine bequemen Verbindungen mit dem Binnenlande eröffnet wären.

Aehnliche Constructionen sind auch in manchen Häfen des Mittelländischen Meeres zur Ausführung gekommen, doch setzen sich die Bétonmauern wohl in keinem andern Fall bis zu solcher Tiefe unter Wasser fort. Auch in dem Umschließungsdamm des Marseiller Hafens hat man auf der innern Seite, die also dem Wellenschlag der See nicht ausgesetzt ist, die Umfassungsmauer aus Béton ausgeführt (Fig. 167).

Wichtiger sind die aus Béton ausgeführten Umschließungsmauern der weit vor die Ufer vortretenden Dämme oder Molen, an welche vor Triest die Schiffe anlegen. Man benutzt auch bei diesen die Santorin-Erde und es dürfte angemessen sein, zunächst über dieselbe noch einige Mittheilungen zu machen, da sie im ersten Theil dieses Handbuchs (§ 46) nicht eingehend behandelt ist.

*) Annales des ponts et chaussées 1864 I. pag. 397.

Die Santorin-Erde hat mit dem Trafs und der Puzzolane die Eigenschaft gemein, daß sie in Verbindung mit Kalk unter Wasser erhärtet, doch unterscheidet sie sich von beiden dadurch, daß sie nicht in einer festen und zusammenhängenden Masse bricht, sondern in feinen Körnchen, wie Sand, sich vorfindet. Ohne Zweifel vermindern sich dadurch die Kosten ihrer Gewinnung und Verwendung, doch zeigt sie sich niemals so rein, wie guter gemahlner und gesiebter Trafs, auch steht ihre Bindekraft der des letztern nach, und jedenfalls erhärtet der aus ihr bereitete Mörtel langsamer als Trafsmörtel, und namentlich als Cement. Nichts desto weniger gewinnt sie doch nach und nach eine bedeutende Festigkeit, und bei ihrem sehr mäfsigen Preise kann man leicht durch gröfsere Dimensionen ersetzen, was ihr an innerer Güte abgeht.

Die Santorin-Erde ist eine vulkanische Asche, die sich auf der kleinen Insel Santorin im Aegäischen Meer in grofser Menge vorfindet. Ihre Lagerungs-Verhältnisse und chemische Zusammensetzung dürfen hier übergangen werden*), es wäre nur zu erwähnen, daß ihr Preis in Triest sich etwa auf 10 Pfennige für den Cubikfufs stellt.

Die Mörtel-Bereitung erfolgt in der Art, daß man zu 6 bis 7 Theile Santorin-Erde 2 Theile gelöschten Kalk zusetzt, und mit möglichst wenig Seewasser daraus einen recht steifen breiartigen Mörtel darstellt. Derselbe wird aber nicht sogleich verbraucht, weil in diesem Fall beim Versenken ins Wasser die Kalktheilchen sich lösen. Man bildet daher kleine Haufen von etwa 10 Cubikfufs Inhalt und läfst diese zwei bis drei Tage an der Luft liegen. Die Masse wird alsdann viel fester, läfst sich jedoch zwischen den Fingern nicht nur zerreiben, sondern auch kneten. Diese schüttet man zugleich mit den kleinen Steinen, ohne daß dieselben vorher mit dem Mörtel vermengt waren, in den zur Anfüllung mit Béton bestimmten Raum. Etwa nach einem Monat ist die Masse soweit erhärtet, daß man die Umschließung beseitigen kann.

Dieses Material wird sowohl in Venedig, wie in Triest und

*) Nachrichten hierüber sind in Förster's allgemeiner Bauzeitung, Jahrgang 1848 Seite 53 ff. mitgetheilt.

in den Häfen an der Illyrischen Küste vielfach angewendet. In welcher Art dieses in Triest, und zwar zur Darstellung des Molo St. Carlo geschehn ist, mag zunächst hier angedeutet werden, während die nähere Beschreibung des Hafens bei Gelegenheit der neuesten Verbesserungen desselben mitgetheilt werden soll.

Fig. 169 zeigt das Profil des Molo St. Carlo, an den ausschließlich die dem Lloyd gehörigen Dampfboote anlegen. Dieser Damm tritt bis auf die Tiefe von 36 Fufs hinaus. Eine Steinschüttung bildet seine Basis, die jedoch so tief unter Wasser bleibt, dafs weder die Steine von den Wellen in Bewegung gesetzt, noch auch das Anlegen der grössten Schiffe behindert wird. Auf dieser Schüttung stehn zwei Béton-Mauern, die bis zum niedrigsten Wasser hinaufreichen, und auf welchen bis über das höchste Wasser Mauern in Werksteinen ausgeführt sind. Im Innern befinden sich Strebepfeiler gleichfalls aus Béton, welche die ersten Mauern unterstützen, und der Zwischenraum ist mit Bruchsteinen ausgefüllt und überpflastert.

Was die Ausführung dieser Bétonmauern betrifft, so wurde mir darüber die Mittheilung gemacht, dafs man, ehe noch die Steine auf den ziemlich weichen Boden geschüttet werden, einige Pfähle einrammte, die keinen andern Zweck hatten, als das Aufstellen der Kasten für die Versenkung des Bétons zu erleichtern. Diese Kasten wurden in der Art, wie Fig. 175 auf Taf. XXXV zeigt, etwa in 30 Fufs Länge auf dem Ufer vollständig zusammengesetzt, und auf der Binnenseite rings umher mit horizontalen, gegen die Stiele genagelten Bohlen verkleidet. Man schob sie alsdann in das Wasser und brachte sie schwimmend auf die inzwischen ausgeführte Steinschüttung und belastete sie mit Steinen, die man an die Köpfe der obern Ankerbalken hing. Um sie noch vollständiger zu sichern, legte man darüber hochkantige Bohlen, die an die erwähnten Pfähle befestigt wurden. Sobald der eingeworfene Béton erhärtet war, stiefs man mittelst langer Stemmeisen die auswärts vortretenden Köpfe der Anker ab. Dadurch wurden die Zangen frei, und die ganzen Wände, aus Stielen und Bohlen bestehend, lösten sich und schwammen auf. Wenn man alsdann noch die Pfähle auszog, so stand die Béton-Mauer ganz frei. In derselben befinden sich freilich noch

die mittlern Theile der hölzernen Anker, die sich nicht beseitigen ließen, die aber auch unschädlich sind.

Man wird ohne Zweifel diese Construction, namentlich auf dem weichen Untergrund, sehr gewagt finden. Es sind auch in der That dabei wiederholentlich bedenkliche Bewegungen eingetreten. Ueberraschend ist es schon, zu sehn, daß die eisernen Laternen-Pfosten sich stark übergeneigt haben, indem sie den Bewegungen der Mauer folgten. Auch die Deckplatten über den Mauern lassen leicht die entstandenen Unregelmäßigkeiten erkennen, und es ist sogar vorgekommen, daß der vordere Theil eines Molo bis unter das Wasser versank und mehrere Fufs hoch aufs Neue überhöht werden mußte.

In neuester Zeit sind in diesem Hafen sehr bedeutende Bauten ausgeführt, wodurch derselbe wesentlich verbessert ist. Fig. 178 auf Taf. XXXV zeigt die gegenwärtige Situation, doch sind darin durch schwache Linien auch die nunmehr verschütteten frühern Ufer und die aus denselben in die See vortretenden Werke angegeben. Die wesentliche Umgestaltung des Hafens in seiner nördlichen Hälfte begann erst im Jahr 1869 und ist auch wohl gegenwärtig noch nicht vollständig beendigt.

Früher traten, wie im südlichen Theil des Hafens die Figur zeigt, nur eine Anzahl schmaler Dämme, ähnlich dem Molo St. Carlo in die See, während die daran oder davor liegenden Schiffe dem heftigen Wellenschlag bei westlichen Stürmen ausgesetzt waren. Der mit *M* bezeichnete Wellenbrecher oder isolirte Damm existirte damals noch nicht. Es waren indessen drei kleine Binnenhäfen vorhanden, die mehr oder weniger abgeschlossen, einigen Schutz boten, denen aber die erforderliche Tiefe fehlte, die also nur von kleinern Fahrzeugen benutzt werden konnten.

Vor die weite und tiefe Bucht, welche den frühern Hafen bildete, tritt von der südlichen Ecke aus zunächst ein Damm, Molo di St. Teresa weit vor, auf dessen verbreitetem Kopf ein Fort erbaut ist (*T* in der Zeichnung). Hier steht auch der etwa 100 Fufs hohe Leuchthurm, dessen Licht in jeder Minute einmal verschwindet. Der nächste gröfsere Hafendamm ist der Molo Giuseppino (*G*), der mit dem ersten einen Binnenhafen umschliesst, der weniger dem allgemeinen Verkehr geöffnet ist, als er vielmehr nur für militärische Zwecke benutzt wird, indem Casernen

und Artillerie-Depots ihn auf der Südseite einschließen. Eine Anzahl kürzerer Dämme treten in ihn hinein, unter denen der Molo Sartorio der längste ist.

Verfolgt man das Ufer weiter, so trifft man zunächst den Molo Porporella (*P*) und dann den Molo St. Carlo (*C*). Der letzte wurde vorzugsweise für den Verkehr benutzt, da er sich an ein geräumiges Kai anschließt, auch soweit vortritt, daß mehrere tief gehende Schiffe an ihn anlegen können.

Hinter dem Molo St. Carlo bemerkt man einen in die Stadt führenden Canal, Canale grande genannt. Derselbe eröffnet aber keineswegs eine weitere Wasserverbindung. Er ist nur 100 Ruthen lang und endigt vor der Kathedrale am Fuß des hoch ansteigenden Ufers.

Der nächste Hafendamm war der Molo del Sale (*S*), der jedoch gegenwärtig vollständig in dem weiter herausgerückten Ufer liegt. Das frühere Ufer setzte sich vom Molo St. Carlo bis zum Molo Klutsch (*K*) in gerader Linie fort. Hinter dem letzten befand sich ein kleiner Binnenhafen oder die Darsena (*D*), der durch einen von der andern Seite vortretenden Damm gegen Wellenschlag gesichert war. In diesen Hafen mündete der vom hohen Ufer herabstürzende, in der Stadt aber meist überwölbte Bach Klutsch (*BK*), der, wie die punktirte Linie zeigt, jetzt weiter hinaus geführt ist.

Von der Mündung dieses Hafens ab war das Ufer nicht mehr durch Mauern eingefasst, sondern nur durch Steinschüttung gegen Abbruch gesichert. In demselben befand sich endlich noch der Lazareth- oder Quarantainehafen (*L*), und in denselben ergoß sich der Bach Martesin (*BM*), der gegenwärtig gleichfalls eine andre Mündung erhalten hat.

In diesem Zustand befand sich der Hafen, als die Oesterreichische Südbahn nach Triest geführt wurde, und nunmehr stellte sich das Bedürfnis zu Verbesserungen dringend heraus. Bisher war der Handel ziemlich beschränkt geblieben, da die nächsten Umgebungen nur sterilen Boden zeigten und spärlich bevölkert waren, die Abfuhrwege nach dem Erzherzogthum Oesterreich durchschnitten aber die Alpen und gestatteten daher keinen starken Frachtverkehr. Die großen Mängel des Hafens, der allen Seeschiffen leicht zugänglich war, gaben sich also bisher weniger

zu erkennen. Sie bezogen sich zunächst auf die ganz ungeschützte Lage der darin einlaufenden Schiffe. Es war eigentlich kein Hafen, sondern nur eine offene Rhede, auf der bei den vorherrschenden Westwinden ein heftiger Wellenschlag eintrat. Einer noch gröfsern Gefahr waren die Schiffe beim Eintritt der Bora, eines Sturms von Ostnordost, also von der Landseite her, ausgesetzt. In der Nähe des Ufers konnten sich dabei zwar keine Wellen bilden, aber dieser Wind traf die Schiffe mit solcher Kraft, dafs weder Anker noch gewöhnliche Duc d'Alben den nöthigen Widerstand boten, und daher zur sichern Befestigung der Schiffe eine grofse Anzahl ausgedehnter Holzverbindungen von quadratischem Querschnitt errichtet waren. Diese letzten Schutzmittel müssen auch für die Zukunft genügen, der Wellenschlag bei westlichen Winden liefs sich aber durch Hafendämme wesentlich mäfsigen.

Demnächst waren die Anlegestellen für tief gehende Schiffe überaus beschränkt und es fehlte vollends an geräumigen Kais, während die wenigen vorhandenen nahe 30 Fufs unter dem Planum der Eisenbahn lagen.

Unter diesen Umständen wurde das Project zu einem isolirten Damm oder Wellenbrecher aufgestellt, der etwa 70 Ruthen vom Kopf des Molo St. Theresa beginnen und sich bis vor den Lazareth-Hafen hinziehen sollte, so dafs neben dem letzten eine zweite Mündung des Hafens von etwa 50 Ruthen Weite sich gebildet hätte. Der Damm würde im nördlichen Theil dem Ufer viel näher gelegen haben, als der nunmehr ausgeführte. Es scheint, dafs nach diesem Project die Ufer nahe unverändert bleiben sollten.

Diese Anordnung fand indessen keinen Beifall, und da die Bahn inzwischen an eine französische Gesellschaft verkauft war, so wurde Pascal, der Ingenieur des Hafens von Marseille, zur Aufstellung eines Projects veranlafst, das Fig. 178 zeigt, und dessen Ausführung von der Gesellschaft für die Anschlagssumme von $17\frac{1}{2}$ Millionen Gulden auf Kosten der Regierung übernommen wurde.

Aus der Situationszeichnung ergibt sich, dafs hierdurch nur derjenige Theil des Hafens verbessert ist, der sich unmittelbar an die Eisenbahn anschliesst. Das Ufer ist hier etwa 60 Ruthen

weit hinausgerückt, und dadurch ein großer Raum für die Ausdehnung des Bahnhofs gewonnen. Von demselben treten aber vier 250 bis 300 Fufs breite und 600 Fufs lange Dämme vor, auf welchen zwei oder drei Geleise liegen, während die Tiefe daneben das Anlegen großer Schiffe gestattet. Im Abstände von 500 Fufs vor den Köpfen dieser Dämme ist in der Länge von 280 Ruthen der Wellenbrecher ausgeführt, an den auf der nördlichen Seite noch ein Flügel sich anschließt, der den Wellenschlag in dem durch ihn gebildeten Hafen bei nordwestlichen Winden mäfsigt. Die Tiefen sind in der Situations-Zeichnung in Wiener Fussen angegeben, die von den Rheinländischen nur im Verhältnifs von 140 : 139 abweichen.

Bei diesen Neubauten zeigte sich wieder, wie schon bei Instandsetzung des Molo St. Carlo erwähnt worden, der Untergrund als ganz lose. Die Bohrungen ergaben, dafs derselbe bis 50 Fufs unter Mittelwasser aus Schlamm bestand, der anfangs dickflüssig war, nach und nach etwas fester wurde, aber erst in der angegebenen Tiefe eine stärkere Beimischung von Sand enthielt. Den festen, tragfähigen Boden erreichte man nicht früher, als bis man gegen 120 Fufs unter Wasser herabgekommen war. Der Schlamm bestand grösstentheils aus dem durch die Wellen fein zerriebenen Mergel, der hier im Allgemeinen die Bodenformation bildet.

Nach dem genehmigten Project sollte eine Schüttung aus besonders großen Bruchsteinen gebildet, hierauf die Umfassungsmauern aus Béton-Quadern im Verbande doch ohne Anwendung von Mörtel gestellt und demnächst mit Kalksteinbrocken hinterfüllt werden. In dieser Art wurde auch der Bau der nördlichen Mole begonnen. Dabei versanken aber nicht nur die Mauern, sondern, sobald man die Hinterfüllung begann, wurden auch die Mauern seewärts weit herausgedrängt, und als man darauf in gleicher Weise in der ursprünglichen Richtung eine neue Mauer ausführte, wurde auch diese hinausgeschoben, so dafs zwei Mauern theils unter Beibehaltung der lothrechten Richtung und theils stark übergeneigt an der Stelle standen, wo die Schiffe liegen sollten. Mit den Mauern drang aber auch der Boden seitwärts heraus und bildete da, wo früher die große Tiefe gewesen war, hohe und flach abfallende Böschungen.

Diese ersten Ausführungen mußten also mit großen Kosten und großem Zeitverlust beseitigt werden, und es wurde nunmehr in folgender Art verfahren.

Die Steinschüttungen, welche die Umfassungsmauern sowohl der Molen, wie der dazwischen liegenden Ufer tragen sollten, verstürzte man nicht auf die obern Ablagerungen des Bodens, vielmehr wurde dieser zunächst 25 bis gegen 40 Fufs tief unter Mittelwasser ausgehoben. Die untere Lage der Schüttung bestand aber aus Steinen, die angeblich bis 50 Cubikfufs hielten. Diese sollen noch 10 Fufs tiefer in den Grund eingedrungen sein. Darüber wurden Steine von verschiedener Größe mit kleinern Brocken vermengt geschüttet, bis sie Dämme bildeten, deren Krone $38\frac{1}{2}$ Fufs in der Breite maß und 19 Fufs unter Wasser lag, während die äußere Böschung vierfüßig, die innere aber zweifüßig war. Gleiche Schüttungen wurden auch unter den Köpfen der Molen, und je zwei ähnliche, jedoch mit geringerer Kronenbreite und mit beiderseitiger steiler Böschung im Innern jeder Mole, quer durch dieselbe ausgeführt, so daß je drei Felder entstanden, die bald darauf wieder bis 19 Fufs unter Wasser mit feinerem Steinmaterial verfüllt wurden.

Diese Schüttungen blieben längere Zeit hindurch dem Wellenschlag ausgesetzt und wurden, so oft sie versanken, immer in den angegebenen Profilen wieder hergestellt, bis sie keine weitere Bewegungen zeigten. Alsdann wurde zur Ausführung der Umfassungsmauern übergegangen. Dieselben bildete man aus sehr großen Bétonblöcken, die ohne Mörtel versetzt wurden. Sie waren sämtlich 4,8 Fufs hoch und 6,4 Fufs breit und 10,5 oder 11,8 Fufs lang. Sie hielten also 320 oder 360 Cubikfufs und bestanden aus zerschlagenen festeren Steinen, Sand und Kalk von Theil, also dem in Frankreich ziemlich allgemein für Bauten an der See benutzten Kalk. Derselbe erricht an der Rhone im Departement Ardèche. Im Folgenden wird eingehender von ihm die Rede sein.

Die Blöcke wurden, nachdem die Oberfläche der Schüttung einigermaßen regulirt war, mittelst eines Dampfkrahns reihenweise neben einander gelegt, so daß sie mit ihren kleinsten Seitenflächen zusammenstießen. Indem aber vier Schichten mit gehöriger Abwechslung der Stosfugen aufgebracht waren, so er-

reichte diese 6,4 Fufs starke Mauer den Spiegel des Niedrigwassers.

In diesem Zustande blieb die Mauer und der ganze Bau wenigstens ein Jahr hindurch, oder wenn alsdann noch Bewegungen eintraten, bis zwei Jahre, sich selbst überlassen. Dabei wiederholte es sich mehrfach, dafs man gezwungen war, einzelne Theile dieser Mauern wieder aufzunehmen und neu aufzuführen.

Wenn endlich keine Bewegung mehr bemerkt wurde, so führte man darüber die Werksteinmauern aus, die sich $9\frac{1}{2}$ Fufs über Mittelwasser erhoben. Hierauf erfolgte die Verschüttung der Molen bis zur Höhe der Mauern, und nachdem wieder einige Zeit verstrichen war, ging man endlich zur Beseitigung der neben den Molen emporgehobenen Schlamm-Massen und zur vollständigen Vertiefung der Wasserflächen zwischen und vor den Molen bis auf 32 Fufs über. Grofsentheils war diese Tiefe, wie auch die Situation zeigt, bereits vorhanden gewesen. Diese Arbeit wurde aber durch die Steinmassen sehr erschwert, welche die äufsere Böschung bilden sollten, und die beim Ausweichen des Grundes vorgeschoben waren.

Bei Ausführung des Wellenbrechers wurden die vorstehend erwähnten Erfahrungen benutzt und die Bauart stimmt daher in mancher Beziehung mit derjenigen der Molen überein. Fig. 178. a zeigt das Querprofil des isolirten Damms. Nachdem die SteinSchüttung bis 19 Fufs unter Niedrigwasser aufgeführt war, blieb sie wieder längere Zeit den Wellen ausgesetzt, bevor der Oberbau begonnen wurde, und wenn alsdann die nöthigen Regulierungen vorgenommen waren, wurde wieder auf der Hafenseite aus vier über einander gelegten Schichten jener Bétonblöcke eine Mauer von 6,4 Fufs Stärke bis zum Niveau des Niedrigwassers aufgeführt. Dieselbe steht aber nicht unmittelbar am Rande der Schüttung, vielmehr befindet sich davor noch ein 4 Fufs breites Banket. Die Schüttung auf der Seeseite wurde bis zur Höhe des Niedrigwassers und zwar unter Beibehaltung derselben Böschung fortgeführt, von hier ab aber $6\frac{1}{2}$ Fufs hoch in Mörtel übermauert. Auch die anschließende Dammkrone wurde theils in Werkstücken, theils in Bruchsteinen übermauert. Die Breite derselben mißt 38 Fufs und neben ihr erhebt sich die 6 Fufs

hohe und oben $4\frac{1}{2}$ Fufs breite Brustmauer. An den äufsern Rand der letzten schließt sich die Steinschüttung an.

Die Schüttung, welche in der Tiefe von 19 Fufs sehr nahe 100 Fufs Breite hat, besteht keineswegs aus gleichartigem Material, vielmehr sind dabei fünf verschiedene Sorten von Steinen verwendet. Die feinste, oder der Steinschrott bildet den innersten Kern des Damms, alsdann folgt, wie die Zeichnung auch andeutet, gröberes Material und die größten und schwersten Steine bedecken den obern Theil der seeseitigen Dossirung.

Welche Dimensionen diese verschiedenen Materialien hatten, ist nicht bekannt. Grosstheils bestanden sie aber aus dem in unmittelbarer Nähe brechenden ziemlich festen Mergel, während die größeren und festeren Blöcke aus vier Brüchen gewonnen wurden, die $2\frac{1}{2}$ Meilen entfernt waren. Im Ganzen wurden für die neuen Dämme und Ufer $1\frac{1}{3}$ Millionen Schachtruthen gebraucht und es wird gerühmt, dafs im Jahr 1871 längere Zeit hindurch täglich 900 Schachtruthen verstürzt sind. Von dieser Masse versank indessen ein grofser Theil in den Schlamm. Aus der Vergleichung des zur Aufführung des isolirten Damms verstürzten Materials mit dem Profil ergab sich, dafs die Schüttung etwa 25 Fufs tief in den Grund eingedrungen ist*).

Aus welchem Grunde die äufsere Dossirung des isolirten Damms bis zur Krone der darauf stehenden Brustmauer fortgesetzt ist, wird nicht mitgetheilt. Diese Krone liegt $12\frac{1}{2}$ Fufs über dem gewöhnlichen Niedrigwasser, das Hochwasser steigt aber nach der Mittheilung von Bömches zuweilen bis $6\frac{1}{2}$ Fufs über dieses. Bei Weststürmen werden also die Wellen gewifs darüber laufen, und da ihre Bewegung nirgend unterbrochen wird, so werden sie die dahinter belegene Wasserfläche stark beunruhigen, und wahrscheinlich auch eine Masse Steine auf die Dammkrone und vielleicht sogar über diese fort in den Hafen werfen.

*) Vorstehende Mittheilung ist grosstheils entnommen aus einer Beschreibung des Baues, die der Bau-Inspector F. Bömches in den *memoires de la société des Ingénieurs civils*, 1877 bekannt gemacht hat. Eine Uebersetzung derselben findet man in der Tijdschrift van het Kongl. Instituut van Ingenieurs 1878—1879. Pag. 85.

§ 62.

Flache Steindämme.

Es ist bereits (§ 54) mitgetheilt, dafs man im Anfang dieses Jahrhunderts sowohl in Frankreich und England, wie auch bei uns, Hafendämme, die einem besonders starken Angriff ausgesetzt waren, aus Bruchsteinen oder auch aus Granitgeschieben bildete, die über einander gestürzt, und später abgepflastert wurden. Ob dabei der Kern des Damms aus Senkstücken oder irgend einem andern Material bestand, war gleichgültig, indem die äufsern Lagen allein dem Angriff der Wellen ausgesetzt waren. Dafs aber solche Steinschüttungen selbst ohne Abpflasterung sich dauernd erhielten, schienen die am Cherbourger Damm gemachten Erfahrungen zu beweisen (§ 35), dessen Profil lange Zeit hindurch dasselbe blieb. Hierzu kam noch eine andre Erfahrung, dafs nämlich der nur aus Sand bestehende Strand zuweilen bei dem heftigsten Wellenschlag sich nicht verändert.

Es mögen zunächst die Erscheinungen, die man am natürlichen Strand wahrnimmt, mit denjenigen zusammengestellt werden, welche eine Steinböschung bei starkem Wellenschlag zeigt, und dabei mufs an die Bewegungen erinnert werden, die im Sand eintreten, wenn derselbe von den Wellen getroffen wird. Der Unterschied zwischen beiden Erscheinungen beruht in der That nur auf der Gröfse der einzelnen Körper. Der Stofs des dagegen schlagenden Wassers ist unter übrigens gleichen Umständen der Ausdehnung der getroffenen Fläche, also dem Quadrat des Durchmessers, der Widerstand dagegen dem Gewicht oder der dritten Potenz des Durchmessers proportional. Das Sandkorn wird also viel leichter in Bewegung gesetzt als der gröfsere Stein. Sodann kommt aber auch die Höhe, bis zu welcher die Dossirung ansteigt, in Betracht. Der Strand befindet sich vor einem höhern Ufer. Der von den Wellen bewegte Sand kann daher nicht über den Strand fortgestofsen werden, er lagert sich also vor dem Ufer ab, wenn er nicht zurückgetrieben wird, und verbreitet sonach den Strand. Die Steinschüttung eines Hafendamms erhebt sich dagegen niemals bis zu solcher Höhe, dafs die Wellen nicht darüber schlagen sollten. Wollte man dieses bei den hef-

tigsten Stürmen noch erreichen, so müßte nach den § 6 mitgetheilten Erfahrungen der Schüttung eine übermäßige Höhe und Breite gegeben werden, was niemals geschehn ist.

Bei schwachem Wellenschlag kann man die Bewegungen deutlich wahrnehmen, welche die einzelnen Sandkörnchen in der Oberfläche des Strandes machen. Die über den flach ansteigenden Grund auflaufende Welle hat sich aus der schwingenden bereits in eine fortschreitende Welle verwandelt, die ganze Wassermasse hat daher die starke Bewegung angenommen. Sie stößt die ihr entgegenstehenden Körnchen vor sich hin und zwar rechtwinklig gegen die Richtung des Strandes, wenn die Wellen rechtwinklig dagegen laufen. Das aufgeworfene Wasser fließt unmittelbar darauf wieder in entgegengesetzter Richtung zurück, und soweit es sich nicht in den Grund einzieht, über die Oberfläche fort, wobei es den darüber gespülten Sand, wenn er nicht ein festes Lager gefunden hat, wieder mit sich herab führt. Es ergibt sich hieraus, daß nach den zahllosen Wiederholungen dieser Bewegung, wenn sie immer dieselbe bliebe, schließlichs eine Ablagerung erfolgen muß, die sich nicht weiter verändert, wenn auch auf derselben die Körnchen fortwährend hin und her treiben.

Auch bei grobem Kies oder feinerem Steingerölle ist dieselbe Erscheinung in stärkerem Wellenschlag wahrzunehmen. Vor der Stubbenkammer auf der Insel Rügen wird der Strand aus den Feuersteinknollen gebildet, die beim Abbruch der Kreide-Ufer zurückgeblieben sind, und durchschnittlich vielleicht 3 bis 4 Zoll im Durchmesser halten. Man sieht nicht nur, daß dieselben von den Wellen hinaufgestoßen werden, und alsdann wieder zurückrollen, sondern Letzteres ist auch deutlich zu hören, indem beim Herabrollen ein klapperndes starkes Geräusch entsteht. Dabei zeigt sich aber ein auffallender Unterschied gegen den aus Sand bestehenden Strand, insofern die Feuersteinknollen wegen der größern Dimensionen eine viel steilere Böschung bilden.

Anders gestaltet sich die Erscheinung, wenn die Wassermasse der Wellen nicht rechtwinklig, sondern schräge gegen den Strand sich bewegt, wenn also die Wellen an sich schon diese Richtung haben, oder ein starker Küstenstrom dieses veranlaßt. Bei verschiedenartig gefärbtem Sande oder wenn man ein kleines darauf liegendes Steinchen ins Auge faßt, bemerkt

man, wie dasselbe schräg heraufgestossen wird, beim Herabrollen aber sich rechtwinklig gegen den Strand bewegt, oder in geringem Maasse dabei noch die seitliche Bewegung behält, also in beiden Fällen Wege beschreibt, welche die Form von Sägezähnen haben. Die Körnchen treten alsdann nicht auf ihre frühere Stelle zurück, sondern wandern sämmtlich längs des Strandes weiter. Dabei bleibt aber dennoch die Form des Strandes unverändert, wenn von der andern Seite in gleicher Weise immer neuer Sand hinzugeführt wird.

Auch bei dem Kies geschieht dasselbe. Das Vorgebirge Arcona auf Rügen besteht gleichfalls aus Kreide mit eingesprengten Feuersteinen. Letztere bilden wieder den Strand unmittelbar davor, südwärts geht das hohe Ufer aber bald in Thonboden über, in welchem keine Feuersteine, sondern nur einzelne Granitgeschiebe vorkommen. Nichts desto weniger besteht vor demselben der Strand zunächst noch aus den Feuerstein-Knollen. Dieselben vermengen sich aber bald mit Sand und werden immer seltner, je weiter man das Ufer verfolgt, und endlich verschwinden sie ganz. Die nordöstlichen Winde veranlassen hier den stärksten Wellenschlag und treiben den Kies von Arcona südwärts.

Die vorstehenden Erfahrungen beziehn sich allein auf den Theil des Strandes, der über Wasser tritt. Unter Wasser übt die fortschreitende Welle denselben Stofs aus, während der Widerstand der getroffenen Sandkörner oder Steine ein geringerer ist, weil beide einen grossen Theil ihres Gewichts im Wasser verloren haben. Mit Sicherheit ist also anzunehmen, dafs die Bewegungen hier noch in stärkerem Maasse und zwar in ähnlicher Art eintreten. Unmittelbar vor dem Strande kann man bei schwachem Wellenschlag dieses an den unter Wasser liegenden Sandkörnchen auch wahrnehmen, die sich bei jeder Welle auf- und ab bewegen.

Von besonderer Wichtigkeit ist in der vorliegenden Untersuchung das Verhalten der sogenannten Riffe, oder derjenigen Ablagerungen, die parallel zum Strande vor demselben sich hinziehen. Bei ihrer Ausbildung oder Umgestaltung und Bewegung erheben sie sich niemals über Wasser. Sie treten dagegen darüber hervor, wenn nach einem vorhergehenden Sturm das Wasser den niedrigen Stand wieder einnimmt. Man sieht sie alsdann

häufig unmittelbar neben dem Strand liegen, während sie früher von demselben noch weit entfernt waren. Ihre äußere und innere Böschung zeigt alsdann eine wesentliche Verschiedenheit. Jene ist eine fest abgelagerte Sandschicht, diese dagegen besteht aus Tribsand, in den man tief einsinkt. Letzterer ist also eine neue Ablagerung. Die Wellen stießen von der seeseitigen Dossirung die Körnchen hinauf und über die Krone fort, worauf sie in dem stilleren Wasser zu Boden sanken, sich aber nur lose über einander legten. Das Riff macht also dieselbe Bewegung, wie eine wandernde Düne. Die Körnchen in der Oberfläche der seeseitigen Böschung werden über die Krone auf die Binnenseite gestofsen, wo sie eine auffallend steilere Neigung annehmen. Auf dem Rücken oder der Krone des Riffs bleiben aber diese Körnchen nicht liegen, weil hier der Stofs der höher anschwellenden Welle besonders stark wird. Die Erhöhung des Riffs über eine gewisse Grenze hinaus, die unter dem dormaligen Wasserstand liegt, ist also unmöglich. Ueber die seitliche Bewegung der Sandkörnchen, wenn die Wellen das Riff schräg treffen, sind zwar keine directen Beobachtungen gemacht, doch muß solche nach den allgemeinen Gesetzen auch hier eintreten.

Diese regelmässigen Bewegungen, welche gar keine, oder doch nur eine sehr langsame Umformung des Strandess veranlassen, stellen sich nur bei gleichmässigem Wellenschlag ein. Ein solcher findet aber in voller Schärfe niemals, und bei heftigem Sturm am wenigsten statt. Schon die Bewegung der Luft ist alsdann keineswegs dauernd dieselbe. Es treten häufig besonders heftige Stöße ein, auch bemerkt man, daß die Windfahnen keineswegs anhaltend stille stehn, vielmehr nehmen sie bald diese, bald eine andere Richtung an, und auf den Wasserflächen bemerkt man sehr deutlich, daß verschiedene Wellensysteme neben einander bestehn, die mehr oder weniger ausgebildet sind, und sich durchkreuzen, ohne sich gegenseitig zu zerstören. Durch ihr Zusammentreffen geben sie zum Entstehn besonders hoher Wellen Veranlassung, wie schon § 1 erwähnt.

Unter diesen Umständen kann es nicht fehlen, daß selbst auf einem ganz regelmässig ausgebildeten und flach abfallenden Strand einzelne Stellen zuweilen besonders stark angegriffen werden und sich plötzlich vertiefen. In den meisten Fällen ver-

schwinden solche Vertiefungen bald wieder, indem die folgenden Wellen die Ausebnung veranlassen. Nicht selten dehnen sich aber diese Unregelmäßigkeiten sehr schnell weiter aus, und verursachen bei heftigem Sturm und namentlich auf einem ziemlich steil ansteigenden Strand in kürzester Zeit eine auffallende Erniedrigung desselben. Der landseitige Rand der ersten Vertiefung erhebt sich viel steiler als die umgebende Ablagerung, er wird also von der dagegen stossenden Welle stark getroffen, und das zurückfließende Wasser, das darüber herabfällt, reißt eine Masse Sand mit sich, indem es zugleich den Boden aufs Neue angreift. Der Rand weicht also zurück, und indem jede neue Welle einen gleichen Angriff ausübt, so setzt sich der Abbruch immer weiter fort. Bald hat sich in gröfserer oder geringerer Ausdehnung eine mehrere Fufs hohe Stufe gebildet, die bei der Annäherung an das Ufer auch an Tiefe zunimmt. Das Ufer, das bisher durch den hohen Strand gegen den heftigen Wellenschlag gesichert war, wird alsdann viel stärker getroffen. Indem die Zerstörung sich aber auch unter den Wasserspiegel fortsetzt, so verliert der Strand gewöhnlich nicht nur an Höhe, sondern auch an Breite, und man sieht häufig, dafs nach einem Sturm die See dem höhern Ufer viel näher gekommen ist, als sie vielleicht am vorhergehenden Tage noch war.

Aus dieser Zusammenstellung der Erscheinungen, die auf und vor dem natürlichen Strand eintreten, erklären sich die bereits erwähnten (§ 40) Zerstörungen und Beschädigungen der aus Steinschüttung bestehenden Hafendämme, die mit keiner steil ansteigenden Mauer versehen sind. Auch hier werden die grofsen Steine des Hafendamms eben so, wie die feinen Sandkörnchen des Riffs, von der äufsern Böschung über die Krone fort auf die innere geworfen, und es tritt die fortschreitende Bewegung ein. Bei dem Wellenbrecher von Plymouth, der noch durch keine Mauer gegen fernere Zerstörungen gesichert ist, zeigt sich diese Erscheinung, und so wie in Swinemünde, ist auch hier die innere Böschung weiter vorgetreten. Bei Cette füllte sich dagegen der Raum vor der Mauer mit losen Steinen an, und dieselben bildeten bis zur Krone wieder die Fortsetzung der Böschung. Auf diese werden noch jetzt Steinmassen hinaufgetrieben, die auf der innern Seite herabstürzen (§ 61).

Eine andre und noch gefährlichere Art der Zerstörung tritt bei Hafendämmen ein, wenn die Böschung nicht regelmässig geformt ist, also wenn Vertiefungen sich darin befinden, die unter Wasser sich doch kaum vermeiden lassen. Alsdann bildet sich ähnlich wie auf dem Strand eine steile Stufe, die sich schnell der Krone nähert und dabei immer tiefer wird. Die gelösten Steine werden aufwärts gestofsen und zum Theil reifst sie das zurückfließende Wasser wieder herab. Auf diese Art zeigen sich nicht selten unmittelbar neben dem über Wasser tretenden Theil der Dossirung große Vertiefungen, in welche auch die Krone herabstürzt, und wodurch, wenn nicht schleunigst neue Schüttungen bewirkt werden, ein vollständiger Durchbruch des Damms herbeigeführt werden kann. Auch diesem Uebelstand wird in hohem Grade vorgebeugt, wenn eine steile Brustmauer das Ueberwerfen der Steine verhindert oder doch wesentlich mäfsigt. Nichts desto weniger ist in dieser Beziehung dennoch stets große Aufmerksamkeit und schleunige Abhülfe beim ersten Entstehn einer solchen Vertiefung geboten.

Die vorstehende Betrachtung bezieht sich auf den einfachsten Fall, in welchem die Wellen den Damm normal treffen, also die gelösten Steine nur auf und ab, aber nicht seitwärts bewegt werden. Augenscheinlich geschieht dieses nur selten, und gewöhnlich laufen die Wellen schräg auf. In gleicher Richtung stofsen sie auch die Steine fort, und wenn diese nicht die Krone erreichen, so rollen sie auf einem andern Wege herab, oder rücken bei jeder Bewegung, die sie machen, nach Maafsgabe der Richtung der Wellen nach der einen oder der andern Seite weiter. Einen ähnlichen Erfolg kann auch eine Strömung veranlassen, wenn solche längs des Hafendamms sich hinzieht. Da diese aber wohl niemals so kräftig wird, wie der Stofs der Wellen, namentlich gegen schweres Stein-Material, so darf von ihr abgesehen werden.

Indem der Damm in das Meer hineintritt, so treffen die anlaufenden Wellen denselben in solcher Richtung, dafs sie die Steine vom Kopfe nach der Wurzel, also nach dem Ufer hin treiben. Dieses zeigte sich sehr auffällig an der Swinemünder östlichen Mole nach dem Sturm im December 1863. Auf der seeseitigen Böschung hatten sich zwei hohe Haufen von Steinen

aufgethürmt, der vordere, der dem Kopf am nächsten lag, bestand aus den größten Blöcken, während die kleineren von den schwächeren Wellen noch weiter landwärts getrieben waren und hier den zweiten Haufen bildeten.

In dieser Weise ist der Kopf einer Mole, die aus Steinschüttung besteht, am meisten der Zerstörung ausgesetzt. Derselbe wird aber auch noch in anderer Weise angegriffen. Die Wellen, die ihn seitwärts treffen, üben nämlich auch auf die davorliegende Böschung, welche die Verlängerung der Mole bildet, denselben Einfluss aus. Sie stossen die einzelnen Steine vor sich fort, entweder hinter die Mole oder in die Mündung des Hafens. Das erstere ist weniger nachtheilig, da die Steine hier der Schifffahrt nicht hinderlich sind, auch wohl bei andern Winden, die sich mehr der Richtung der Mole anschließen, wieder von den Wellen gefasst und auf die äußere Böschung geschoben werden. Wenn sie dagegen in die Mündung des Hafens kommen, wo der Wellenschlag sich mäfsigt, so bleiben sie daselbst liegen und sperren mehr oder weniger das Fahrwasser. Sie häufen sich oft in der bedenklichsten Weise an. Namentlich geschieht dieses, wenn man zur Sicherung des Kopfs die Böschung desselben immer aufs Neue durch Steinstürzungen ergänzt, also immer neue Massen derselben Bewegung aussetzt.

Es ist schon früher (§ 40) erwähnt worden, dafs die Häfen von Donaghadee und Dunmore in Irland auf diese Weise vollständig gesperrt wurden, und dafs auch in die Mündung des Swinemünder Hafens ein solches Riff von der Ostseite her sich vorschob. Auch am Kopf der Norder-Mole vor Pillau trat dieselbe Erscheinung ein.

Es ergibt sich aus Vorstehendem, dafs, wenn man durch Steinschüttung einen Hafendamm in den üblichen Dimensionen ausführen will, der gegen Zerstörungen gesichert sein soll, man die Bewegung der Steine in der Oberfläche unbedingt verhindern mufs. Dieselben müssen also durch ihr Gewicht, oder ihre Lage gegen die Einwirkung der Wellen vollständig geschützt sein.

Diese Bedingung läfst sich in zweifacher Weise erfüllen. Entweder besteht die obere Lage der Böschungen aus sehr grofsen Steinen, oder die Schüttung bleibt in einer solchen

Tiefe unter Wasser, wo die Wellenbewegung schon mäfsig wird, und aus diesem Grunde ein Forttreiben der einzelnen Blöcke nicht mehr besorgt werden darf.

Was das erste dieser beiden Mittel betrifft, so darf man die Kraft der Wellen bei heftigem Sturm nicht unterschätzen, und es sind vielmehr die bereits früher (§ 6) mitgetheilten Erfahrungen zu beachten. Obwohl der östliche Hafendamm vor Swinemünde gegen westliche Stürme geschützt ist, so sind die würfelförmig gesprengten Schwedischen Granitblöcke von 30 bis 50 Cubikfufs Inhalt dennoch bei Nordost-Stürmen auf die Krone und über dieselbe fort getrieben worden. Man darf also, wenn man in dieser Weise den Damm sichern will, nicht mehr daran denken, die Schüttung mit natürlichen Blöcken zu überdecken, da der Transport derselben, wenn sie die erforderliche Gröfse hätten, zu schwierig sein würde. Es bleibt daher nur übrig, künstliche Blöcke, und zwar möglichst nahe an der Stelle, wo sie verwendet werden sollen, anzufertigen. In Französischen Seehäfen ist dieses in neuester Zeit vielfach und meist mit gutem Erfolg geschehn, wengleich, wie schon erwähnt, dennoch dabei zuweilen Bewegungen eingetreten sind, die man für unmöglich halten möchte. Diese Ueberdeckung mufs sich soweit unter Wasser fortsetzen, als der Wellenschlag noch kräftig einwirkt. Die zu schützende Fläche wird daher um so breiter, je flacher die Dossirung ist. Es giebt aber keinen Grund, weshalb dieselbe besonders flach gehalten werden sollte. Mögen die einzelnen Steine gröfsere oder geringere Dimensionen haben, so setzen sie dem Stofs der Wellen einen um so bedeutendern Widerstand entgegen, je steiler die Fläche ist, auf der sie ruhn und die sie zunächst ersteigen müssen. Es genügt daher, die Böschung nur etwas flacher zu halten, als diejenige Neigung ist, wobei die Schüttung in ruhigem Wasser noch steht. Eine zweifache Anlage ist unter allen Verhältnissen als genügend anzusehn und selbst die $1\frac{1}{2}$ - und sogar die $1\frac{1}{4}$ fache hat man oft gewählt und ausreichend befunden.

Die Ueberdeckung wird selbst an kleineren Meeren, wie an der Ostsee, noch bis etwa 8 Fufs unter Wasser fortzusetzen sein, und mufs sich über den ganzen darüber befindlichen Theil der äufsern Böschung, und selbst über die Krone erstrecken. Sie

läßt sich indessen auf der letztern und im obern Theil der Böschung sehr vortheilhaft durch Uebermauerung ersetzen. Es kommt nämlich nur darauf an, große Massen darzustellen, die dem Stofs der Wellen den nöthigen Widerstand entgegensetzen, und diesen Zweck erfüllt sehr vollständig eine Uebermauerung aus Bruchsteinen, die in gehörigem Verbands und in schnell erhärtendem hydraulischen Mörtel versetzt sind. Auf der Steinschüttung des Wellenbrechers bei Cherbourg ist dieses mit sehr günstigem Erfolg geschehn, wiewohl das Mauerwerk nur bei Niedrigwasser ausgeführt werden konnte, und jeder Theil desselben unmittelbar nach seiner Darstellung von der Fluth bedeckt wurde. Auch in unsern Häfen haben solche Uebermauerungen sich unversehrt erhalten. Die Kosten dafür stellten sich aber niedriger heraus, als wenn in der bisher üblichen Art die großen Schwedischen Granitblöcke zur Abpflasterung verwendet wurden.

Eine wesentliche Bedingung für das Gelingen solcher Uebermauerung bezieht sich darauf, daß die darunter befindliche Steinschüttung fest abgelagert ist und sich nicht mehr bewegt oder nachsinkt. Man darf daher die Uebermauerung nicht sogleich vornehmen, wenn aber vollends der Kern des Damms aus Senkstücken besteht, setzen sich die Versackungen eine Reihe von Jahrzehnten hindurch fort, und das Aufbrechen der gemauerten Decke läßt sich dabei nicht vermeiden. Hiervon abgesehen, wird zuweilen noch später der Eintritt einer Bewegung dadurch veranlaßt, daß die tiefer liegenden Theile der Böschungen zerstört werden, und die Steine, welche die Uebermauerung tragen, herabstürzen. Dieses kann theils durch Strömung und theils durch Wellenschlag verursacht werden. Wenn die Strömung vor dem Fuß der Böschung eine Vertiefung erzeugt, wobei der untere Theil der Schüttung herabstürzt, so muß man durch neue Schüttungen der Gefahr begegnen. Solche Strömungen pflegen vorzugsweise an der Hafenseite einzutreten, während sie an der Seeseite, mit Ausschluss des Kopfs, weniger von Bedeutung sind. Als der Swinemünder Hafen ausgebaut wurde, hatte das Fahrwasser, das sich unmittelbar neben der östlichen Mole hinzieht, nicht entfernt die Tiefe, welche es gegenwärtig angenommen hat. Nichts desto weniger ist der Damm auf dieser Seite niemals bedroht worden, weil die von der andern Böschung gelösten und

hinübergeworfenen Steine schon ohne weiteres Zuthun die Schüttung überreich schützten.

Durch die erwähnte Ueberdeckung der seeseitigen Böschungen mit grossen künstlichen Blöcken wird die aus kleinern Steinen bestehende Schüttung vollständig gesichert, und auf diese Art jede Bewegung verhindert, wobei die Uebermauerung zerbrechen könnte. Nach der frühern, bei uns üblichen Methode, die auch auf dem Wellenbrecher vor Plymouth Anwendung findet, bemüht man sich, die Krone, wie die Böschungen über Wasser mit grossen Steinen regelmäfsig ab zu pflastern. Man verwendet dazu Granitblöcke, die 2 bis 3 Fufs hoch sind, sich möglichst berühren und eine ebene Oberfläche darstellen. Die Fugen werden gewöhnlich verzwickt, auch wohl mit Mörtel verstrichen, und wenn sie zufällig weiter sind, mit Béton angefüllt. Die Decke scheint zwar in dieser Weise vollständig gesichert zu sein, nichts desto weniger brechen aber die Fugen sehr häufig wieder auf, es treten Sackungen ein, und nicht selten werden einzelne Steine von den Wellen aufgehoben, und selbst gröfsere Strecken des Pflasters zerstört. Es ist leicht zu erkennen, dafs die gegenseitige Verbindung dieser Steine keine innige, vielmehr nur eine sehr lockere ist, und keineswegs derjenigen gleich kommt, welche man durch Uebermauerung mit kleinern, lagerhaften Steinen darstellen kann. Der gröfste Uebelstand bei solchem Pflaster ist aber der Mangel einer sichern Unterstützung an dem äufsern Rande. Ueber Wasser und selbst 1 Fufs darunter kann man die grossen Steine noch versetzen, aber in gröfserer Tiefe können sie sich nur gegen die angeschütteten Steine lehnen, und sobald diese fortgetrieben werden, so fallen sie auch herab, oder sind auf ihrer ganzen Höhe dem Stofs der Wellen ausgesetzt.

Hierzu kommt noch, dafs man gemeinhin zu viel Gewicht auf die Darstellung einer möglichst ebenen und regelmäfsigen Oberfläche legt. Um den Stein mit einer besonders ebenen Seitenfläche in diejenige Höhe zu bringen, welche die Chablone angiebt, wird nicht etwa ein Lager gebildet, welches sich der untern Fläche genau anschliesst, was auch sehr mühsam und meist unmöglich sein würde, vielmehr unterstützt man den Block durch einzelne untergeschobene Steinchen, so dafs seine Oberfläche sich allerdings dem Profil des Damms gut anschliesst,

er jedoch keineswegs sicher liegt, vielmehr nur auf einzelnen Punkten aufsteht, und unter ihm weite Räume geöffnet bleiben. Wenn nunmehr auf der Seeseite die Böschung angegriffen wird, so dringt bei jeder Welle das Wasser bis unter die Krone ein, und indem es aus- und einströmt, reißt es leicht die schwachen Stützen mit sich, und die künstlich dargestellte Regelmäßigkeit verschwindet oft während des ersten Sturms. Das eindringende Wasser kann aber auch gegen die untere Seite dieses Steins einen so starken Druck ausüben, daß derselbe ausgehoben und fortgeschleudert wird. Fälle dieser Art sind in unsern Molen wiederholentlich vorgekommen. Wenn es die Aufgabe ist, mit gesprengten Steinen einen Hafendamm abzupflastern, so wird für die Erhaltung desselben viel vollständiger gesorgt, wenn man bei jedem Stein eine ebene Seitenfläche zur Basis wählt, weil für diese ein schließendes Lager sich leicht bilden läßt. Die Oberfläche der Krone wird dabei freilich unregelmäßiger, doch ist dieser Umstand von wenig Bedeutung, und in gleichem Maas tritt er auch ein, wenn die Steine zwar nach jener Art versetzt wurden, aber später ungleichmäßig herabgesunken sind. Das Auszwicken und Verfüllen der Fugen mit Kies ist ganz nutzlos, es trägt zur Sicherung des Pflasters nichts bei, und nach dem ersten Wellenschlag sind die Fugen wieder geöffnet, so daß keine Spur dieser Arbeit bemerkbar bleibt. Streicht man aber Béton oder hydraulischen Mörtel in die Fugen, so ist derselbe zwar haltbarer, doch brechen die Fugen leicht auf, und das ungleichmäßige Sacken der einzelnen Steine wird dadurch nicht verhindert. Jedenfalls hat die bereits erwähnte Uebermauerung in kleinern und lagerhaften Bruchsteinen, wozu man auch sehr vortheilhaft gespaltene Granite benutzen kann, große Vorzüge vor solchem Pflaster. Sie bildet, wenn sie etwa 2 Fuß stark ist, eine feste Decke, aus der sich einzelne Steine nicht lösen, wenn die Decke auch in Folge des ungleichen Setzens der Unterlage brechen sollte. Außerdem ist ihre Oberfläche eben, man kann also bequem darauf gehn, und endlich ist sie wohlfeiler, weil die sehr großen, und meist nur aus weiter Ferne zu beziehenden Pflastersteine dabei entbehrt werden.

Am meisten wird das Pflaster oder die Uebermauerung in ihrem äußern Rande bedroht, und die Beschädigungen entstehn

hier dadurch, daß in der Steinschüttung, welche die anschließende Dossirung bildet, Vertiefungen sich zeigen, wodurch theils die sichere Unterstützung oder das Widerlager für den obern Theil der Böschung verschwindet, theils aber auch die Füllsteine, auf denen die Decke ruht, in Bewegung kommen, während zugleich den Wellen ein freier Zutritt unter diese Decke eröffnet wird. Wenn die Dossirung nicht durch schwere Blöcke geschützt ist, so wirft die Welle die Steine auf die Krone des Damms oder seitwärts, und ihr Angriff verstärkt sich immer mehr, je tiefer der Einriß geworden ist. In dem daneben befindlichen Pflaster öffnen sich alsdann die Fugen, die Oberfläche wird immer unregelmäßiger, und bald stürzen die nächsten Pflastersteine in die Tiefe hinab, oder werden von den Wellen gefaßt und auf die Krone oder darüber getrieben.

Um diesen Zerstörungen vorzubeugen, hatte man sowohl auf dem Wellenbrecher vor Plymouth wie auch auf den Swinemünder Molen die abgeplasterte Decke mit großen Werkstücken umgeben, die unter einander verdübelt waren. Der Erfolg entsprach aber nicht den Erwartungen. Sobald die davor liegende Steinschüttung angegriffen war, zerbrachen oder lösten sich die Dübel beim Gegenstoßen der Wellen, und die einzelnen Steine wurden wieder fortgetrieben.

Ein andres Mittel, das beim Beginn des Baues der Südermole vor Pillau in Anwendung kam, hatte Anfangs einen sehr günstigen Erfolg. Das Pflaster wurde nämlich mit Caisson-Pfählen (§ 21) umgeben. Dieselben standen in der Höhe des Wasserstandes und ragten über diesen nur wenige Zolle vor. Sie hatten die geringe Länge von 6 Fuß und waren in das obere Senkstück oder die Faschinen-Packung eingerammt. Sobald also diese sich stärker comprimierten, so sanken sie mit denselben unter das Wasser hinab, und konnten bei den später nöthig werdenden Erhöhungen und Umpflasterungen des Damms nicht mehr als Widerlager des Pflasters dienen.

Am sichersten ist ohne Zweifel die Ueberdeckung der Dossirung unter Wasser mit sehr großen, und zwar künstlichen Blöcken, wie in neuerer Zeit ziemlich allgemein geschieht. Das Gewicht derselben muß aber so bedeutend sein, daß sie vom Wellenschlag nicht in Bewegung gesetzt werden. Wenn

dagegen ihre aus kleinern Steinen bestehende Unterlage angegriffen und fortgespült wird, so sinken sie von selbst herab und gewähren dadurch der bedrohten Stelle einen sichern Schutz. Zur dauernden Unterhaltung des Damms genügt es also, daß man auf der Krone, oder noch besser auf einem besondern Banket, so oft Gefahr besorgt werden kann, neue Blöcke formt und von hier herabstürzt. Von ihrer ganz geregelten und profilmäßigen Ablagerung muß man absehn. Eine solche ist auch ohne wirklichen Nutzen, denn es kommt nur darauf an, daß die Blöcke an den Stellen versinken, wo die Böschung bedroht wird. Eben so wenig ist es auch nöthig, daß sie sich überall unmittelbar berühren und die Schüttsteine vollständig überdecken, weil in den tiefen Fugen zwischen ihnen die Kraft der Wellen sich so mächtig, daß die daselbst frei liegenden Füllsteine nicht mehr dem starken Angriff ausgesetzt sind.

Es ist oben erwähnt worden, daß die Steinschüttung noch in andrer Weise gesichert werden kann, nämlich dadurch, daß sie hinreichend tief unter Wasser bleibt, also von der stärkern Wellenbewegung nicht getroffen wird. In diesem Fall kann sie indessen die Zwecke eines Hafendamms nicht erfüllen, sie muß daher noch mit einem Ueberbau versehen werden, und zwar empfiehlt es sich vorzugsweise, eine Mauer darauf zu stellen, wovon bereits die Rede war.

Es bleibt noch die Frage zu beantworten, die besonders für unsere Ostsee-Häfen von großer Wichtigkeit ist, in welcher Weise ein Hafendamm, der aus einer Steinschüttung besteht, oder dessen innern Kern eine solche umschließt, gegen fernere Zerstörungen gesichert werden kann. Aus den frühern Mittheilungen ergiebt sich, daß man diese Aufgabe in verschiedenen Fällen bereits gelöst hat, und dabei zu günstigen Resultaten gekommen ist, die jedoch nur befriedigen, wenn die Sicherheits-Maßregeln eine große Ausdehnung gewinnen, aber selbst alsdann gestalten sich die Verhältnisse nicht so vortheilhaft, als wenn man gleich Anfangs eine passendere Anordnung getroffen hätte. Das in Boulogne gewählte Verfahren, wobei die Krone, so wie die innere Böschung und ein Theil der äußern mit Bohlen verkleidet wurden (§ 59), kann nicht zur Nachahmung empfohlen werden. Es ist nicht nur überaus kostbar und stellt

fortwährende und zwar sehr bedeutende Reparaturen in Aussicht, sondern es ist sogar, wenn nicht ein starker Fluthwechsel stattfindet, unausführbar.

Von wesentlichem Nutzen ist dagegen eine Brustmauer, die man, sobald die Schüttung sich gehörig gesetzt hat, auf die Dammkrone in der Art stellt, daß ihre äußere senkrechte oder nahe senkrechte Fläche in sanfter Krümmung sich an die seeseitige Böschung anschließt. Die dagegen tretenden Wellen werden alsdann abgehalten, in den Hafen überzuschlagen, und ihre unmittelbare Einwirkung auf die Krone hört auf. Indem aber das Wasser die aufwärts gerichtete Bewegung annimmt, so hat es meist nicht mehr die Kraft, größere Steine mit sich zu reißen, und dieselben über die Mauer fort auf den Damm, oder über diesen hinaus in den Hafen zu werfen. Allerdings wird dieses selbst bei höhern Mauern nicht ganz verhindert, wie die Erfahrungen in Cherbourg und Cette gezeigt haben. Auch bei Swinemünde geschieht dieses zuweilen, doch vergleichungsweise gegen den frühern Zustand nur so selten, daß man sagen kann, das Uebertreten der Steine hat beinahe ganz aufgehört. Dieselben bleiben also vor der Mauer liegen, und wenn sie sich stark ansammeln, also eine steilere Böschung annehmen, so rollen sie von selbst wieder in die See hinab. Es kann freilich geschehn, daß sie unter Annahme einer etwas steileren Böschung die Krone der Mauer erreichen und alsdann wieder über dieselbe fortgetrieben werden. Dieses läßt sich indessen verhindern, wenn man die Schüttung mit recht großen Steinen oder mit Bétonblöcken überdeckt, was schon nöthig ist, um das starke Vertreiben zur Seite des Damms in der Richtung nach dem Ufer zu unterbrechen, wobei leicht die Böschung stellenweise so angegriffen wird, daß die Mauer in Gefahr kommt. Bei gehöriger Aufmerksamkeit und bei rechtzeitiger Verstärkung von neuen Bétonblöcken kann man den Damm wohl jedesmal gegen Angriffe der See sichern, für den Kopf sind aber diese Maafsregeln nicht genügend.

Die hier befindliche Steinschüttung wird bei starkem Wellenschlag nicht nur hinter den Damm, sondern oft auch in die Hafenumündung geworfen, so daß sich daselbst vollständige Steinriffe bilden. Eine Ueberdeckung der Steinschüttung mit Béton-

blöcken verbietet sich aber hier dadurch, daß diese von den einkommenden Schiffen berührt werden würden und zu schweren Havarien Veranlassung geben könnten. Der Kopf der Mole muß aus derjenigen Tiefe, welche der Schifffahrt entspricht, steil ansteigen. Bei solchen aus Steinschüttung gebildeten, oder damit überdeckten Molen, bleibt also nur übrig, sie über den Fuß der Böschung hinaus zu verlängern, und sie mit einem neuen und passend geformten Kopf zu versehen. Dieses ist, wie bereits erwähnt, sowohl in Swinemünde als auch in Stolpmünde dadurch geschehn, daß die Köpfe in Holzwände eingeschlossen wurden, wobei also freie Steinschüttungen ganz vermieden werden. Verbieten indessen besondere Local-Verhältnisse, wie etwa das Vorkommen des Bohrwurms die Anwendung des Holzes, so bleibt nur übrig, wie in Englischen Häfen mehrfach geschehn, die Köpfe aus hinreichender Tiefe massiv aufzuführen und zugleich dafür zu sorgen, daß die Steinschüttung, die seeseitig bis zum Kopf sich erstreckt, nicht etwa über diesen hinaus vertrieben wird.

Es bleibt noch die Frage zu beantworten, welche Dimensionen die zur Schüttung benutzten Steine haben sollen. Je größer der einzelne Stein ist, um so weniger wird er von den Wellen bewegt, und wenn er bei der spätern Ueberdeckung durch andre Steine dem Angriff der Wellen auch vollständig entzogen wird, so ist er doch beim Herabstürzen weniger der Gefahr ausgesetzt, fortzutreiben. Es kann aber auch geschehn, daß er seine Ueberdeckung wieder verliert und aufs Neue von den Wellen getroffen wird. Diese Gründe waren Veranlassung, daß man in früherer Zeit sich immer bemühte, möglichst große Steine ausschließlichs zu verwenden.

Solche Steine lassen indessen sehr große Räume zwischen sich frei, die etwa 30 Procent des ganzen verschütteten Raums betragen. Eine große Masse feineren Materials könnte diese Zwischenräume füllen, und die ganze Ablagerung würde dadurch fester werden, und weniger den Beschädigungen durch das heftig hin und her strömende Wasser ausgesetzt sein. Wollte man jedoch kleinere Steine gleichzeitig dazwischen werfen, so könnte es leicht geschehn, daß diese die unmittelbare Berührung der größeren verhindern, also stellenweise zur Bildung von noch aus-

gedehnteren leeren Räumen Veranlassung geben. Die Verschiedenheit des Materials läßt daher keine dichtere Ablagerung erwarten, so lange nicht fernere Bewegungen eintreten. Auch von einer nachträglichen Ueberschüttung mit kleinen Steinen darf man sich keinen Vortheil versprechen, weil diese zunächst dem vollen Angriff der Wellen ausgesetzt sind, und wenn sie auch von dem eindringenden Wasser in die nächsten leeren Räume hineingespült werden, doch eben so leicht auch wieder aus diesen heraustreiben.

In Folge dieser Auffassung wurde für den Wellenbrecher bei Plymouth die Bedingung gestellt, daß kein Stein zur Schüttung verwendet werden dürfe, dessen Gewicht nicht wenigstens $1\frac{1}{2}$ Ton betrug. Der Inhalt durfte also nicht geringer, als 23 Englische oder 21 Rheinländische Cubik-Fufs sein. In ähnlicher Art, jedoch unter Festsetzung von mäfsigeren Dimensionen, war bei dem Cherbourger Damm verfahren, und in beiden Fällen steigerten sich hierdurch die Kosten der Anlage in hohem Grade, weil eine sehr bedeutende Masse feinern Materials in den Steinbrüchen gewonnen wurde, das man nicht benutzen konnte, und dessen Beseitigung sogar neue Kosten veranlafste. Auch bei unsern Hafenbauten galt früher die Bedingung, daß kein Stein unter 5 Cubik-fufs Inhalt zur Darstellung der Krone oder der Dossirungen verwendet werden dürfe. Soweit diese Steine über Wasser aufgebracht, also nicht sowohl angeschüttet, als aufgepackt wurden, so liefsen sich grofse leere Räume dazwischen leicht vermeiden.

Bei den neueren Hafenbauten in England ist man von dieser Ansicht zurückgekommen, und namentlich hat Rendel sowohl bei Holyhead, wie bei Portland, das sämmtliche beim Sprengen gewonnene Material, also nicht nur kleinere Steine, sondern selbst die feinen Splitter, zur Schüttung benutzt. Er beobachtete dabei indessen die Vorsicht, daß die verschiedenen Massen in mäfsigen Schichten übereinander geworfen wurden, und daß nicht sogleich eine weitere Aufschüttung erfolgte, vielmehr der Wellenschlag darauf zunächst einwirken mußte, damit die gröfsern Steine in das feinere Material eindringen möchten.

Die Verwendung verschiedenartigen Materials bei Schüttungen in offener See dürfte sich auch dadurch rechtfertigen, daß die

Steine nicht in der Art sich ablagern und liegen bleiben, wie dieses im stehenden Wasser der Fall ist. Der Wellenschlag verursacht nämlich starke Bewegungen und Erschütterungen, und bildet eine mehr geschlossene Ablagerung in derselben Weise, als wenn man ein im untern Theil mit Kies und oben mit Sand gefülltes Gefäß wiederholentlich stark niederstößt, wobei die Oberfläche der Füllung sich merklich senkt, also die ursprünglich leeren Räume sich mit den feinem Körnchen ausfüllen. Der Ingenieur Coode erklärte in den vom Parlamente angeordneten Vernehmungen wiederholentlich, daß die Beschädigungen des Wellenbrechers bei Plymouth zum Theil davon herrühren, daß man hier nur große Steine verwendet hatte, die sich gegenseitig nur in einzelnen Punkten berührten, also leicht in Bewegung gesetzt wurden.

Bei Erbauung des Hafendamms von Marseille ging man von einem andern, wesentlich verschiedenen Grundsatz aus, obwohl auch hier das in den Steinbrüchen gewonnene Material beinahe vollständig zur Verwendung kam. Nur die kleinern Stücke bis zu 10 Cubikzoll Inhalt wurden anderweit, nämlich zur Fabrikation des Bétons benutzt. Aus denjenigen Steinchen, welche 0,05 bis 1 Cubikfuß hielten, wurde der innere Kern des Damms aufgeschüttet. Denselben umgab eine Schicht, welche Steine von 1 bis 16 Cubikfuß enthielt, und diese wieder eine andre von 16 bis 50 Cubikfuß. Letztere wurde aber mit Steinen von 50 bis 100 Cubikfuß und auf der Seeseite mit den noch viel größeren Béton-Blöcken überdeckt. Fig. 167 deutet diese verschiedenen Schüttungen an.

Unfehlbar wurde hierdurch der Vortheil erreicht, daß der eigentliche Kern des Damms sich geschlossen ablagerte, also selbst bei starkem Wellenschlag die Bewegung des Wassers durch ihn unterbrochen wurde. Da jedoch dieser Kern den Wasserspiegel nicht erreicht, so ist die Durchströmung des Damms hierdurch nicht vollständig verhindert. Wie sehr aber eine solche nachtheilig werden kann, ergab sich bei la Ciotat, woselbst das Wasser durch die grobe Schüttung von der Seeseite her in den Damm so heftig eindrang, daß sie wiederholentlich die Abpflasterung der Krone und die Mauer an der Hafenseite durchbrach, und man sich schließlichs gezwungen sah, letztere mit weiten Oeff-

nungen zu versehn, um dem Wasser einen freien Abfluss zu eröffnen.

Unter den Hafendämmen, die nur aus Steinschüttungen bestehen, ist der Wellenbrecher vor Plymouth der wichtigste. In der Bucht, die er schützt, sind alle Anstalten zum Neubau, wie zur Reparatur, zur Ausrüstung und zur Stationirung von Kriegsschiffen vereinigt. Hier befindet sich der Haupt-Kriegshafen von England. Diese Bucht war jedoch bei südwestlichen Winden einem starken Wellenschlag ausgesetzt, indem alsdann die Wellen aus dem Atlantischen Ocean ungeschwächt einliefen, und beim Eintritt in die trichterförmig verengte Mündung sogar an Heftigkeit zunahmen. Eine Sicherung der hier liegenden Schiffe war daher dringend geboten, und schon im vorigen Jahrhundert wurde ernstlich daran gedacht, einen Wellenbrecher zu erbauen. Im Anfange dieses Jahrhunderts lagen der Englischen Regierung verschiedene Projecte eines solchen Baues vor, worunter einige sich schon auf schwimmende Wellenbrecher bezogen. Der Plan des älteren Rennie wurde im Jahre 1811, vielleicht mit einigen Aenderungen, angenommen. Derselbe war sehr genau dem Cherbourger Wellenbrecher nachgebildet, und zeigte dasselbe Querprofil, das dieser angenommen hatte, nachdem die Kegel mit Steinen überschüttet waren, und von dem man voraussetzte, dafs es keinen weiteren Veränderungen unterworfen sei.

Der Damm besteht nach diesem Project aus einem mittleren Theil und zwei Flügeln. Der erste ist sehr nahe von Westen nach Osten gerichtet, und 242 Ruthen lang, die beiden Flügel, von denen jeder 85 Ruthen misst, neigen sich gegen die Richtung des mittleren Theils um 20 Grade nordwärts. Die Tiefe, in welcher der Damm erbaut wurde, betrug durchschnittlich beim niedrigsten Wasser etwa 40 Fufs. An beiden Seiten des Damms befinden sich die Einfahrten nach der Bucht. Die westliche ist zunächst dem Kopf des Wellenbrechers beim niedrigsten Wasser 7 Faden tief, die Tiefe von 5 Faden oder darüber findet sich jedoch in der Breite von etwa 250 Ruthen vor. Die östliche Mündung ist weniger geöffnet. Ihre Tiefe misst in einer Breite von 140 Ruthen 5 Faden und daneben ist sie noch geringer. Abgesehn von den verschiedenen Buchten, die sich zum Theil weit in das Binnenland hineinziehn und gleichfalls grofse Tiefen

haben, wird eine Wasserfläche von nahe 500 Morgen, die bei den niedrigsten Ebben mindestens noch 5 Faden tief ist, durch den Wellenbrecher geschützt.

Die Ausführung wurde 1812 begonnen. Ein Querprofil des Damms theilt John Rennie in der sehr ausführlichen Beschreibung dieses Baues *) nicht mit. Man wollte früher behufs einer vollständigeren Abhaltung der Wellen, vor die östliche Mündung vom Ufer aus, bei Howkens Point, noch einen andern Damm erbauen, der sich in südlicher Richtung dem Kopf des Wellenbrechers bis auf 150 Ruthen nähern sollte. Dieser Damm ist nicht zur Ausführung gekommen.

Zur Schüttung wurde theils der in der nächsten Umgebung brechende feste Kalkstein, und theils ein rother Sandstein von Catwater benutzt. Jeder zu versenkende Stein sollte mindestens $1\frac{1}{2}$ Ton wiegen. Man rechnet gewöhnlich, dafs 1 Ton $15\frac{1}{2}$ Englische oder etwa 14 Rheinländische Cubikfufs enthält. Diese Steine lassen zwischen sich sehr grofse Räume frei, die nach Rennie 37 Procent des verfüllten Raums einnehmen. Ueber die Art der Versenkung wird im Folgenden die Rede sein. Im ersten Jahr mußte man sich vorzugsweise auf die Vorbereitungen zum Bau beschränken, dagegen wurden von 1813 bis 1832 durchschnittlich in jedem Jahr nahe 18 000 Schachtruthen volle Steinmasse verstürzt, die grölste Thätigkeit fand 1821 statt, in welchem Jahr 40 000 Schachtruthen zur Verwendung kamen.

Es traten bald sehr ausgedehnte Zerstörungen ein, namentlich 1817 und 1824 wurde die Krone ganz durchbrochen, während dieselbe zugleich durchschnittlich etwa 36 Fufs nach Norden rückte. Die äufsere Böschung, die ursprünglich dreifache Anlage erhalten hatte, war um Vieles flacher geworden. 1825 wurde nach Maafsgabe dieser Veränderungen ein andres Profil gewählt, nämlich dasjenige, welches Fig. 170 in den punktirten Linien angegeben ist. Seit dieser Zeit wurde auch die Oberfläche des Damms mit grofsen behauenen Steinen abgepflastert, die bald darauf noch durch Cementmörtel mit einander verbunden, und auf der Seeseite unter Niedrigwasser der Springfluthen mit ver-

*) An historical, practical and theoretical account of the breakwater in Plymouth sound. London 1848.

dübelten Quadern umschlossen wurden. Dieser Vorsicht unerachtet haben die Bewegungen dennoch nicht aufgehört, wie das in derselben Figur ausgezeichnete Profil nachweist. Dieses stellt die Form des Damms im Jahre 1859 dar, und ist nach einer Zeichnung copirt, die den Vernehmungen der vom Parlamente niedergesetzten Commission aus demselben Jahr beigefügt war. In einer andern Vernehmung, von 1860, sagt Claxton aus, dafs man gegenwärtig eine starke Kette über die Krone gespannt habe, die bei jedem Sturm 50 bis 60 Steine auffängt, deren jeder 12 bis 14 Tons wiegt, also 150 bis 200 Cubikfufs enthält.

Es mufs noch erwähnt werden, dafs auf dem westlichen Kopf des Wellenbrechers ein Leuchtturm, auf dem östlichen aber eine hohe Baake steht. Der ganze Damm hatte bis 1848 ein und eine halbe Million Pfund Sterling gekostet. In der dahinter belegenen Bucht hat man seit dem Beginn des Baues keine Verflachungen wahrgenommen. Solche waren auch nicht zu besorgen, da das Wasser hier überaus rein ist.

Sehr wichtig sind die an den Hafendämmen bei Swinemünde, und namentlich die an dem östlichen gemachten Erfahrungen, der bei Nordost-Stürmen dem vollen Wellenschlag der See ausgesetzt ist (Vergl. die Situations-Zeichnung auf Taf. XVI). Der Kern dieses Damms besteht freilich aus Senkstücken, da dieselben jedoch mit einer starken Lage gröfserer Steine überall und namentlich in der Krone überdeckt sind, so blieb diese Verschiedenheit ohne weitem Einflufs, als dafs sie ein stärkeres Sacken veranlafste.

Fig. 171 auf Taf. XXXIV zeigt ein im Jahr 1858 aufgenommenes Querprofil, und zwar befand sich dasselbe in der Nähe des frühern Kopfs zwischen den beiden äufsersten Landebrücken. Die punktirte Linie bezeichnet dasjenige Profil, welches der Mole an derselben Stelle ursprünglich gegeben war. Bei der Compression der verschiedenen über einander liegenden Senkstücke ist die Krone bedeutend tiefer herabgesunken, als die Figur angiebt. Die vielfachen Beschädigungen des Pflasters machten nämlich wiederholentlich Instandsetzungen nothwendig, und dabei wurde jedesmal die Schüttung verstärkt, und die ursprüngliche Kronenhöhe wieder hergestellt. Eine wesentliche Aenderung des Profils trat noch insofern ein, als die von der äufsern Seite oder

von der Krone hinübergeworfenen Steine an der Hafenseite ein breites Banket bildeten, das Anfangs nicht existirte. Soweit diese Steine noch leicht zu fassen waren, hat man sie bei spätern Reparaturen und zu andern Zwecken wieder verwendet, woher die Ablagerung sich nicht bis über das Wasser erhebt. Es muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß auch im Wellenbrecher vor Plymouth (Fig. 170) ein solches Banket an der innern Seite aus den hinüber geworfenen Steinen gleichfalls entstanden ist.

Der Bau der Swinemünder Ostmole war 1829 beendet. Sieben Jahre später wurde sie sehr stark beschädigt, und noch vor ihrer vollständigen Ausbesserung erlitt sie bei einem heftigen Nordost-Sturm am 7. April 1837 aufs Neue die ausgedehntesten Zerstörungen. Von der Krone waren an vielen Stellen nicht nur die großen Deck- oder Pflastersteine, sondern auch die gesammte Steinpackung bis zu der Faschinenbettung fortgerissen, und die Steine lagen in hohen Haufen auf der innern Dossirung. Vorzugsweise hatte die Mole in der Nähe des Kopfs gelitten, und indem das Pflaster hier verschwand, so kam auch der kleine Leuchthurm oder die Leuchtbaake daselbst in große Gefahr. Diese stand auf einem Pfahlrost, und der kegelförmige Unterbau, der zugleich den kleinen und dunkeln Raum umschloß, worin der Wärter sich in der Nacht und bei heftigen Stürmen sogar mehrere Tage hindurch aufhalten mußte, wenn die Mole nicht betreten werden konnte, bestand aus einer starken Quader-Mauer. Auf dieser ruhte die eiserne, mit Bohlen verkleidete Baake, welche die Laterne trug. Das Licht, das später roth gefärbt ist, brannte 38 Fuß über dem mittleren Spiegel der See. Indem dieser Bau nach der Zerstörung der Dammkrone damals ganz isolirt stand, so hatten beim Gegenschlagen der Wellen und der ausgewaschenen Steine die Fugen der Mauer sich weit geöffnet, doch war kein Quader herausgerissen.

In der Krone und auf den beiderseitigen Böschungen mußten hierauf 471 Quadratruthen nicht nur umgepflastert, sondern auch mit Steinen und Kies ausgepackt werden, die Faschinen-Packung lag damals $1\frac{1}{2}$ unter dem mittlern Wasserstande. Dem Kopf des Damms gab man aber bei dieser Gelegenheit sogar eine achtfüßige Dossirung und pflasterte ihn mit möglichst großen roh bearbeiteten Granit-Quadern ab.

Jene Gurtungen verdübelter Steine, von denen § 40 die Rede war, hatte man schon früher versucht, und nunmehr wurden neben einander zwei Reihen derselben an den vordern Theil der Mole, und zwar auf der äufsern Dossirung, in der Höhe des Wasserspiegels versenkt. Die Verbindung bestand in der obern Reihe aus eisernen Dübeln von $1\frac{1}{4}$ Zoll Stärke und in der untern aus hölzernen 6zölligen Dübeln. Ausserdem führte man in Abständen von 6 Ruthen noch Reihen solcher verdübelten Quader über die Dossirung bis zur Krone hinauf. Auch wurden seit jener Zeit gröfsere Steine zur Ueberdeckung verwendet.

Es zeigte sich indessen, dafs durch diese Sicherung-Maafsregeln der Damm keineswegs genügend geschützt sei. Bei Nordost-Stürmen trieben die Steine nach wie vor hinüber und selbst die grofsen Schwedischen Granite bis von 50 Cubikfufs bewegten sich in dieser Art. Jene verdübelten Steinreihen erwiesen sich aber als ganz unhaltbar, da ihre Verbindung beim Gegenschlagen der Wellen sich bald löste. Später wurden sogar Cementblöcke von einer halben Schachtruthe Inhalt von der äufsern Dossirung in den Hafen geworfen. Besonders starke Beschädigungen traten bei dem Sturm im December 1863 ein, und wenn auch kein vollständiger Durchbruch damals entstand, so hatten sich doch in der Nähe des Kopfs Löcher von 1 Quadratruthe Fläche und bis 6 Fufs Tiefe gebildet, aus welchen die grofsen wie die kleinen Steine fortgetrieben waren.

Um ähnliche Zerstörungen in Zukunft zu verhindern, wurde nunmehr auch die Swinemünder Ostmole, wie bei Stolpmünde bereits begonnen war, der ganzen Länge nach mit einer Brustmauer an der Seeseite versehen. Fig. *M* auf Taf. XXXIII. b zeigt das Querprofil nebst der Brustmauer, welches vom Jahr 1865 ab dieser Mole gegeben wurde. Die Brustmauer erhebt sich 10 Fufs über den mittlern Wasserstand und schliesst sich durch eine cylindrische Fläche von $4\frac{1}{2}$ Fufs Radius an die seeseitige Dossirung an. Sie ist aus kleinern gesprengten Granitstücken ausgeführt, reicht indessen nur in dem Fall bis zum Wasserspiegel herab, wenn die alte Schüttung darunter fehlte, oder nur aus kleinen lose abgelagerten Steinen bestand. Fanden sich dagegen im Zuge der Mauer grofse und geschlossen lagernde Steine vor, wie meist geschah, so wurden solche keineswegs beseitigt,

sondern die Mauer darauf gestellt. Die sonstigen in neuerer Zeit für die Erhaltung dieses Damms getroffenen Maafsregeln sind bereits § 58 bezeichnet.

Die Erfolge dieser Ausführungen haben sich sehr befriedigend herausgestellt. Zunächst ist der Wellenschlag im Hafen viel mäßiger geworden. Man merkt doch jetzt, dafs man im Hafen ist, wenn man im Sturm einkommt, sagte ein bewährter Seemann. Ausserdem haben die Zerstörungen des Damms seitdem aufgehört, wenn kleinere Beschädigungen auch noch vorkommen. Einzelne Steine von einigen Cubikfuß Inhalt werden bei heftigen Stürmen auch noch über die Mauer geschleudert. Aus den obern Schichten der Brustmauer wurden bald nach Ausführung derselben Stücke ausgebrochen, was wahrscheinlich seinen Grund in der fehlerhaften Ausführung hatte, indem mehr Aufmerksamkeit auf das äufsere Ansehn, als auf den Verband verwendet war. Vorzugsweise ist aber die äufsere Dossirung noch immer stellenweise bedroht, und wenn die Steine auch nicht leicht über den Damm geworfen werden, so treiben sie doch längs desselben dem Ufer zu, und bei dieser Bewegung kann es leicht geschehn, dafs die Mauer stellenweise ihre Unterstützung verliert. Es ist daher nothwendig, hierauf aufmerksam zu bleiben und wo es nöthig ist, durch Ueberdeckung mit Bétonblöcken die Dossirung zu schützen.

Es mufs noch eine auffallende Erscheinung erwähnt werden, die sowohl hier wie auch in Stolpmünde und Colbergermünde seit der Erbauung der Brustmauern auf den alten Molen sich gezeigt hat. In allen drei Häfen verlandeten nämlich früher die Ufer auch auf der Ostseite, wengleich viel schwächer als an der Westseite, während sie gegenwärtig auf der Ostseite abbrachen und daher gedeckt werden mufsten. Der Grund hiervon ist ohne Zweifel darin zu suchen, dafs bei Nord-Ost-Stürmen, die hier die heftigsten sind, die Wellen nicht mehr über die Dämme fort in den Hafen treten, sondern längs den Mauern hinlaufen und ungeschwächt das Ufer treffen.

In Englischen Häfen steigen mehrfach die angeschütteten flachen Dossirungen bis zur Krone der Brustmauern an. Dieses ist zum Beispiel in Kingstown der Fall. Fig. 172 zeigt das Profil des dortigen westlichen Hafendamms, und zwar

in seiner ursprünglichen Form. Dafs diese Dossirungen auch hier bei Stürmen sehr leiden, ist bereits erwähnt worden. Die Brustmauer besteht aus roh bearbeiteten Blöcken, die grofsentheils trocken und nur in der Nähe des Kopfes in Mörtel versetzt sind. Die Einfassung des Damms auf der Hafenseite ist im untern Theil nur angeschüttet, über dem niedrigsten Wasser dagegen aus grofsen Blöcken regelmäfsig aufgeführt und mit einigen Quaderschichten überdeckt. Die zur Schüttung benutzten Steine sind Granite von Dalkey, und halten nach Rennie's Mittheilung von 4 bis über 100 Cubikfufs. Schiffshalter aus Granit stehn vor der Brustmauer.

Sehr ähnlich ist das in Fig. 173 dargestellte Profil des Damms vor dem alten Hafen bei Holyhead, der im Folgenden noch specieller beschrieben werden soll.

§ 63.

Gewinnung der Steine.

Die Steine, welche man zur Schüttung der Hafendämme verwendet, müssen sowohl der chemischen Einwirkung des Seewassers widerstehn, wie auch bei Stößen und Belastungen nicht leicht zerbrechen, noch auch bei eintretenden Bewegungen zerrieben werden. Eine weiche Gebirgsart, wie etwa Kreide, ist daher zu diesem Zweck nicht zu gebrauchen, und eben so wenig würde lockrer Sandstein oder Thonschiefer sich hierzu eignen. Man pflegt bei gröfsern Ausführungen dieser Art immer sehr vorsichtig in der Wahl des Materials zu sein, und wenn, wie in Dover geschehn, ein solches in der erforderlichen Güte nicht für mäfsige Preise zu beschaffen ist, mufs man von der Steinschüttung absehn und eine andre Constructionsart wählen.

An den Deutschen Ostsee-Häfen, wie zum Theil auch an der Nordsee bieten die Granit-Geschiebe, die im ganzen nördlichen Deutschland in den Alluvial-Ablagerungen vorkommen, ein sehr brauchbares Material zu Steinschüttungen, wenn gleich die Preise derselben sich bedeutend höher stellen, als wenn man die Steine aus einem in der Nähe befindlichen Bruch beziehen könnte. In beiden Fällen hat das Material an sich wenig, und zuweilen

gar keinen Werth, die Kosten betreffen vielmehr nur die Gewinnung und den Transport. Bei der übergroßen Masse, die zum Bau eines Hafendammes erforderlich ist, muß man in beiden Beziehungen für die möglichste Vereinfachung und Regelmäßigkeit des Betriebs sorgen, damit die Ausführung sich nicht vertheuert, noch auch durch Mangel an Material verzögert wird. Außerdem ist es aber auch nothwendig, Umladungen zu vermeiden, weil solche gleichfalls eine Preis-Erhöhung veranlassen.

Bei unsern Hafenbauten an der Ostsee werden jetzt beinahe ausschließlich nur solche Granit-Geschiebe verwendet, welche aus den abbrechenden Thonufeln in die See herabgefallen sind und nicht nur am Strande, sondern beim Zurückweichen desselben auch im tiefen Wasser liegen. Das Heben mittelst Steinzangen geschieht ziemlich leicht bei mäßig ruhiger See, und die Fischer in verschiedenen Dörfern, namentlich in der Nähe von Danzig, beschäftigen sich hiermit, so oft dazu sich Gelegenheit bietet, und sie der Abnahme sicher sind. Wenn die gehobenen Geschiebe aber die vorgeschriebene Gröfse übersteigen, so sprengen sie dieselben in ihren Fahrzeugen, indem sie sich mit Steinbohrern und Pulver versehen haben. Dieses geschieht theils während der Fahrt, theils aber auch wohl im Hafen selbst, vor der Abnahme. Im Stolpmünder Hafen mußte dieses ausdrücklich verboten werden.

Indem dabei der Landtransport bis zur Baustelle ganz umgangen wird, so stellen sich die Preise meist ziemlich niedrig, besonders wenn man die Ankäufe aus freier Hand macht. Häufig bietet sich auch Gelegenheit, die Steine unmittelbar aus den Fahrzeugen, auf welchen sie beigegeführt werden, zu verstürzen. Alsdann ist es aber nothwendig, den Inhalt jeder Ladung aus der Einsenkung des Bootes sicher beurtheilen zu können. In Pillau hat man zu diesem Zweck große Blöcke von bestimmtem Gewicht vorräthig, und sobald ein Fischer die Lieferung von Steinen in Aussicht stellt, wird die Probe-Belastung seines Fahrzeugs vorgenommen, und nach Maaßgabe derselben das Gewicht und der Werth jeder Lieferung bestimmt.

Vielfach verbietet sich die unmittelbare Verwendung der Steine, alsdann verursacht das Aufsetzen derselben einige Mehr-

kosten, zum Transport bis zur Baustelle wird aber noch die Anlage einer leichten Eisenbahn mit Pferdeförderung nothwendig.

Wenn dagegen brauchbare und reichhaltige Steinbrüche in der Nähe sind, aus welchen das Material bezogen werden kann, so muß sowohl die Gewinnung wie der Transport desselben mit großer Ueberlegung angeordnet werden, damit keine Störung eintritt, auch die Preise dafür sich möglichst niedrig stellen. Beim Bau des Hafens von Holyhead wurden in dieser Beziehung sehr wichtige Erfahrungen gemacht, und wenn auch schon früher in England die ausgedehntesten Sprengungsarbeiten vorgekommen waren, so änderten sich doch bei diesem Bau wesentlich die dabei angewendeten Methoden, und bildeten sich im weitem Fortgange zu derjenigen Ergiebigkeit und Regelmäßigkeit aus, welche die baldige Beendigung des großartigen Unternehmens forderte *).

Auf der westlichen Seite der Insel Holyhead erhebt sich das Gebirge vielleicht 1000 Fufs über den Spiegel der See. Eine niedrige, wenig ansteigende Fläche zieht sich von dem Ufer, an welches der Damm sich anschliesst, bis zum Fufs des Berges in der Ausdehnung von etwa einer viertel Deutschen Meile hin. Es bot sich also sehr einfach die Gelegenheit, das Material auf Eisenbahnen anzufahren. Der Gipfel des Gebirgs liegt unmittelbar an der See, nach der östlichen Seite fällt dieses ab. Es besteht aus einem quarzhaltigen Glimmerschiefer, den parallele und nahe vertikale Spalten in der Richtung von Nordost nach Südwest durchziehn.

Nachdem Rendel dieses Gestein als brauchbar bezeichnet und die Absicht ausgesprochen hatte, es bei dem Hafenbau zu verwenden, erhob sich auch in dieser Beziehung ein lebhafter Widerspruch, der sich jedoch bei der örtlichen Untersuchung (wovon bei Beschreibung des Hafens die Rede sein wird) vollständig beseitigte. Indem jede Umladung des gelösten Gesteins vermieden werden sollte, so mußten die Sprengungen bis zu den Bahnen herabgetrieben und letztere immer um so weiter fortgesetzt werden, je mehr das Gebirge zurückwich. Fünf Hauptstränge führten nach der langen und breiten Rüstung, von welcher

*) George Robertson, on large blasts at Holyhead. Civil engineer and architects journal. 1861. pag. 38 und 75.

aus der westliche oder der Hauptdamm angeschüttet wurde. Dieselben spalteten sich aber so vielfach vor dem Kessel, in welchem die Sprengungen erfolgten, daß bei meiner Anwesenheit (im Herbst 1852) ich hier acht und vierzig Geleise zählte, die normal gegen die Felswand gerichtet waren. Auf der westlichen Seite dieses Kessels hatte man den Abhang in der Neigung von etwa 15 Graden gegen den Horizont geebnet und den Betrieb mit Drahtseilen eingerichtet. Die leeren Wagen wurden daselbst von den beladen herabfahrenden hinaufgezogen. Oberhalb dieser geneigten Ebene war wieder ein ausgedehntes Eisenbahn-Netz eingerichtet, und etwa 20 Stränge führten gegen die hier befindliche Bergwand. Indem der Berg in geringer Entfernung dahinter wieder ziemlich steil anstieg, so war man bereits damit beschäftigt, noch eine zweite Seil-Ebene einzurichten, oder auf einem dritten Absatz einen neuen Steinbruch zu eröffnen. Außerdem war in südlicher Richtung vom Hafen in der Nähe von Holyhead noch ein vierter Bruch im Betriebe, von wo die Steine für den östlichen Damm entnommen wurden. Im Ganzen liefen etwa achtzig Geleise gegen die Bergwände, und es konnte sonach das gelöste Material an eben so viel Stellen auf die Wagen geladen werden.

Vor den Transportwagen, also zunächst den Brüchen, standen jedesmal Wagen, auf denen sich Krähne befanden, die zum Beladen jener dienten. Die Ausleger derselben hatten solche Länge, daß sie für beide nächstliegende Geleise benutzt werden konnten. Die Spurweite dieser sämtlichen Geleise maß 7 Fufs Englisch oder 6 Fufs $9\frac{1}{2}$ Zoll Rheinländisch. Hierdurch war die Gelegenheit geboten, Blöcke, die 5 Fufs breit waren, zwischen den Geleisen hindurch zu verstürzen. Alle Wagen waren mit Kipp-Vorrichtungen versehen und wurden, sobald eine Steinmasse gelöst war, unmittelbar daneben unter sorgfältiger Sortirung des Materials befrachtet. Einige Wagen trugen nur einen einzigen Block, andre mehrere kleinere, wieder andre Steine von einigen Cubikfufs Inhalt, und endlich noch andre Steinschrott. Wo diese verschiedenen Massen jedesmal verstürzt werden sollten, um eine möglichst dichte Ablagerung darzustellen, wurde von dem leitenden Ingenieur bestimmt; bevor jedoch ein Wagen auf die Hauptbahn gelangte, mußte er eine Brücken-

Waage passiren, um das Gewicht der Ladung festzustellen, wonach der Unternehmer bezahlt wurde. Alle Wagen waren numerirt und das eigne Gewicht derselben vorher ermittelt. Die Ladung betrug durchschnittlich 8 Tons.

In den vollen Zügen gingen die Locomotiven, welche Tender-Maschinen waren, nicht vorn, sondern hinten, sie zogen also nicht, sondern schoben die Wagen, die sonach bis an's äußere Ende der Rüstung gelangen konnten. Jeder Wagen war aber mit einer kräftigen Bremse versehen. Die Bahnen ließen Manches zu wünschen, sie hatten zum Theil übermäßig scharfe Krümmungen, und außerdem waren sie auch sehr wenig geregelt. Dafs Maschinen und Wagen aus den Geleisen kamen, soll sich sehr häufig wiederholt haben. Während der kurzen Zeit meiner Anwesenheit sah ich zweimal Wagen entgleisen.

Das Sprengen erfolgte, wenn auch nicht an bestimmten Stunden, so doch immer gleichzeitig im ganzen Bruch, und zwar ein- oder zweimal am Tage. Eine starke Glocke wurde vorher geläutet, alsdann wurden sowohl die Lastwagen, wie auch die Krahne schleunig durch Pferde zurückgezogen, und Menschen wie Pferde mußten sich gleichfalls entfernen. Sobald der Bruch in dieser Weise geräumt war, erhob sich eine rothe Fahne, und diese gab das Zeichen zum Anzünden der Schüsse. So lange noch Zündröhren dabei benutzt wurden, mußten die Arbeiter, die diese angezündet hatten, schleunigst die ihnen vorher bezeichneten sichern Punkte erreichen. Hierbei sollen vielfach Unglücksfälle vorgekommen sein, da die Leute oft bis 100 Fufs tief herablaufen mußten. Später wurden galvanische Batterien benutzt, und diese standen in bombenfesten Hütten, die besonders zu diesem Zweck erbaut waren. Sobald die Explosionen erfolgt und die großen Steinmassen herabgestürzt waren, mußte noch einige Zeit gewartet werden, bevor die Wagen vorgeschoben werden durften, weil theils zuweilen noch spätere Explosionen eintraten, theils aber die Staub- und Rauchwolken nichts erkennen ließen, und theils auch die Luft während der ersten folgenden Minuten nicht eingeathmet werden konnte. Ein großer Theil der herabgestürzten Masse hatte solche Dimensionen, daß die Blöcke aufs Neue gesprengt werden mußten, ehe sie transportirt werden konnten.

Anfangs wurden in der bisher üblichen Art nur schwächere Schüsse angewendet. Man trieb Bohrlöcher von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser lothrecht oder schräg in den Fels, und in diesen wurde, wie gewöhnlich, der dritte Theil mit Pulver gefüllt, während der Besatz zwei Drittel der Höhe einnahm. Im zweiten Theil dieses Handbuchs § 53 ist hiervon die Rede gewesen. Die Arbeit schritt dabei nur langsam vor. Mehr als drei Mann liefsen sich bei einem Bohrloch nicht anstellen, und dieselben konnten in einem Tage nur um 14 Zoll das Loch vertiefen. In der ganzen Wand, die zunächst eröffnet war, liefsen sich daher an jedem Tage nicht mehr, als etwa 200 Schüsse anzünden, und die Masse des dadurch gelösten Materials entsprach nicht der beabsichtigten schnellen Förderung des Baues. Außerdem klagte der Unternehmer über den großen Verbrauch an Pulver, dem die gewonnene Steinmasse nicht entsprach.

Die Unternehmer, Joseph und Charles Rigby, versuchten daher 1850 stärkere Ladungen anzuwenden. Wenn es darauf ankommt, recht große Blöcke zu gewinnen, die also zu Werkstücken, Stufen, Säulen und dergleichen verwendet werden sollen, so müssen die Schüsse möglichst schwach sein, damit sie die ganze Masse nur so eben lösen, ohne sie weiter anzugreifen. Anders verhält es sich aber, wenn es, wie im vorliegenden Fall, auf große Dimensionen nicht ankommt, und man diese sogar vermeiden will, um der spätern Nachsprengungen überhoben zu sein. Alsdann ist eine möglichst starke Erschütterung und eine kräftige Explosion nothwendig, wozu größere Pulvermengen erforderlich sind. Nach dieser Aenderung des Betriebs wurde es möglich, an jedem Tage 3000 bis 4000 Tons (250 bis 330 Schachtruthen) zu fördern. Eine noch weitere Steigerung des Betriebs war unthunlich, weil auf jedem der einzelnen Hauptgeleise, wozu je 125 Wagen gehörten, sich nur 1000 Tons an einem Tage fördern liefsen.

Man teufte nunmehr vertikale Schachte ab, indem man die steilen Bergwände von oben her zunächst angriff, und die Sprengung alsdann weiter abwärts fortsetzte. Die Schachte hatten die Weite von 4 bis 6 Fufs und sehr verschiedene Tiefen, die zu den Abständen der Pulverkammern von den nächsten äußern Wänden des Gebirges in gewissem Verhältniß standen. Die

Tiefe verhielt sich nämlich zu diesem Abstände wie 3 zu 2. Der Schacht über der Pulverkammer liefs sich leicht durch Steinpackung füllen, doch war die Gefahr vorhanden, dafs letztere wie aus einem Geschofs herausgeworfen werden möchte, wenn in der Richtung derselben die Explosion erfolgte. Man beobachtete daher die Vorsicht, dafs die Pulverkammer sich nicht in der Achse des Schachts, sondern etwas seitwärts von demselben befand, also der Schacht unmittelbar darüber unter einem Winkel von 45 Graden gegen das Loth sich neigte.

Nach Maafsgabe der Lage der abzusprengenden Felsmasse mußten Schüsse von verschiedener Stärke angewendet werden. Die größte Kraft war erforderlich, wenn es darauf ankam, aus der ebenen Felswand eine Nische auszusprengen. In diesem Fall, wie auch sonst, wurden die Schüsse immer an solchen Stellen angebracht, wo in passender Entfernung sich bereits eine natürliche Fuge im Gestein vorfand, also wenigstens an einer Seite die zu lösende Masse bereits getrennt war. Nachdem man eine solche Nische eröffnet hatte, liefs sich dieselbe leichter verbreiten oder der daneben stehende Fels ausbrechen. So gab eine Pulverladung von 1800 Pfund *) in einem Schacht von 44 Fufs Tiefe und 30 Fufs von der Außenfläche entfernt 3500 Tons Gestein, also nahe 2 Tons auf jedes Pfund Pulver. Den größten Erfolg erreichte man, wenn ein vor die Wand vortretender Kopf fortzusprengen war. Ein solcher Schufs, bei dem der Schacht 42 Fufs tief, der Abstand von den umgebenden bereits frei gelegten Wänden dagegen nur 21 Fufs war, gab bei einer Ladung von 600 Pfund eine Steinmasse von 3000 Tons, also auf ein Pfund Pulver 5 Tons.

Die Wirkung der Schüsse verstärkte sich, wenn zwei oder auch drei derselben in passendem Abstände gleichzeitig angezündet wurden und sich sonach gegenseitig unterstützten. Im Allgemeinen lieferte alsdann jedes Pfund Pulver nahe 3 Tons Gestein.

*) Die hier angegebenen Maafse und die Gewichte sind die Englischen. 1 Pfund avoir du poids ist gleich 1,04 neue Preufsische Pfunde. 1 Ton ist 20 Centner zu 112 Pfund, also 2240 Pfund avoir du poids, oder 2230 Preufsische Pfund. 1 Ton dieses Gesteins hielt 13 Cubikfufs Englisch oder 11,9 Cubikfufs Rheinländisch, woher 1 Schachtruthe volle Masse nahe 12 Tons wiegt.

Hierbei ereignete sich jedoch im Anfange des Jahrs 1851 ein sehr beklagenswerther Unfall. Zwei solcher Schüsse entzündeten sich nämlich, obwohl dieselbe galvanische Kette beide verband, nicht gleichzeitig, und einzeln waren sie nicht im Stande, die Felsmasse zu lösen. Der erste verursachte nur einige nicht weit ausgedehnte Risse, und der zweite griff das Gestein gar nicht an, trieb aber die Steinpackung aus dem Schacht, und in weiter Entfernung, wo die Zuschauer sich ganz sicher glaubten, fielen die Steine nieder. Einer derselben tödtete den Capitän Hutchinson, der die Sprengungs-Arbeiten leitete und solche bereits bei Dover und bei Gibraltar ausgeführt hatte.

Dieser Umstand gab Veranlassung, dafs man später je zwei Schüsse nur durch einen gemeinschaftlichen Schacht einbrachte. Dieser wurde in der Mitte zwischen den beiden Pulverkammern abgeteuft, und an seinem untern Ende eröffnete man zu beiden Seiten Stollen, oder eine horizontale Galerie, die zu beiden Kammern führte. Die sehr schwierige Arbeit des Abteufens wurde hierdurch etwas erleichtert, und jedenfalls war dabei das Auswerfen der Steinpackung sicher verhindert, da die Galerie gleichfalls sorgfältig gefüllt wurde.

Man führte später noch eine andre wesentliche Erleichterung ein, indem man den Zugang zu dieser Galerie nicht von oben durch den Schacht, sondern von der Aussenwand her durch einen horizontalen Gang oder einen Stollen eröffnete. Es wurde hierdurch nicht nur der Zugang etwas abgekürzt, sondern auch in andrer Beziehung manche Schwierigkeiten vermieden. Beim Abteufen der Schachte mußte nämlich in dem sehr beengten Raum der Boden, auf dem die Arbeiter standen oder knieten, angegriffen und gelöst werden, und das getrennte Material mußte fortwährend gesammelt, in Körbe geworfen und ausgewunden werden. Noch übler war es, wenn Quellen eindrangten, die hier keinen freien Abflufs fanden. Man mußte alsdann das Wasser ausschöpfen und in Eimern aufwinden. Bei starkem Regen flofs sogar zuweilen Tagewasser hinein und machte gleichfalls ein mühsames Ausschöpfen nöthig. Dazu kam noch, dafs die verdorbene Luft an der Sohle des Schachts sich sammelte und besondere Vorrichtungen zur Ventilation eingerichtet werden mußten. Alle diese Uebelstände verschwanden, sobald man mit einem schwach ansteigenden Stollen die Felswand von der Seite eröffnete,

und am Ende desselben die Galerie ausführte. In einer Beziehung hatte jedoch der Schacht einen wesentlichen Vorzug vor dem Stollen. Der Bruch, den die Explosion veranlafste, folgte nämlich jedesmal dem Schacht, und es löste sich sonach immer eine senkrechte Felsmasse, während dieselbe, wenn ein Stollen eingetrieben war, an ihrer hintern Fläche sich ganz unregelmäßig gestaltete und dadurch die weitere Fortsetzung der Sprengung erschwerte. Diese Stollen waren 3 Fufs breit und 5 bis $5\frac{1}{2}$ Fufs hoch, man trieb sie, wenn es irgend geschehn konnte, zur Seite einer natürlichen Felsspalte, weil dadurch die Arbeit erleichtert wurde. Die Galerien an ihrem Ende führten zu zwei, und oft sogar zu drei Pulverkammern, jede derselben bildete für sich aber wieder einen etwa 12 Fufs tiefen Schacht, der um so tiefer sein mußte, je mehr Pulver er aufnehmen sollte.

Das Pulver wurde auf Schiffen zugeführt, und nur in der Mittagsstunde ausgeladen, wenn keine Locomotive im Gange war. Man trug es in Säcken herbei, die 50 Pfunde enthielten, und schüttete es in hölzerne Kasten, die vorher in die Pulverkammern gestellt waren. 1 Ton Pulver nimmt einen Raum von 37 Cubikfufs ein, oder füllt einen Würfel, dessen Seite 3 Fufs 4 Zoll Englisch mißt. Hiernach richtete sich die Höhe der hölzernen Sprengkasten. In die Mitte der Füllung schüttete man sehr feines Zündpulver und legte darin den Platindraht ein, der die beiden umsponnenen Kupferdrähte, also die beiden Ketten der galvanischen Batterie verband. Nachdem die Füllung mit gewöhnlichem Pulver fortgesetzt und beendigt war, schlofs man den Kasten mit einem hölzernen Deckel, und packte darüber sehr sorgfältig die Steine, mit welchen nicht nur der Raum in der Kammer, sondern auch die Galerie und der ganze Schacht oder der Stollen ausgesetzt wurde. Besondere Vorsichts-Maafsregeln, um das Pulver gegen Feuchtigkeit zu schützen, wurden nicht angewendet, doch blieb es nie lange hier liegen, vielmehr wurde es immer bald nach dem Einbringen angezündet.

Die Güte des Pulvers wurde mittelst eines Geschützes geprüft, indem man bei gleicher Aufstellung und Ladung desselben die Entfernung maß, in welcher die Kugel aufschlug. 1 Ton Pulver kostete durchschnittlich 55 Pfund Sterling. Der Versuch, trockne Sägespähne unter das Pulver zu mengen, erwies sich

nicht nur als zwecklos, sondern in Betreff der Kosten sogar als nachtheilig. Dagegen glaubte man einigen Vortheil darin zu finden, wenn der hölzerne Kasten die im Fels ausgearbeitete Kammer nicht unmittelbar berührte, sondern noch ein freier Zwischenraum zwischen beiden blieb. Die Explosionen waren nach diesen Vorsichts-Maafsregeln mit keiner Gefahr verbunden. Der gelöste Theil der Felswand kam in Bewegung und stürzte über, wobei er in zahllose gröfsere und kleinere Stücke zerbrach, und dabei eine dichte Staubwolke erzeugte. Zuweilen blieben sehr grofse Stücke unzertheilt, die bis 1000 Tons oder über 80 Schachtruthen enthielten, und dann durch neue Sprengungen bis auf Blöcke von höchstens 8 Tons zertheilt werden mußten.

Die jedesmal anzuwendende Pulvermasse bestimmte man nach der Regel, dafs ihr Gewicht, in Pfunden ausgedrückt, gleich sein müsse dem zwanzigsten bis fünfzehnten Theil des Cubus des Abstandes der Pulverkammer von der äufsern Felswand, wenn dieser Abstand in Fufsen ausgedrückt ist. Im Allgemeinen ergab sich aber, dafs mit Einschlufs der nachträglichen Sprengungen 1 Pfund Pulver in gröfserer Höhe der Felswand 3 Tons, unmittelbar über dem Plateau der Eisenbahnen aber nur 2 Tons Gestein gab.

Einen sehr bedeutenden Kosten-Aufwand verursachte das Treiben der Stollen, da durchschnittlich vier Mann solche in der Woche nur um 5 Fufs verlängern konnten. Der laufende Fufs kostete durchschnittlich mit Einschlufs der Geräthe und Nebenarbeiten 14 Schilling oder 13,85 Mark, der laufende Fufs eines Schachts dagegen 18,75 Mark. 1 Ton, also den zwölften Theil einer Schachtruthe volle Steinmasse zu sprengen, zu verkleinern, aufzuladen, zu verfahren und zu verstürzen kostete mit Einschlufs der Löhne und Instandhaltung der Geräthe, Wagen und Bahnen 8,97 Pence, also 0,74 Mark. Von diesem Gesamt-Betrage trafen:

auf das Sprengen der Felswände	0,38	Mark.
auf nachträgliches Sprengen	0,08	-
auf das Verladen	0,17	-
auf den Transport und das Verstürzen	0,11	-

Es muß noch eines andern ähnlichen, und gleichfalls sehr bedeutenden Steinbruchs erwähnt werden, der für die Haf en-

dämme von Marseille das Material lieferte. Derselbe ist auf der kleinen Insel Ratoneau, ohnfern Marseille, eröffnet, über deren Lage und künstliche Verbindung mit der südwärts daneben befindlichen Insel Pomégues, sowie über den Hafen zwischen beiden, bereits früher (§ 29) bei Gelegenheit der Quarantaine-Häfen das Nähere mitgetheilt wurde.

Die Gebirgsart, woraus beide Inseln bestehn, ist ein derber, sehr fester Kalk von gelber oder brauner Farbe, der weder an der Luft, noch im Wasser zerfällt, und das bedeutende specifische Gewicht von 2,71 hat. Seine Gewinnung wird insofern etwas erschwert, als er nicht eine zusammenhängende Masse bildet, sondern zerklüftet ist. Der Fels erhebt sich unmittelbar am Ufer sehr steil mehrere hundert Fufs hoch. Das Sprengen erfolgte früher in derselben Weise, die man nach mehrfachen Versuchen in Holyhead als die vortheilhafteste erkannt hatte, und die vorstehend beschrieben ist. Man trieb in die steile Wand, und zwar unmittelbar neben dem kleinen Hafen, Stollen ein, am Ende eines jeden derselben wurde eine Galerie nach beiden Seiten geführt, die parallel zur Wand sich hinzog, und unter deren beiden Enden sich die Pulverkammern befanden. Die Schüsse in diesen wurden durch dieselbe galvanische Batterie entzündet, und zuweilen liefs man auch vier oder noch mehrere dergleichen Pulvermassen gleichzeitig explodiren. Ein Unterschied in der Behandlung trat nur insofern ein, als die Kammern wegen der erwähnten Zerklüftung mit einer schnell erhärtenden Mörtelschicht überzogen wurden, auch verschlofs man die Zugänge nicht durch einfache Steinpackung, sondern vermauerte sie in Gyps, um dem Besatz mehr Widerstandsfähigkeit zu geben.

In dieser Weise wurden die Brüche noch im Jahr 1857 betrieben, später trat jedoch eine wesentliche Aenderung ein, indem man zu den engen Bohrlöchern wieder übergieng, diese jedoch durch chemische Einwirkung auf das Gestein in ihren untern Enden mit weiten Kammern versah, die grofse Pulvermassen fafsen*).

Es wurden Bohrlöcher von $2\frac{1}{2}$ Zoll Weite etwa 30 Fufs

*) Das dabei angewendete Verfahren ist von L. Hagen in der Zeitschrift für das Bauwesen 1860 Seite 406 näher beschrieben.

tief herabgetrieben. In jedes derselben setzte man eine kupferne Röhre ein, die jedoch den Boden des Lochs nicht berührte, sondern etwa auf 9 Zoll Höhe dieses frei liefs. Der Zwischenraum zwischen der Röhre und dem Gestein wurde, soweit es geschehn konnte, durch eingetriebenen Werg abgeschlossen. Alsdann schob man in diese Röhre eine Guttapercha-Röhre von $4\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser ein, die heberartig aus einem daneben stehenden Gefäfs Salzsäure ansog und dieselbe in den untern Theil des Bohrlochs führte. Unter heftigem Aufbrausen verband sich alsdann die Säure mit dem Kalk, und da die aufschäumende Masse, aus dem kohlen-sauren Gase, Chlorcalcium und der noch nicht vollständig zur Wirksamkeit gekommenen Salzsäure bestehend, keinen andern Ausweg fand, als durch die kupferne Röhre, so stieg sie in dieser auf, und man leitete sie durch einen Seiten-Ausgufs in das Gefäfs zurück, worin sich ursprünglich die reine Säure befand. In dieser Art löste sich das Gestein ohne weitere Nachhülfe von selbst auf, bis endlich die Säure so abgeschwächt war, dafs ihre Wirksamkeit aufhörte. Mit der Schaumbildung wird auch das Aufsteigen der Flüssigkeit in der kupfernen Röhre unterbrochen, und man mufs, wenn das erste Quantum der Säure noch nicht zur Auflösung derjenigen Kalkmasse genügt, welche dem beabsichtigten Inhalt der Pulverkammer entspricht, das Gefäfs wieder mit reiner Salzsäure füllen, worauf derselbe Procefs sich wiederholt. Um eine Kammer darzustellen, die 30 Pfund Pulver fafst, brauchte man 240 Pfund Salzsäure, und die Auflösung erfolgte in 10 bis 12 Stunden.

Mittelst Schwämmen oder Werg an starken Drähten wurde die in den Kammern befindliche Flüssigkeit ausgeschöpft, wenn die gröfsere Tiefe die Anwendung von Saugepumpen nicht gestattete. In derselben Art trocknete man auch die Seitenwände, soweit dieses möglich war, und wahrscheinlich liefs man einige Zeit vergehn, ehe man das Pulver einschüttete. Zum Anzünden bediente man sich entweder eines Zündfadens oder der galvanischen Batterie. Im letzten Fall mufste für jedes Bohrloch eine solche eingerichtet werden. In einer Patrone, die mit feinem Pulver gefüllt war, befand sich der Platindraht, und beide umspinnene Kupferdrähte traten aus ihr heraus. Diese wand man leicht um einander, so dafs sie hinreichende Steifigkeit erhielten,

um daran die Patrone in die Mitte der Pulverkammer herabzulassen. Mehrere dergleichen Batterien konnten neben einander gestellt werden, und durch eine mechanische Vorrichtung wurden alle Ketten gleichmäÙig geschlossen. Zum Besatz bediente man sich nur des trocknen Sandes, womit das ganze Bohrloch verschüttet wurde.

Bei Anwendung dieses Verfahrens kostete das Sprengen einer Schachtruthe, in voller Masse gerechnet, etwa 5 Mark, jedes Pfund Pulver gab aber ungefäh'r 50 Cubikfuß Gestein. Das Resultat scheint also etwas günstiger gewesen zu sein, als bei Holyhead, doch darf man nicht unbeachtet lassen, daß das Gebirge hier weniger fest war.

§ 64.

Steintransport auf Eisenbahnen.

Bei der großen Masse des zur Schüttung eines Hafendammes erforderlichen Materials ist es dringend nöthig, für die möglichst geregelte und zugleich möglichst wohlfeile Beischaffung der Steine zu sorgen. Es rechtfertigt sich aber, wenn man zu diesem Zweck mit bedeutenden Kosten die nöthigen Einrichtungen trifft, weil diese bei längerer Benutzung sich bezahlt machen, und hierdurch allein es möglich wird, die Regelmäßigkeit des Betriebs und die baldige Vollendung des Baus zu sichern. Vorzugsweise wird man darauf Bedacht zu nehmen haben, daß ein Umladen vermieden wird, hierzu gehört aber nicht nur der Wechsel zwischen Karren und Wagen oder Schiffen, sondern auch das schiefliche Abwerfen der Steine, oder das Aufbringen derselben auf den Hafendamm. Wenn dieses aus freier Hand oder auch mit Hülfe von Winden und Krabnen geschieht, so vermehrt es wesentlich die Kosten, und zwar in viel höhern Maas, als wenn die Entfernung, aus der die Steine zu Wasser oder auf der Eisenbahn beigeschafft werden, sich bedeutend verlängerte.

Mit Rücksicht hierauf verschwindet meist der Vorzug, den sonst der Wassertransport beim Fördern großer Massen vor der Benutzung der Eisenbahnen hat. Während diese sich immer leicht verlängern und unmittelbar bis an den Bruch hinanführen lassen, der bei starkem Betriebe weiter zurücktritt, so kann das

Verladen in Schiffe nur mittelst Karren oder Wagen geschehn, und am vortheilhaftesten ist es, selbst in diesem Fall wieder Eisenbahnen zu erbauen, die für kleinere Wagen eingerichtet sind und von den Anlege-Plätzen der Schiffe mit vielfachen Abzweigungen bis unmittelbar an die Brüche führen. Ein Umladen aus diesen Wagen in die Schiffe ist alsdann nicht zu vermeiden, auch dürfen namentlich die größern Blöcke nicht in die Schiffe verstäürzt werden, vielmehr muß man sie durch Krahnne herablassen, wie sie auch schon in gleicher Weise auf die Wagen gehoben werden. Hierzu kommt noch ein zweiter ungünstiger Umstand. Aus den Schiffen, wenn dieselben auch wie Baggerprahme mit Bodenklappen versehen sind, läßt sich nur feineres Material verstäürzen. Größere Steine lehnen sich vor der Oeffnung gegen einander und fallen nicht hindurch. Aus diesem Grunde muß man größere Steine, wenn sie verstäürzt werden sollen, aufs Neue mit Maschinen heben, also wieder umladen. Von einem andern, jedoch sehr bedenklichen und nur theilweise zweckentsprechenden Verfahren zum unmittelbaren Verstäürzen großer Blöcke aus Schiffen wird im Folgenden die Rede sein.

Endlich darf man auch nicht unbeachtet lassen, daß bei unruhiger See der Wassertransport unterbrochen wird, und daß das Ausbringen der Steine, mag es in einer oder der andern Art geschehn, doch nur für den untern Theil der Schüttung mit wenig Mühe ausführbar ist, daß es aber große Schwierigkeiten bietet, sobald die Schiffe zur Seite der bereits versenkten Steinmasse anlegen, und ihre Ladungen auf diese gehoben werden müssen. Viel einfacher und wohlfeiler ist die Förderung auf Eisenbahnen. Dieselben Wagen, von welchen aus die Steine verstäürzt werden, schiebt man auf Zweigbahnen bis unmittelbar an die abgesprengten Felsmassen, wie dieses bei Holyhead und Portland geschehn ist, und dadurch vermindern sich die Kosten des Transports so ungemein, daß sie sogar niedriger als die der Sprengung bleiben.

Es mag zunächst die Förderung auf Eisenbahnen beschrieben werden. Man kann die Bahnen wohl immer in der Art anordnen, daß sie vom Bruch aus nach dem Hafendamm abfallen, die Lasten also sich stets abwärts bewegen. Dieses ist insofern leicht zu erreichen, als man vor den zu sprengenden

Felswänden dem Planum, auf dem die Zweigbahnen liegen, beliebig eine gröfsere Höhe geben, auch den Abraum und selbst das feinere Material zweckmäfsig verwenden kann, um Vertiefungen, die sich etwa im Zuge der Bahn befinden, auszufüllen.

Die Gröfse der Wagen und somit auch die Spurweite hängt von der Ausdehnung der Bahnen und der Art der Förderung ab. Soll das Gestein nicht weit, sondern nur etwa nach den in der Nähe liegenden Schiffen gebracht werden, so werden vielfach kleinere Wagen von Pferden, auch wohl von Menschen gezogen. Bei grössern Entfernungen sind dagegen Locomotiven von überwiegendem Nutzen, auch insofern bequemer, als man nur die Eisenbahn darstellen darf und keinen Weg daneben für Menschen oder Pferde einzurichten braucht. In diesem Fall erhalten die Wagen meist solche Gröfse, dafs sie die volle Last tragen können, welche der üblichen Construction der Eisenbahn-Wagen entspricht.

Die zu den Dammschüttungen bei Holyhead benutzten Wagen waren mit Kasten versehen, die 10 Fufs lang und $5\frac{1}{2}$ Fufs breit waren. Eine gröfsere Breite konnte man ihnen nicht geben, weil die Ladung nicht seitwärts, sondern zwischen den Rädern und zwischen den Schienen verstürzt werden sollte. Zu diesem Zweck war die irgend noch zulässige grösste Spurweite, nämlich von 7 Fufs Englisch, gewählt worden. Fig. 176 zeigt einen solchen Wagen. Der eiserne Kasten besteht aus zwei Theilen. Der vordere, den die Figur auf der linken Seite zeigt, ist mit dem Rahmen fest verbunden, doch setzt er sich nur aus den drei Seitenwänden zusammen und hat keinen Boden. Der hintere Theil dagegen, der aus eben solchen Seitenwänden und zugleich aus dem Boden in der ganzen Länge des Kastens besteht, ist beweglich und kann die durch punktirte Linien ange deutete Stellung annehmen, wobei er die Ladung fallen läfst. Die Drehung erfolgt um die in der Figur angegebene Achse, damit diese jedoch nicht etwa das Herabgleiten der Steine verhindere, so ist sie gekröpft und zieht sich um die Seitenwände und um den Boden und zwar auf deren äufserer Seite herum. Dieser bewegliche Theil des Kastens fällt, sobald er sich entleert hat, von selbst wieder in seine frühere Lage, und der hintere Theil des Bodens setzt sich auf einen über der Hinterachse be-

findlichen Riegel auf, wodurch seine Stellung im unbeladenen Zustande gesichert ist. Damit jedoch beim Laden keine Drehung erfolgt und der Boden in dieser Stellung bleibt, bis man den Wagen entleeren will, so ist unter dem beweglichen Boden, und zwar in der Nähe seines vordern Randes, ein Quer-Riegel befestigt, dessen beide Enden seitwärts vor den Kasten vortreten. Diese werden mittelst starker Haken gefasst, die, wie die Figur zeigt, an die Rahmen befestigt sind, und damit sie sich nicht zufällig lösen, befinden sich an ihren aufwärts verlängerten Armen noch Sperrkegel, die in eiserne Zähne des Rahmens eingreifen.

In dieser Weise ist die Stellung des Kastens vollständig gesichert. Will man ihn aber entleeren, so schlägt man an beiden Seiten die Sperrkegel zurück, und entfernt alsdann mittelst einiger kräftiger Hammerschläge die Haken von dem Riegel, wodurch bei passend vertheilter Last der Boden mit dem hintern Theil des Kastens sich dreht und die Ladung fallen läßt. Beim Einbringen der Steine und namentlich der größern, die schwer zu handhaben sind, muß man sorgfältig darauf achten, daß das Uebergewicht entschieden den vordern, also denjenigen Theil des Bodens trifft, der bei eintretender Bewegung herabsinkt. Endlich ist noch zu erwähnen, daß jeder einzelne Wagen mit einer kräftigen Bremse versehen ist. Dieselbe wird jedesmal vor dem Versenken der Steine gebraucht, indem die Locomotive die Wagen vor sich herstößt, und jeder derselben an der vorher bezeichneten Stelle, wo die Schüttung erfolgen soll, angehalten werden muß.

Der Betrieb war in der Art eingerichtet, daß die beladenen Wagen neben dem Steinbruch durch Pferde gezogen und auf eine Brücken-Waage geschoben wurden. Es gab vier derselben, und zwischen je zweien befand sich eine Bude, worin die beiden Aufsichts-Beamten sich aufhielten, welche das Gewicht jeder Ladung notirten. Hiernach wurde der Unternehmer bezahlt. Die Pferde zogen die Wagen noch weiter, bis sie den Anfang der geneigten Ebene erreichten, die nach dem Hafendamm führte. Nunmehr wurden die Haken der Zugkette gelöst und die Wagen, auf welchen jedesmal ein Bremser stand, liefen von selbst einzeln bis vor den Hafendamm herab. Hier wurden sie angehalten und von der Maschine durch die Weichen auf die horizontalen Bahnen geschoben, die auf hohen Rüstungen in der Richtung des Hafens

damms sich hinzogen. Nach Maafsgabe des Materials, welches sie geladen hatten, wurden sie in verschiedene Stränge eingeführt, und sobald drei Wagen hinter einander standen, schob sie eine Locomotive, nachdem die Kuppelungen gelöst waren, vor sich her. Durch den Stofs, den sie zuletzt erhielten, vollendeten sie ihre Wege, während die Maschine zurückblieb. Letztere folgte ihnen, und schob sie, nachdem sie entleert waren, auf ein Seitengeleise. Sobald sich hier zwölf Wagen gesammelt hatten, zog eine andre Maschine sie die geneigte Ebene hinauf, und zuletzt wurden sie durch Pferde wieder an die Steinbrüche gebracht.

Die Locomotiven durchliefen immer nur kurze Strecken und kamen bald wieder auf die Stationen zurück, wo sie mit Kohlen und Wasser versehen werden konnten, dennoch forderten die starken Steigungen und scharfen Krümmungen schwere Maschinen. Man hatte deshalb Maschinen mit zwei gekuppelten Achsen gewählt. Um einem möglichen Wassermangel während der Fahrt vorzubeugen, der die Explosion des Kessels veranlassen konnte, waren an verschiedenen Stellen der Bahnen und selbst auf der Rüstung des Hafendamms Reservoirs angebracht, die mittelst eiserner Röhren durch einen Quell am Fufs des Holyhead-Berges gespeist wurden. Sie bestanden aus einfachen hölzernen Kasten, die etwa 30 Cubikfufs hielten.

Das Beladen der Wagen geschah nur in dem Fall aus freier Hand, wenn das Material aus kleinern Steinen bestand, die ein Mann bequem heben konnte. Schon wenn die Steine so grofs sind, dafs zwei Mann anfassen müssen, wird dasselbe mühsamer und zeitraubender, als wenn man dabei einen Krahn benutzt. Dazu kommt aber noch, dafs der Wagen immer auf dem Geleise bleibt, die Steine also einzeln weiter getragen werden müssen, als wenn man sie etwa nur in einen Kasten zu werfen braucht, der unmittelbar neben sie hingestellt wird. Ebenso verhält es sich auch mit den gelösten feinem Stücken und mit dem Steinschrott. Bei Holyhead benutzte man daher Kasten aus Eisenblech von 5 Fufs Länge und $2\frac{1}{2}$ Fufs Breite. Fig. 176. a zeigt einen derselben. Er ist auf drei Seiten mit Wänden versehen, an der vierten dagegen offen und hängt in der Art an einem Bügel, dafs er bei voller Ladung nur eben die in der Figur angegebene Stellung behält. Er läfst sich also leicht nach

der offenen Seite überneigen und entleeren, er thut dieses sogar von selbst, wenn man ihn beim Herablassen mit seinem hintern Ende auf die Seitenwand des Wagens stellt.

Zum Heben dieser Kasten, sowie auch aller größern Steine dienten Krahne, die bei Holyhead in großer Anzahl vor den Brüchen aufgestellt waren. Dieselben standen auf Wagen, damit sie jedesmal auf den verschiedenen Eisenbahnen an die passendsten Stellen gebracht werden konnten. Sie wurden immer vor die Lastwagen bis unmittelbar an die jedesmalige Steinablage geschoben, und wurden alsdann bei der großen Länge ihrer Ausleger nicht nur zum Beladen der dahinter stehenden Wagen benutzt, sondern sie versahen zugleich auch die Wagen, die an den Enden eines oder auch wohl beider zunächst befindlichen Geleise standen. Indem die Ausleger aber nicht mit Vorrichtungen versehen waren, wodurch der Aufhängepunkt der Last von der vertikalen Drehungs-Achse entfernt, oder derselben genähert werden konnte, so mußten die Lastwagen selbst soweit vor- oder zurückgeschoben werden, bis die Steine an die passenden Stellen in denselben trafen.

Die Krahne standen nicht fest auf den Wagen, sondern auf darüber angebrachten Drehscheiben, und aus diesen traten rückwärts, also den Auslegern gegenüber, je zwei Balken etwa 15 Fuß weit vor. Diese bildeten die Bahnen für die Gewichtskasten, die darauf vor oder zurückgeschoben wurden, um für jede Last, die am Ausleger hing, das Gleichgewicht darzustellen. Die Ausleger bestanden aus je zwei schrägen starken Stielen und je zwei Stützen, die sämmtlich mit den horizontal liegenden beiden Balken verbunden waren. Die Steine oder die Kasten mit feinerem Material wurden durch verschiedene Vorgelege mit Kurbeln aufgewunden, während kräftige Bremsen zum Herablassen dienten. Durch andere Kurbeln wurden von denselben Arbeitern die Gewichtskasten verstellt, während andre Arbeiter an jenen rückwärts vortretenden Balken den Ausleger drehten. Außerdem befanden sich an jedem dieser Wagen noch besondere Zwingen, mittelst deren sie an die Schienen befestigt wurden, wenn beim ersten Anheben der Lasten ein sehr schräger Zug ausgeübt werden mußte.

Die zu hebenden Steine wurden mit Ketten umschlungen

und hieran gehoben, man faßte sie aber auch, wenn sie keineswegs lothrecht unter dem etwa 20 Fuß vor die Mitte des Wagens vortretenden Ausleger sich befanden, sondern zog sie vielmehr oft mittelst des Krahns aus weiter Entfernung herbei. Außerdem machte man von diesen Krahn zuweilen noch einen eigenthümlichen Gebrauch. Es geschah nämlich nicht selten, daß einzelne Blöcke zwar von größern Massen sich bereits getrennt, und zum Theil dazwischen die Fugen sich schon geöffnet hatten, daß aber dennoch die Steine so fest in einander griffen, daß man die Kette nicht umlegen konnte. Man trieb alsdann eine lange Brechstange, die am Ende mit einem Auge versehen war, in die Fuge, und faßte mit dem Haken der vom Ausleger herabhängenden Kette dieses Auge. Hierdurch wurde die aufrecht stehende Brechstange seitwärts niedergedrückt, und dabei erweiterte sie die Fuge und trennte die Steine.

Die Schüttung der Dämme kann von Eisenbahnen aus in verschiedener Art erfolgen. Am einfachsten ist die ältere Methode, wonach vor dem jedesmaligen Kopf des Damms die Steine so lange verstürzt werden, bis die neue Schüttung die beabsichtigte Höhe erreicht. In diesem Fall bedarf die Eisenbahn keiner Rüstungen noch sonstiger Unterstützungen, es genügt vielmehr, sie unmittelbar auf die Steinschüttung zu legen, man muß sie aber immer auf's Neue verlängern, sobald die letztere sich weiter ausdehnt. Dabei tritt indessen eine erhebliche Schwierigkeit ein. Man kann nämlich auf die Krone, sobald sie die volle Breite hat, zwar jedesmal zwei Stränge legen, und auf dem einen derselben die beladenen Wagen vorschieben, während auf dem andern die leeren Wagen zurückgehn. Der Uebergang aus einem Stränge in den andern läßt sich indessen mit gewöhnlichen Drehscheiben nicht darstellen, deren wiederholte Verlegung und genaue Aufstellung zu mühsam sein würde. Es bleibt also nur übrig, Weichen anzubringen, und alsdann kann man die Wagen nur einzeln vorschieben, und sie müssen jedesmal wieder über die Weichen zurückgebracht sein, bevor andre folgen dürfen.

Dieser Uebelstand läßt sich freilich vermeiden, wenn man zur Verbindung der beiden Stränge unmittelbar vor dem jedesmaligen Kopf der Schüttung die leichte Bühne benutzt, die in II. Theil dieses Handbuchs § 87 beschrieben ist, und die in

Amerika gebraucht wird. Unsere Ingenieure finden indessen selbst bei Ausführung hoher Eisenbahndämme die Anwendung der festen Rüstungen passender, und jedenfalls dürfte jene Bühne beim Schütten von Hafendämmen insofern bedenklich sein, als sie beim Gegenschlagen der Wellen zertrümmert und fortgespült werden würde.

Die Methode, den Damm vor dem jedesmaligen Kopf bis zu seiner vollen Höhe aufzuschütten, und die Eisenbahn, auf der die Steine beigefahren werden, unmittelbar auf die Krone zu legen, war in früherer Zeit üblich. Noch im Jahre 1852 wurde in dieser Weise der Granton-Pier ohnfern Edinburgh ausgeführt. Dabei trat jedoch die Schwierigkeit ein, daß man vielfache Handarbeit nicht umgehn konnte, und in kurzen Zwischenzeiten die Schüttungen immer unterbrochen wurden, weil man die Bahnen verlängern und die etwa sonst nöthigen Apparate verlegen mußte. Für einen großartigen Bau, der in möglichst kurzer Zeit beendigt werden soll, bei dem also Unterbrechungen nicht eintreten dürfen, eignet sich hiernach nicht dieses Verfahren. Für Schüttung von Hafendämmen, deren Krone nur wenig den Wasserstand überragt, verbietet es sich außerdem noch durch die Beschädigungen, welche hoher Seegang veranlassen würde, wenn man auch, wo bedeutender Fluthwechsel stattfindet, bis zum Niveau des Hochwassers die Schüttung fortsetzen wollte. Endlich würden die verstürzten Steine, indem sie sogleich durch andre überdeckt werden, keine geschlossene Lagerung annehmen.

Diese Umstände veranlaßten Rendel beim Bau des Hafens Holyhead von diesem Verfahren abzugehen und dagegen von hohen Rüstungen aus, die den bekannten höchsten Wasserstand um 10 Fufs überragten, die Verstärkung vorzunehmen, die er sogar gleichmäfsig in der ganzen Länge des Hafendamms auszuführen beabsichtigte. Offenbar wurden dadurch die erwähnten Mifsstände umgangen, und es war sogar zu erwarten, daß die aus solcher Höhe frei herabfallenden Steinblöcke sich sogleich fester lagern würden, als wenn sie nach der ersten Methode nur auf der Dossirung herabrollten.

Dabei entstand zunächst die Frage, ob Rüstungen, die sich 70 Fufs über den Boden erheben, hinreichend fest wären, um die schweren Steinwagen noch sicher zu tragen, und selbst unter

der Last und der Erschütterung der darüber laufenden Locomotiven weder zu brechen, noch seitwärts auszuweichen. Dieses Bedenken wurde vorzugsweise in Betreff des Wellenschlags angeregt, indem man die Besorgniß aussprach, daß bei heftigem Seegang die Rüstung leicht zerstört werden würde. Diesen Einwand konnte Rendel indessen als unbegründet zurückweisen. Bei einer Steinschüttung in der Mill-Bay ohnfern Plymouth hatte er nämlich hierüber schon sichere Erfahrungen gemacht. Die hohen und schlanken Pfähle, die er daselbst zu gleichem Zweck und bei gleicher Wassertiefe aufstellte, widerstanden dem heftigsten Wellenschlag und wurden von demselben sogar in keiner Weise angegriffen. Das Wasser wogte neben ihnen auf und ab, ohne einen gefährlichen Stofs gegen sie auszuüben. Anders verhielt es sich freilich mit den horizontalen Verbandstücken und selbst mit den stark geneigten Streben, die, so oft sie von den Wellen erreicht wurden, sich lösten oder zerbrachen. Die Anbringung solcher Verbandstücke mußte daher vermieden und deshalb die Rüstung so weit gehoben werden, daß die Verbindungs-Balken und die Bahn von den Wellen nicht erreicht wurden.

In einer Beziehung mußte jedoch von dem angedeuteten ursprünglichen Plan sogleich abgegangen werden. Die Rüstung in der ganzen Länge des Hafendamms liefs sich nämlich nicht sicher aufstellen. Der Meeresboden war zu unrein, als daß den Pfählen an sich ein gehörig fester Stand gegeben werden konnte, und die Mittel, welche sich sonst anwenden lassen, um Seitenbewegungen zu verhindern, waren nur wirksam, wenn in nicht weiter Entfernung die Rüstung schon durch die Steinschüttungen, wenigstens bis zu einer gewissen Höhe, die volle Steifigkeit erhalten hatte. Es war auch sowohl für die Solidität des Baues, wie für den schnellen Fortgang desselben ziemlich gleichgültig, ob der Bau in seiner ganzen Längen-Ausdehnung oder immer nur in Strecken von etwa 200 Fufs in Angriff genommen wurde. Eben so durfte man auch ohne Nachtheil von der Forderung absehn, daß die Schichten horizontal aufgebracht würden. Es kam nur darauf an, jeder Schicht ein so schwaches Längefälle zu geben, daß die Steine, wo sie herabfielen, auch wirklich liegen blieben und nicht herabrollten. Außerdem mußte auch die Schüttung sich immer auf so große Strecken ausdehnen, daß jede neue

Lage, bevor sie durch eine andre überdeckt wurde, hinreichend lange der Einwirkung des Wellenschlags ausgesetzt blieb.

Die Tiefen waren so groß, daß nur ausgesuchte Stämme Amerikanischen Holzes die nöthige Länge hatten. Man sah sich im Verlauf des Baues auch gezwungen, wie später bei Portland gleichfalls geschehn, zwei Stämme auf einander zu pfofen, und durch starke Laschen zu verbinden. Bei der ungeschützten Lage des Hafendamms und dem fast ununterbrochenen Wellenschlag ließen sich Rammarbeiten von Fahrzeugen aus nicht ausführen. Auch versprachen solche in dem weichen Grunde, der nur in mäfsiger Höhe den Felsboden überdeckte, wenig Erfolg. Vortheilhafter war es, die Pfähle mit der Grundschaube zu versehen und sie einzuschrauben*). Dieselbe bestand damals noch aus Gufseisen, in neuerer Zeit wird sie aus Schmiedeeisen dargestellt, wodurch sie dem Zerbrechen weniger ausgesetzt ist. Sie bildet nur einen einzigen Schraubengang, der etwa 3 Fufs Durchmesser und 9 Zoll Steigung hat. In der Mitte ist sie mit einer Röhre versehen, in welche der Kopf des Pfahls eingesetzt und mit passenden Keilen und Holzschrauben befestigt wird. Einzelne Pfähle, die auf unbedeckten Felsboden trafen, konnte man nur stumpf aufstellen, sie wurden also allein durch die Verbindung mit den übrigen gehalten.

Die Anordnung der Rüstung war derjenigen einer gewöhnlichen hölzernen Brücke ähnlich. In Abständen von 25 Fufs wurden Joche aufgestellt, deren jedes beinahe die ganze Breite der Basis der Schüttung umfaßte, und aus acht Pfählen bestand, die durch Holme überdeckt wurden. Bei meinem Besuch der Baustelle im Jahr 1852 war die Grundschaube noch nicht im Gebrauch, sie soll vielmehr erst später benutzt sein. Auf einer der Bahnen stand damals neben dem Ende der bereits aufgestellten und gehörig befestigten Rüstung ein Krahn von derselben Einrichtung, wie diejenige, welche man zum Verladen der Steine benutzte. Er hatte jedoch gröfsere Dimensionen und sein Ausleger trat beinahe 40 Fufs über die Mitte des Wagens hinaus. Derselbe diente zum Aufstellen der Pfähle, die sämmtlich

*) Vergl. Theil I, S. 37. Im folgenden Bande wird diese Schraube näher behandelt, auch in einer Seitenansicht dargestellt werden.

mit schweren eisernen Schuhen versehen waren. Nach Maafsgabe einer vorhergehenden genauen Sondirung wurden die Pfähle von angemessener Länge ausgesucht, schwimmend beigeschafft und jeder mittelst des Krahns gehoben und aufgerichtet. Hierauf wurde er durch hochkantig angenagelte Bohlen mit dem festen Theil der Rüstung, wie auch mit den bereits aufgestellten andern Pfählen desselben Joches verbunden. Er stand alsdann, indem er keiner weitem Belastung ausgesetzt wurde, so sicher, dafs man die Kette des Krahns lösen und den folgenden Pfahl desselben Jochs aufstellen konnte. Sobald die sämmtlichen acht Pfähle gerichtet waren, verband man sie durch zwei Zangen mit einander, die sie von beiden Seiten umfafsten und ihre obern Enden in eine gerade Linie brachten. Diese Zangen, die gegenseitig durch Schraubenbolzen scharf zusammen gezogen wurden, waren nicht mit den Pfählen verkämmt, doch wurden sie so sicher gefafst, dafs man von der festen Rüstung aus leichte Hölzer hinüberlegen und so die Rüstung bis zu ihnen verlängern konnte. Die Seitenbewegung eines neuen Joches wurde aber durch schräge aufgenagelte Bohlen verhindert. Es wurde nunmehr eine leichte Ramme aufgebracht, und mittelst derselben jeder Pfahl, soweit es geschehn konnte, in den Grund getrieben. Bei der Erschütterung wurde aber die Reibung gegen die Zangen überwunden, und so ging der Pfahl tiefer herab, ohne dafs letztere an dieser Bewegung merklich Theil nahmen. Nunmehr schnitt man die Pfahlköpfe in der passenden Höhe ab, versah sie mit Zapfen und brachte den Holm auf.

Die Brückenbalken, welche auf 24 Fufs frei lagen, bestanden aus je zwei über einander liegenden und durch Schraubenbolzen verbundenen Balken, die nicht verzahnt waren. Sie mußten über jedem Joche gestofsen werden, doch fielen die Stöße nicht zusammen, vielmehr reichte der untere Balken etwa 3 Fufs über das neue Joch fort, während der obere um dieselbe Länge gegen dieses zurückblieb. Zur gröfsern Sicherheit befand sich unter jedem solchen Träger noch ein Sattelholz. Diese Träger waren zugleich die Langschwellen, auf welche die Eisenbahnschienen genagelt wurden, und zwischen diesen blieb der Raum frei, so dafs die Verschüttung der Steine, mit Ausnahme der Stellen, wo die Holme lagen, überall erfolgen konnte. Man hatte freilich

hin und wieder, um den gegenseitigen Abstand der Schienen zu sichern, die Träger gegen einander abgesteift und durch eiserne Anker verbunden, doch konnten diese, so oft daselbst die Verstärkung erfolgen sollte, ausgenommen und durch andre in der Nähe ersetzt werden. Außerhalb der Geleise waren starke Balken von einem Joche nach dem andern gelegt, und auf denselben durch Dielen leichte Laufbrücken in der ganzen Länge der Rüstung dargestellt.

Ein neues Joch war, wie erwähnt, zwar in sich und mit dem vorhergehenden so verbunden, daß es dem senkrechten Druck widerstehn, sich auch nicht vor- oder rückwärts überneigen konnte, nichts desto weniger blieb es der Gefahr ausgesetzt, eine Bewegung seitwärts zu machen. Durch die üblichen vertikalen Verstreibungen liefs sich dieses nicht verhindern, da solche theils nicht bis zur nöthigen Tiefe herabzuführen waren, theils aber auch dem Wellenschlag nicht widerstanden haben würden. Eben so wenig konnten horizontale Verstreibungen angebracht werden, weil solche den zu den Schüttungen nothwendigen freien Raum sperrten. Endlich liefs sich das neue Joch auch nicht durch Steinschüttungen befestigen, da diese, so lange die Bahn nicht darüber hinausging, nur an der einen Seite möglich waren, und hierdurch das Joch herausgedrängt worden wäre.

Um das Joch gegen das Ueberneigen nach der Seite zu sichern, brachte man in der Richtung desselben auf beiden Seiten schwere Schiffsanker aus, zog diese durch Flaschenzüge möglichst scharf gegen einander, damit beide in der Richtung, in der sie wirken sollten, fest in den Grund eingriffen. Endlich verband man die betreffenden Ankerketten mit Zugstangen, welche durch starke Eisenplatten an beiden Enden des Holms hindurchgezogen und mittelst Schraubenmuttern scharf angespannt wurden. Dadurch war das neue Joch hinreichend gesichert, und von demselben aus konnte sogleich das folgende aufgestellt werden. Man benutzte indessen sehr sorgfältig die ruhige Witterung zu diesen Arbeiten, die im Betriebe der Steinschüttung keine Störung veranlafsten. Die Aufstellung der Rüstung war stets so weit vorgeschritten, daß man, so oft es nöthig schien, die Schüttungen weiter fortsetzen konnte.

Die Rüstungen, welche beim Bau der Hafendämme von

Portland benutzt wurden, stimmen nahe mit den so eben beschriebenen überein. Nach den Mittheilungen von Coode*) scheint es aber, dafs man schon während der Ausführung des Damms bei Holyhead dieselben Aenderungen einführte, die bei Portland gewählt wurden. Hiernach bestand jedes Joch nur aus fünf Pfählen und dieselben waren 30 Fufs von einander entfernt. Die Rüstung erhielt also die Breite von 120 Fufs und darauf befanden sich fünf Bahnen, von welchen aus man die Steine verschüttete. Bei Portland wurden die Pfähle anfangs in den Grund eingeschoben, während man bei Holyhead in der letzten Zeit des Baues es bequemer gefunden hatte, dieselben, nachdem sie aufgestellt waren, von Schiffen aus mit Steinen zu umschütten, und ihnen dadurch den erforderlichen sichern Stand zu geben. Coode erwähnt dabei, man habe sich zu dieser Aenderung veranlafst gesehn, weil bei Portland nicht freie Arbeiter, sondern Sträflinge beschäftigt wurden, und in diesem Fall jene Aufstellung der Pfähle nicht für hinreichend sicher erachtet sei. Man sah sich indessen gezwungen, auch hier die Schrauben wieder zu verlassen. Derselbe Zeuge sagt nämlich in seiner späteren Vernehmung (1860), man habe einige Jahre hindurch die Pfähle eingeschoben und zwar 4 bis 6 Fufs in den Grund. Indem die Rüstungen weiter vortraten, wurde jedoch das Einschrauben wegen der Festigkeit des Bodens überaus schwierig. Etwa 2 Fufs unter der Oberfläche lag eine sehr harte Schicht, die Schraube durchdrang dieselbe nur, indem man die Pfähle hin und her bewegte, der grösste Uebelstand war aber, dafs, wenn diese dünne Schicht durchdrungen war, die Pfähle mit grosfer Leichtigkeit sich weiter einschrauben liefsen. Sie fanden dabei so wenig Widerstand, dafs man wegen ihrer sichern Stellung besorgt wurde, und es traten sogar in einzelnen Fällen die nachtheiligsten Senkungen der Rüstung ein. Jene harte Schicht durfte also nicht durchbrochen werden, und zu diesem Zweck änderte man das Verfahren in der Art, dafs man grosfe Steine von 16 bis 20 Quadratfufs Grundfläche durchbohrte, die untern Enden der Pfähle in diese Oeffnungen trieb und mit Bolzen darin befestigte. Nach-

*) Report from the select committee on harbours of refuge, minutes of evidence. 1857.

dem die Pfähle hierauf aufgestellt waren, so wurden sie, wie oben beschrieben, mit der bereits befestigten Rüstung verbunden, mit Holmen versehen und alsdann von Schiffen aus Steine rings umher aufgeschüttet.

Die Rüstungen hielten sich bei Portland selbst bei den heftigsten Stürmen sehr gut, und es wird gesagt, daß solche Beschädigungen, wie bei Holyhead, hier nicht vorgekommen seien. Außerdem wird gerühmt, daß in den $8\frac{1}{2}$ Jahren, welche die Schüttungen in Anspruch nahmen, im Ganzen nur während 20 Tagen die Arbeiten wegen zu hohen Seeganges unterbrochen werden mußten, wogegen die Schüttungen bei Plymouth in jedem Jahre durchschnittlich an 50 bis 60 Tagen aus demselben Grunde eingestellt wurden. Es muß noch erwähnt werden, daß auch der nördliche Damm bei Portland, der durch die weite Hafemündung vom südlichen getrennt ist, und ganz isolirt liegt (§ 61), gleichfalls mittelst Eisenbahnwagen angeschüttet wurde. Die dazwischen befindliche Hafemündung wurde nämlich durch die Rüstung überspannt, und diese verlängerte man nach und nach bis an das äußere Ende des isolirten Damms. Coode meint, daß wenn es darauf ankommt, einen frei liegenden Wellenbrecher, wie den vor Plymouth, zu erbauen, die Ausführung sich wesentlich erleichtern und zugleich wohlfeiler stellen würde, wenn man eine solche Brücke über eine der Mündungen fort an ihn heranzuführt, und das zu den Schüttungen erforderliche Material nicht auf Schiffen, sondern auf Eisenbahnwagen beischafft.

§ 65.

Steintransport auf Schiffen.

Obwohl der Transport schwerer Lasten auf Eisenbahnen im Allgemeinen theurer ist, als auf Schiffen, so stellt sich dennoch, wie vorstehend nachgewiesen, die Verstärkung des Steinmaterials zu Hafendämmen von den ersteren wohlfeiler heraus, weil dabei theils die Umladung umgangen wird, theils aber auch die Schüttung sich leichter ausführen läßt. Dieses gilt jedoch nur, so lange es sich um sehr große Massen handelt, also die bedeu-

tenden Anlagekosten durch die Ermäßigung der Betriebskosten gedeckt werden. Jene Eisenbahnen mit den zugehörigen Rüstungen und sonstigen Förderungsmitteln, welche bei Holyhead und Portland zur Anwendung kamen und eine Reihe von Jahren hindurch ununterbrochen benutzt wurden, würden sich für kleinere ähnliche Bauten nicht rechtfertigen. Für diese ist aber die Anfuhr des Materials zu Wasser insofern vortheilhafter, als der Weg, nämlich die Wasserstrasse, schon vorhanden ist, und gemeinlich sogar keiner Nachhülfe bedarf, die erforderlichen Fahrzeuge aber entweder leihweise oder durch Ankauf leicht beschafft werden können, oder wenn sie auch zu solchem Zweck neu gebaut werden müssen, doch später auch zu andern Verwendungen brauchbar sind. Demnächst läßt sich die Förderung auf Eisenbahnen nur vortheilhaft einrichten, wenn das Steinmaterial, welches angefahren werden soll, in großer Masse angehäuft, also ein reichhaltiger Bruch vorhanden ist, an welchen man die Bahn heranzuführen kann. Liegen dagegen einzelne Blöcke zerstreut umher, wie etwa die Granit-Geschiebe im nördlichen Deutschland, so ist man freilich gezwungen, sofern sie nicht in tiefem Wasser sich befinden, sie auf Landwegen zunächst zusammen zu fahren, aber wenn auch dieses geschieht, so ist es leichter, sie an verschiedenen Stellen neben einem Fluß anzusammeln und sie von hier in Schiffe zu verladen, als nach jeder einzelnen Stelle eine Eisenbahn zu führen. Vielfach kommt indessen der Fall vor, daß die Geschiebe in der See oder in andern schiffbaren Gewässern, und zwar in der Nähe des Hafens liegen, alsdann können sie nicht anders, als mittelst Schiffen gehoben werden, und sobald sie in diese verladen sind, so ist es am einfachsten, sie sogleich auf die Baustelle zu bringen. Beim Bau der bedeutendsten Hafendämme in Preußen sind die verwendeten Steine größtentheils aus dem Wasser gehoben.

Ueber das Verladen so wie auch das Verstürzen der Granit-Geschiebe und andrer einzeln gewonnenen Blöcke ist wenig zu erwähnen, weil dabei gemeinlich nur die einfachsten Methoden in Anwendung kommen. Werden die Steine aus dem Wasser gezogen, so bedient man sich dabei der Steinzangen oder Teufelsklauen, von denen im zweiten Theil dieses Handbuchs (§ 52) ausführlich die Rede gewesen ist. Das Verfahren beim

Versenken der Steine oder beim Aufbringen auf die Krone des Damms ist selbst gegenwärtig oft noch überaus einfach, und erinnert an jene Zeiten, wo alle mechanischen Hilfsmittel unbekannt waren, und nur die unmittelbar wirkende Menschenkraft zur Anwendung kam, die äussersten Falles durch einen Hebebaum oder durch eine unter den Stein untergeschobene Rolle unterstützt wurde. In dieser Weise sind früher unsere Molen grosstentheils erbaut worden. Man benutzte sogenannte Steinprahme, oder grosse Fahrzeuge mit flachem Boden und horizontalem Deck. Letzteres schloss sich der Bordhöhe an, und auf keiner Seite war es von einer höheren Brustlehne, vielmehr nur durch das 1 oder 2 Zoll vortretende Schandeck umgeben. Auf das Deck dieses Prahms wurden von dem Schiff, welches die Steine herbeigeführt hatte, mit Hilfe des Ladebaums einige Blöcke niedergelegt. Der Prahm wurde alsdann an die Stelle geschoben oder gezogen, wo die Steine versenkt, oder auf den bereits über Wasser vortretenden Theil der Krone aufgebracht werden sollten, und nunmehr bemühten sich die Arbeiter unmittelbar oder mit Brechstangen und Hebeln die Steine durch Umkanten und Fortschieben über Bord auf den Damm zu bringen, und auf diesem bis an die passende Stelle zu transportiren. Zur Erleichterung der Arbeit wurde zuweilen eine Rolle untergeschoben, oder auch wohl ein Flaschenzug benutzt, der gegen einen recht grossen Stein befestigt war. Zuweilen hob man den zu transportirenden Block sogar auf einen Steinwagen, das heisst auf eine kleine, sehr starke Tafel, die nicht etwa auf vier Rädern, sondern auf zwei Rollen ruhte, deren eiserne Achsen unter jener Tafel befestigt sind. Dafs die Arbeit sehr mühsam war, bedarf kaum der Erwähnung, und selbst wenn die Steine aus weiter Ferne bezogen waren, verursachte diese Art des Transports so bedeutende Kosten, dafs dieselben den Werth der Steine mit Einschlufs der Fracht bis an die Baustelle überstiegen.

Bei den Hafenbauten in Pillau bediente man sich schon in früherer Zeit des sogenannten Steinkorbs, um die einzelnen Steine, die im Raum des Schiffs lagen, zu fassen. Diese sehr einfache Vorrichtung ist im zweiten Theil dieses Handbuchs § 52 beschrieben und daselbst auf Taf. XXVII, Fig. 217 *a*, *b* und *c* dargestellt. Sie kann nur als besonders bequem und vollkommen

sicher empfohlen werden. Jedenfalls verdient sie den Vorzug vor der Methode, eine einfache Kette um den Stein zu schlingen, wie auch bei Holyhead und Marseille geschah. Um diese anzubringen, muß man den Stein an einer Seite mit Hebeln oder Brechstangen etwas aufheben, und oft zeigt sich beim Anziehn der Zugkette, daß die umgeschlungene Windung den Stein nicht gehörig faßt und er herauszufallen droht. Alsdann muß er wieder herabgelassen und die Kette anders gelegt werden. Diese Schwierigkeiten verschwinden bei dem Steinkorb vollständig. Man kann damit freilich keinen Stein fassen, der noch von andern überdeckt, oder zwischen solchen fest eingeschlossen ist, aber wohl kann man jedesmal einen oder den andern aus der obern Lage leicht in den Korb bringen, und zwar rollt er, wenn der Korb passend angelegt ist, von selbst hinein, sobald der Flaschenzug angezogen ist, und sein Herausfallen ist unmöglich. Bei den sehr bedeutenden Steinlieferungen sowohl für die Süder-Mole, als auch für andre Bauten bei Pillau wurde dieser Apparat ausschließlich benutzt, und sobald die Arbeiter einige Uebung in der Anwendung desselben hatten, so faßten sie damit von der einen oder der andern Seite jeden Stein sehr sicher, ohne die Brechstange dabei zu benutzen. Doch müssen die Steinkörbe und die vier Zugketten ungefähr den Dimensionen der Steine entsprechen, wenn daher sehr verschiedene Steine zugleich angeliefert werden, so ist es vortheilhaft, verschiedene Körbe in Bereitschaft zu halten.

Bei diesen Bauten war es niemals Aufgabe, die Steinblöcke sogleich zu versenken, vielmehr wurden sie immer auf die Krone des Damms gebracht, indem diese zunächst sehr stark beschwert werden sollte, und daher auch mit denjenigen Steinen belastet wurde, die zur spätern Ueberdeckung der in den Böschungen vortretenden Senkstücke bestimmt waren. Um die Steine bequem und ohne Vermittelung des Steinprahms auf den im Bau begriffenen Damm zu bringen, benutzte ich vor 50 Jahren eine kleine Eisenbahn, die so leicht war, daß sie sich bequem versetzen liefs. Dieselbe ist im I. Theil dieses Handbuchs § 42 bereits beschrieben, auch in Fig. 230 auf Taf. XVII ihre Construction angedeutet. Hier mag nur wiederholt werden, daß ein starker Balken der Länge nach durchschnitten, und die beiden so gewonnenen Halbhölzer hochkantig durch vier Riegel zu einem

Rahmen verbunden waren. Die obern Flächen wurden alsdann auf beiden Seiten abgeschrägt, so dafs nur schmale Rücken blieben. Ueber diese liefs ich starke Bandeisen nageln, welche die Bahn bildeten. Darauf lief der kleine Wagen, der in Ermangelung passender Räder von vier gusseisernen Scheiben getragen wurde, die zu grofsen Gienblöcken gehörten.

Zunächst gab ich dieser Bahn eine feste Aufstellung, indem ich sie ohnfern des einen Endes auf einen Bock legte, der auf dem Damm stand, während zur Unterstützung ihres andern Endes eine leichte, verholzte Pfahlwand aufgeführt wurde, an welche die Schiffe anlegten, welche die Steine anfuhrten. Diese Einrichtung erwies sich jedoch nicht als zweckmäfsig. Bei der nöthigen Beschleunigung des Baues, und um zugleich die beladenen Schiffe nicht lange aufzuhalten, konnte unmöglich die Zeit abgewartet werden, in der die See sich abgestillt hatte. Das Löschen der Steine mufste auch bei mäfsigem Wellenschlag vorgenommen werden. Das alsdann eintretende Schwanken des Schiffs, das namentlich an der Spitze des Ladebaums, wo der obere Block des Scheerzeugs befestigt war, sehr stark war, machte es oft ungemein schwierig, den hoch über dem Deck schwebenden Stein auf den Wagen zu bringen, der an diesen Schwankungen nicht Theil nahm. Wenn man aber den Stein schon darauf niedergelassen hatte, während das Tau, woran er hing, noch steif war, so geschah es nicht selten, dafs das Schiff plötzlich von einer Welle gehoben, und dadurch auch zugleich der Stein vom Wagen gerissen und in der gefährlichsten Weise umhergeschleudert wurde.

Es erschien daher räthlicher, den Holm von jener Pfahlwand zu beseitigen, und das Ende des Rahmens oder der Eisenbahn unmittelbar auf das Deck des Schiffs zu legen. Alle Bewegungen, die dieses machte, theilten sich nunmehr auch dem am Ende der Bahn stehenden Wagen mit, und der gehobene Stein konnte um so sicherer darauf gelegt werden, als er nur in geringer Höhe über dem Deck schwebte. Die Beseitigung des Korbes war dabei unthunlich, derselbe mufste vielmehr unter dem Stein liegen bleiben, sobald dieser auf dem Wagen ruhte. Es waren jedoch immer mehrere Körbe vorhanden, so dafs keine Störung veranlafst wurde, wenn der Korb jedesmal bis über die Krone des Damms gezogen und nach dem Herabstürzen des

Steins erst frei wurde, und alsdann zugleich mit dem Wagen wieder auf das Schiff kam.

Um das Löschen möglichst zu beschleunigen und zu erleichtern, wurden sowohl an das Tau, womit der Stein am Flaschenzuge gehoben wurde, als auch an dasjenige, welches den beladenen Wagen aufwärts bis über den Damm zog, je zwei Pferde gespannt, die am Strande hin und her gingen. Alsdann durften nur einige Arbeiter im Schiff den Korb jedesmal anlegen, und den Stein, wenn er gehoben war, halten, damit er sich sicher auf den Wagen stellte, während zwei andere auf einer leichten Rüstung auf dem Damm standen, um den Stein mit Brechstangen herabzustürzen. Eine Begleitung des Wagens beim Hin- oder Zurückgehn war entbehrlich, letzteres erfolgte sogar bei der starken Neigung der Bahn von selbst, ohne daß der Wagen gezogen werden durfte.

Die beschriebene Einrichtung war im Sommer 1830 getroffen, und gewährte eine große Beschleunigung, indem immer gleichzeitig ein Stein auf den Damm gezogen und ein folgender am Flaschenzuge gehoben wurde. Indem aber für die anzuliefernden Steine nur das geringste Maass contractlich festgestellt, ihre äußerste Größe jedoch nicht bezeichnet war, so wurden sehr massenhafte Blöcke angeliefert, die in einzelnen Fällen bis 40 Cubikfuß hielten. Die Förderung derselben machte niemals irgend welche Schwierigkeit, und die Kosten stellten sich vergleichungsweise gegen die frühern überaus geringe. Sie betragen kaum den zehnten Theil von denen, welche die Handarbeit sonst veranlaßt hatte. Dabei ist auch noch darauf aufmerksam zu machen, daß die ganze Einrichtung, wie sich aus vorstehender Beschreibung ergibt, überaus einfach und viel wohlfeiler war, als die frühern Steinprahme.

Auch beim Verstürzen der Steine ins Wasser dürfte der Steinkorb noch vortheilhaft zu benutzen sein. Man braucht nur eine leichte Rüstung zur Seite des Schiffs einzurichten, auf welche man den Stein stellt, während er noch in dem Korbe liegt. Von hier wird er hinabgestürzt, nachdem der Korb gelöst ist. Auch könnte man den Stein unmittelbar aus dem Korbe herabfallen lassen, wenn man den untern Block des Flaschenzugs mit zwei Haken versieht, von denen jedoch nur einer, an dem

zwei Endketten des Korbs hängen, ein gewöhnlicher fester Haken ist, der andre dagegen solche Einrichtung hat, daß er sich leicht öffnen läßt, wobei die beiden andern daran hängenden Ketten frei werden. Solche Haken sieht man häufig an Schleppschiffen, um die Taue, woran die bugsirten Schiffe befestigt sind, wenn es nöthig ist, augenblicklich abwerfen zu können. Andererseits hat man aber auch mehrfach zum Versenken von großen Steinen Haken von derjenigen Einrichtung angewendet, wie sie Fig. 179 auf Taf. XXXV zeigt. Dieselben bestehen aus einer Zange, welche die Ringe faßt. Die Zange wird dadurch geschlossen gehalten, daß der horizontale Hebel, der an einem ihrer Arme befestigt ist, eine Oeffnung hat, in welche der andre Arm eingreift. Sobald man diesen Hebel aufhebt, wird die Verbindung der Arme gelöst und die Zange öffnet sich. Hierdurch können leicht zwei Ketten jenes Korbes plötzlich gelöst werden, worauf der Stein herabfällt, während der Korb selbst an dem andern Haken hängen bleibt.

In neuester Zeit werden bei der Verlängerung unserer Molen, oder auch bei ausgedehnten Reparaturen derselben, jedesmal vollständige Eisenbahnen darüber gelegt, auf welchen man die Steine vom Landungsplatz im Hafen in kleinen Wagen anfährt, während Krahe und andre Vorrichtungen zum Ausheben der Steine aus den Schiffen und von den Wagen dienen. Die erste Einrichtung dieser Art in Preussischen Häfen, und zwar mit gleichzeitiger Anwendung bequemer Rollkrahne wurde 1850 bei Gelegenheit der Verlängerung der Molen in Colbergmünde vom damaligen Bau-Inspector Moek getroffen.

Wenn bei dieser Art des Verstürzens nur ein Stein nach dem andern gehoben wird und herabfällt, also die Versenkung viel langsamer von Statten geht, als aus den bei Holyhead angewendeten Eisenbahnwagen, so tritt derselbe Uebelstand auch in den meisten Fällen ein, wo man in andrer Weise von Schiffen aus die Steine verstürzt. Zum Damm vor Cherbourg wurde ein großer Theil derselben aus freier Hand ausgeworfen, während man die größern mit Ketten umschlang, aufwand und über Bord fallen ließ. Doch konnte auch dieses Manöver nur so lange ausgeführt werden, als die Schüttung noch so tief unter Wasser lag, daß die Schiffe darüber schwammen.

Die kurze Zeit des Hochwassers wurde hierzu sorgfältig benutzt. Sobald aber dieses Verfahren nicht mehr möglich war, und der Damm dennoch erhöht werden mußte, so stellte man kurz vor Eintritt der Ebbe die beladenen Schiffe auf Bankete, die zu diesem Zweck auf der innern Seite des Wellenbrechers besonders eingerichtet waren, und liefs die Steine, nachdem man sie gehoben hatte, von einem Ladebaum zum andern bis an die Stelle übergehn, wo sie niedergelegt werden sollten. Diese Ladebäume waren aber zwischen die obern Steinlagen eingesetzt und wurden von diesen gehalten, während man sie durch gehörig eingerichtete Krahnne nicht ersetzen durfte, weil solche durch die Wellen leicht zerschlagen wären.

Beim Bau des Wellenbrechers vor Plymouth, wo nur große Steine versenkt werden sollten, hatte man die Fahrzeuge, welche diese herbeiführten, sowohl auf Deck, als auch im Raum mit je zwei Geleisen versehen, und auf diesen standen hinter einander kleine Wagen, von denen jeder schon im Bruch mit einem Stein beladen war. Am Hintertheil des Schiffs, zu beiden Seiten des Ruders, befanden sich zwei Porten, und zu jeder derselben führte eine der obern und eine der untern Bahnen, indem jene sich neben ihr senkten, diese aber anstiegen. Wenn die Steine verstürzt werden sollten, so schob oder zog man mittelst Winden einen Wagen nach dem andern bis dicht an die Porte, und wand alsdann seine Hinterachse so hoch auf, daß der Stein herabglitt. Konnten die Schiffe aber nicht mehr über die zur Versenkung der Steine bestimmte Stelle gelangen, so wurden zweibeinige Ladeböcke benutzt, die vorn auf dem Schiff standen, und über den Vorderstevn hinausragten. An diesen liefs man die Steine zur Zeit des Hochwassers auf den Damm oder wenigstens auf den obern Theil der Dossirung herab, und nunmehr mußten sie mittelst leicht aufzustellender Krahnne bei niedrigerem Wasser weiter geschafft werden.

Das Verstürzen der Steine in großer Masse, also in gleicher Weise, wie dieses von Eisenbahnen aus geschieht, läfst sich bei der Anfuhr zu Wasser nicht leicht ausführen. Zunächst ist dabei die Versenkung nur bis zu einer gewissen Tiefe möglich, weil die Schiffe über der Schüttung nicht nur schwimmen, sondern auch soweit freien Spielraum haben

müssen, daß die Ladung bis unter sie herabfallen kann. Außerdem tritt dabei aber noch eine andre sehr erhebliche Schwierigkeit ein. Wagenkasten mit senkrechten Seitenwänden, deren Höhe nicht bedeutend ist, leeren sich nämlich sehr sicher, sobald der ganze Boden sich neigt. Prahmen kann man dagegen eine gleiche Form nicht geben. Der Laderaum in ihnen ist viel größer, wenn man daher denselben mit senkrechten Wänden umgeben und den ganzen Boden mit einer oder zwei Klappen schliessen wollte, so würden diese bei der übermäßigen Größe nicht fest zu verbinden und schwer zu bewegen sein. Dazu kommt noch, daß man solchen Prahm mit tief liegenden Luftkasten versehen muß, die ihn tragen, sobald er beladen ist, weil der innere Raum sich nicht wasserdicht abschliessen läßt. Aus diesen Gründen muß man den Seitenwänden des Laderaums eine bedeutende Neigung geben, wodurch dieser sich nach unten stark verengt. Diese Einrichtung wird denjenigen Prahmen, welche ausgebagerten Sand oder Schlamm aufnehmen, gewöhnlich gegeben, und sie entleeren sich auch von selbst, sobald man die Klappen öffnet, wenn nur die Wände unter einem Winkel von etwa 45 Graden gegen den Horizont geneigt sind.

Anders verhält es sich mit Steinladungen. Sobald diese beim Oeffnen der Klappen in den trichterförmig verengten Raum hinabsinken, so entsteht ein starkes Klemmen, und es bilden sich zwischen größern Steinen gewisse Verstreben, welche die Bewegung unterbrechen. Man muß alsdann versuchen, durch starkes Stofsen gegen einzelne Steine, diese zu lösen, und dadurch die ganze Masse herabstürzen zu lassen. Dabei wird jedoch die Verbindung des Prahms stark angegriffen und der beabsichtigte Erfolg dennoch oft nicht erreicht, so daß nur übrig bleibt, einen Theil der Ladung auszuheben. Dieses ist aber nicht nur mühsam, sondern auch gefährlich, indem man besorgen muß, daß alsdann der ganze Inhalt plötzlich in Bewegung kommt und mit den darauf stehenden Leuten hinabstürzt.

Bei den Dammschüttungen bei Marseille mußte man aus dem erwähnten Grunde von dieser Methode der Schüttung abgehn, sobald letztere aus größeren Steinen bestand, man hat dafür aber eine andre eingeführt, die freilich keineswegs ge-

fahrlos, aber doch von Erfolg war. Jedenfalls verdient dieselbe eine nähere Beschreibung.

Ueber die Gewinnung des Steinmaterials auf der Insel Rationeau ist bereits § 63 die Rede gewesen, auch erwähnt worden, dafs hier eben so wie bei Holyhead, ein vielfach verzweigtes Netz von Eisenbahnen vor den Brüchen ausgeführt ist, auf dem die Steine bis zu den Schiffen gebracht werden, welche sie weiter fördern. Diese Bahnen haben hier wegen der geringen Länge nur eine geringe Spurweite, und die Gröfse der Wagen entspricht derselben. Letztere werden durch Menschen geschoben, und ihre Bewegung erleichtert sich dadurch, dafs die Bahnen nach dem Ufer hin abfallen. Um die Wagen zu beladen, werden eben so, wie bei Holyhead, bewegliche Krahn auf die äufsern Enden der Eisenbahnen gestellt, und zwar haben diese sehr genau dieselbe Einrichtung, die oben (§ 64) beschrieben ist. Ein Unterschied findet nur in sofern statt, als die Krahn hier nicht durch Menschen in Bewegung gesetzt werden, sondern jeder derselben eine kleine Dampfmaschine trägt, welche die Steine herbeizieht, aufhebt und auf die Wagen niederläfst. Demnächst ist auch hier die Einrichtung getroffen, dafs jedes Geleise vor der Ausladestelle über eine Brückenwage geführt ist, auf der jeder beladene Wagen gewogen wird.

Wenn die Wagen nur kleinere Steine anbringen, so laufen sie auf Bahnen, die sich bis über das Schiff fortsetzen, und auf denen die Steinkasten umgekippt werden. Besteht die Ladung dagegen aus gröfsern Steinen, die theils beim Herabfallen das Schiff oder das Deck desselben beschädigen würden, die aber theils auch regelmäfsig aufgebracht werden müssen, damit die spätere Verstärkung sicher erfolgen kann, so schiebt man den Wagen nur bis an das Ufer unter eine Rüstung, die in angemessener Höhe sich soweit fortsetzt, dafs sie die ganze Breite des Schiffs überspannt. Diese Rüstung, die im Innern frei ist, trägt eine Eisenbahn, auf welcher ein Rollkrahn steht. Diesen schiebt man über den Wagen, hebt einen Stein nach dem andern ab, und läfst ihn auf der passenden Stelle des Decks nieder.

Das Verstärzen erfolgt in der Art, dafs die ganze Ladung auf dem flach gewölbten und mit keiner Umfassung versehenen Deck liegt, dafs man aber das Schiff, sobald es entladen werden

soll, in sehr starke Seitenschwankung versetzt, wobei die Steine herabfallen. Diese ziemlich stumpf gebauten, jedoch mit einem wenig vortretenden Kiel versehenen Schiffe waren 57 Fufs lang und $17\frac{1}{2}$ Fufs breit. Ihre Tragfähigkeit wurde zu 150 Tons angegeben, woher die Ladung etwa 12 Schachtruthen volle Steinmasse enthielt.

Die kleinern und mittlern Steine werden unmittelbar auf das Deck gebracht, wenn das Schiff dagegen grofse Steine führen soll, so legt man zunächst hölzerne Rollen parallel zum Kiel aus, und hierauf stellt man vorsichtig die Steine, so dafs sie nicht unmittelbar das Deck berühren. Sobald vier Schiffe beladen sind, so werden sie durch ein Dampfboot aus dem Hafen an diejenigen Stellen bugsirt, wo die Verstärkung erfolgen soll. Diese Stellen sind durch Kreuzmarken für jede Sorte von Steinen bezeichnet. Daselbst legt sich jedes Schiff vor zwei Anker, von denen einer nach vorn und der andre nach hinten ausgebracht ist.

Nunmehr beginnt eine eigenthümliche Vertheilung der Ladung, die im Hafen nicht erfolgen konnte, weil sie bei der Fahrt leicht das Herabstürzen der Steine veranlafst hätte. Während auf der einen Seite ein so grofses Uebergewicht dargestellt wird, dafs sich das Schiff hier stark überneigt, so bringt man als mäfsiges Gegengewicht einige besonders grofse und lange Steine, die jedesmal zu diesem Zweck besonders hinzugefügt werden, auf die entgegengesetzte Seite, und schiebt sie soweit über Bord, dafs sie nur so eben noch sicher liegen. Man überpackt sie auch wohl mit andern kleinen Steinen, doch immer in der Art, dafs sie mit der geringsten Mühe übergekippt und hinausgeworfen werden können. Sobald diese Umladung geschehn ist und an sechs Stellen des hochliegenden Schiffsrandes solche Gegengewichte dargestellt sind, so stellen sich jedesmal zwei Mann an ein solches, und werfen es auf den Ruf des Aufsehers gleichzeitig über Bord. Unmittelbar hierauf schwankt das Schiff nach der andern Seite, die schon früher stark überlastet war, und nimmt eine so schräge Stellung an, dafs das Deck hier unter Wasser tritt und ein grofser Theil der Ladung herabfällt. Die Entlastung ist aber nicht gleichmäfsig, sie erfolgt vielmehr nur auf der Seite, welche sich abwärts neigt. Die entgegengesetzte ist daher nunmehr am meisten beschwert, und sowohl durch die

Schwankung, wie auch in Folge des jetzigen Uebergewichts sinkt diese herab, und es stürzt dabei gleichfalls ein Theil der Ladung in das Wasser. Die oscillirende Bewegung dauert fort, und etwa während vier Schwankungen sieht man noch Steine herabfallen. Ein Theil der Ladung bleibt indessen auf dem Deck liegen, und muß aus freier Hand oder mit Hülfe von Brechstangen über Bord geschafft werden.

Ich sah dieses Manöver mehrmals ausführen. Die Schwankungen erfolgten in solchen Zwischenzeiten, daß die Arbeiter, welche die Steine herabgeworfen hatten, bequem nach dem Vorder- oder Hintertheil des Schiffs gehn konnten, bevor die Seite, wo sie gestanden hatten, unter Wasser kam. Mir wurde jedoch gesagt, daß zuweilen auch Unglücksfälle eingetreten und alsdann die Leute durch die Steine herabgestossen und verschüttet wären, so daß sie nicht mehr aufschwimmen konnten und jeder Rettungsversuch unmöglich blieb. Das Schiff entladet sich, wie erwähnt, niemals vollständig, gewöhnlich bleibt der dritte oder vierte Theil zurück. In einem Fall sah ich die Verstürzung ganz mißlingen, indem kaum der vierte Theil der Ladung herabfiel.

Mir wurde mitgetheilt, daß für das Sprengen, Verladen, für den Transport und das Versenken eines Cubikmeters voller Steinmasse durchschnittlich 10 Francs bezahlt werden. Nach den Mittheilungen von Latour und Gassend*) scheint der Preis sich noch höher zu stellen, wenn man indessen auch nur jenen Satz annimmt, so würde die Schachtruthe der Schüttung, und zwar in voller Masse gerechnet, sich auf 30 Mark stellen, während dieselbe Steinmenge bei Holyhead mit Einschluß der Verstürzung, wie oben (§ 63) erwähnt, nur 9 Mark kostete. Es ergiebt sich hieraus, welchen großen Vorzug der Transport auf Eisenbahnen hat.

*) Travaux hydrauliques maritimes, par Latour et Gassend. Marseille 1860.

§ 66.

Der Hafen Holyhead.

Im Westen der Insel Anglesea, die Dublin gegenüber in den Irischen Canal weit vortritt, liegt durch einen schmalen Meeresarm getrennt die kleine Felsen-Insel Holyhead. Von derselben wurde schon in früherer Zeit vorzugsweise die Verbindung mit Irland unterhalten. Es gab zwar noch zwei andre Verbindungen, nämlich im Süden zwischen Milford-Haven und Waterford, und im Norden zwischen Port Patrick und Donaghadee. In der letzteren hatte der Wasserweg die geringste Länge, er entfernte sich aber soweit von der gegenseitigen Richtung der beiden Hauptstädte London und Dublin, daß Reisende ihn nur selten benutzten. Die Ueberfahrt von Dublin nach Holyhead wurde trotz der mangelhaften Verkehrs-Anstalten doch immer als der bequemste Weg betrachtet. Derselbe war indessen nach Telford's Mittheilung bis zum Jahr 1815 mit großen Schwierigkeiten verbunden. Der Landungsplatz auf der Irischen Seite lag innerhalb der Barre des Flusses Liffey, und die Ueberfahung derselben war nicht nur schwierig, sondern auch oft gefährlich. Der Irische Canal ist hier gegen 15 Deutsche Meilen breit und gemeinhin einem heftigen Wellenschlag ausgesetzt. Bei ungünstiger Witterung vergingen oft mehrere Tage, ehe man Holyhead erreichte. Hier wurden die Reisenden auf den kahlen und ganz ungeschützten Felsen ausgesetzt. Sie fuhren alsdann etwa 5 Deutsche Meilen weit auf den unebenen Wegen zwischen den Bergen der Insel Anglesea, bis sie die Menai-Straße erreichten. Ueber diese wurde in einem offenen Fährboote übersetzt, das nur bei einem gewissen Stande der Fluth abgehn konnte, wo es also wieder langen Aufenthalt und wenig Bequemlichkeit gab. Als dann gelangte man zu den schmalen, durch keine Brustmauern geschützten und sehr schlecht unterhaltenen Straßen von Nord-Wales, und selbst bis nach London hin befanden sich die Straßen in einem höchst mangelhaften Zustand. Die Parlaments-Mitglieder aus Irland führten stets bittere Beschwerde über die Strapazen und Gefahren, denen sie auf der Reise ausgesetzt waren.

John Rennie der ältere erhielt 1801 den Auftrag, diejenige Stelle im Irischen Canal auszusuchen, die mit Berücksichtigung der Verkehrs-Verhältnisse sich am meisten zum Uebergange der Packetböte eignete. Er entschied sich für die Linie zwischen Dublin und Holyhead. Die tief in das Land tretende Bucht am letzten Ort bildete schon im natürlichen Zustande bei vielen Winden eine ziemlich sichere Rhede, und wurde daher von den Schiffen nicht selten als Zufluchtsort benutzt. Ein geschützter und leicht zugänglicher Hafen liefs sich hier mit wenig Kosten einrichten. Auf Irischer Seite hielt er auch einen Hafen für nothwendig, damit die Packetböte nicht die Barre passiren dürften, vielmehr bei jedem Wasserstand sicher einlaufen könnten. Für den letztern wählte er aber das nördliche Ufer des Liffey, neben dem Städtchen Howth, wofür indessen das südliche Ufer passender befunden und der Hafen Kingstown erbaut wurde. Rennie entwarf die Projecte zu beiden Häfen, und 1808 bewilligte das Parlament zur Erbauung derselben die Summe von 10 000 Pfund. Die Ausführung wurde unter Leitung desselben Ingenieurs auch sogleich begonnen und beinahe beendigt. Nach dem Tode von Rennie wurde die Beaufsichtigung über die noch fehlenden Arbeiten an Thomas Telford übertragen. Letzterer hatte schon früher die Verbesserung der Strafsen in Anglesea und in Nord-Wales geleitet, und hieran schlofs sich später der Bau der bewunderungswürdigen Menai-Kettenbrücke an, die 1826 eröffnet wurde. So waren nunmehr bequeme und ziemlich sichere Anlegeplätze für die Packetböte geschaffen, und die Reisenden fuhren, sobald sie in Holyhead landeten, auf guten Strafsen weiter. Nachdem die Eisenbahnen Eingang gefunden hatten, mußte indessen für die unmittelbare Verbindung derselben mit den Anlegeplätzen der Packetböte gesorgt werden. An der Küste von Irland war diese Bedingung bereits erfüllt, da vom Hafen Kingstown (§ 33) eine Eisenbahn nach Dublin erbaut wurde. Dagegen schien es bedenklich, auf der gegenüber liegenden Seite Holyhead zu wählen, da es eines Theils zweifelhaft war, ob der Menaistrom so sicher zu überbrücken sei, daß Eisenbahnzüge die Insel Anglesey erreichen könnten. Auferdem bot der kleine Hafen Holyhead bei nordwestlichen Stürmen keineswegs die nöthige Sicherheit. Man dachte daher daran, einen Punkt am Ufer von Caernarvon-Shire,

nämlich entweder die Ormes-Bucht im Westen, oder den kleinen Hafen Porthdynllaen im Süden von Anglesey zu wählen. J. Rennie sprach sich namentlich dafür aus, während Rendel, der mit der Chester-Holyhead-Eisenbahn-Gesellschaft in Verbindung stand, nicht nur für die Möglichkeit der Ueberführung der Eisenbahn über den Menaistrom eintrat, sondern auch die Nothwendigkeit der Verbesserung des Hafens Holyhead nachwies, damit derselbe, abgesehen vom Dienst der Packetböte, auch ein sicherer Nothhafen würde, wozu man ihn bereits vielfach benutzte. Hier nach wurde 1847 die Ausführung des Hafenbaues nach Rendel's Project von der Regierung genehmigt. Gleichzeitig war auch der Bau der Eisenbahnbrücke über den von den größten Schiffen befahrenen Menaistrom in Angriff genommen. Dieses ist die 1850 eröffnete Britanniabrücke, die ihren Zweck zwar vollständig erfüllt, die aber neben Telford's schöner Kettenbrücke, als Kasten- oder Röhrenbrücke einen wenig gefälligen Anblick gewährt.

Der Hafen Holyhead liegt am hintern Ende einer trichterförmigen Bucht, oder im Eingange eines sehr flachen Meerarms zwischen der gleichnamigen Insel und Anglesey. Die Bucht, welche in nordwestlicher Richtung dem Meer zugekehrt ist, hat durchweg große Tiefe, ist etwa 2 Deutsche Meilen lang, in ihrer Mündung $1\frac{1}{2}$ und am Ende $\frac{3}{4}$ Meilen breit. Im hintern Theil ist sie gegen die meisten Winde geschützt, doch bei Nord-Weststürmen tritt darin heftiger Wellenschlag ein.

Fig. 180 zeigt die Situation des alten und des neuen Hafens. Was den ältern betrifft, so wurde auf einem in östlicher Richtung vorspringenden Felsriff ein Damm hinausgeführt, und hierdurch eigentlich der ganze Hafen gebildet. Die anschließende Bucht, die sich zuerst nach Westen und alsdann nach Süden wendet, ist etwa 220 Ruthen lang und durchschnittlich 90 Ruthen breit, sie hat sonach eine bedeutende Ausdehnung, doch fehlt ihr die Tiefe, denn bei jeder Ebbe entleert sie sich, woher sie in der Situation auch nicht als Wasserfläche bezeichnet ist. Der Boden besteht aus gewachsenem Felsen, der mehr oder weniger mit Schlamm bedeckt ist. Rennie wollte diese Bucht in ein Dock oder einen Flotthafen verwandeln, was jedoch nicht geschehn ist, und bei den bedeutenden Kosten der Umschließung, so wie der Schleuse und der nöthigen Sprengungs-Arbeiten auch kaum gerecht-

fertigt sein würde, da Holyhead in mercantilischer Beziehung wohl nie von Bedeutung werden kann. Obwohl die directe Verbindung mit Irland sowohl für den Personenverkehr, als in politischer Beziehung dem Orte grofse Wichtigkeit geben, so ist bei dessen isolirter Lage und der Abwesenheit eines reichen Hinterlandes doch ein bedeutender Handelsverkehr hier nicht zu erwarten, vielmehr werden die in Irland befrachteten Schiffe stets den Weg nach Liverpool einschlagen, wo nicht nur die industrielle Thätigkeit in unmittelbarer Nähe den Absatz sichert, sondern auch das ausgedehnte Canalnetz eine wohlfeile Versendung der Güter in das Binnenland ermöglicht.

Der Fluthwechsel im Hafen misst zur Zeit der Springfluthen durchschnittlich 15 Fufs 6 Zoll, und das Felsriff, auf dem der Damm an der Nordseite des alten Hafens erbaut ist, erhob sich stellenweise bis 5 Fufs unter Niedrigwasser der Springfluthen. Um die Felsen zu bezeichnen, stand an der Stelle, wo gegenwärtig dieser Hafendamm beginnt, ein Leuchtturm. Derselbe ist bei dem Ausbau des Hafens auf den Kopf des Damms versetzt, und an seiner früheren Stelle sieht man jetzt ein dorisches Portal, welches den Zugang zu diesem Damm bildet, und wie die Inschrift besagt, zu Ehren Georg IV., des Erbauers des Damms, errichtet ist.

Dieser Hafendamm war früher 1100 Fufs lang und erstreckte sich bis zur Tiefe von 14 Fufs bei Niedrigwasser. 1858 wurde er um 450 Fufs und bis zur Tiefe von 16 Fufs unter Niedrigwasser bei Springfluthen verlängert. Er besteht grofsentheils aus schweren Blöcken eines festen Serpentinsteins, der in der Nähe bricht. Fig. 173 zeigt sein Profil. Er lehnt sich auf der Hafenseite gegen eine Quadermauer, die sich 6 Fufs über das Hochwasser der gewöhnlichen Springfluthen erhebt, und nach einem Kreis-Segment profilirt ist. Bei ihrer Erbauung wurde theils zur Ebenung des Bodens und theils zum Versetzen der untern Schichten die Taucherglocke benutzt. An diese Mauer schliesst sich ein gepflasterter Weg von 50 Fufs Breite an, der seeseitig von einer 7 Fufs hohen und 8 Fufs starken Brustmauer begrenzt wird. Letztere sollte das Ueberschlagen der Wellen verhindern, damit man auch während eines heftigen Sturms den Damm betreten und den einkommenden Schiffen Hülfe leisten

könnte. Die Brustmauer, die zugleich die Krone der flachen see-seitigen Dossirung bildet, verhindert aber nicht das Ueberschlagen der auflaufenden Wellen. Nach den Aussagen der auf Veranlassung des Parlaments vernommenen Zeugen wird bei starken Nordwest-Winden das Betreten des Hafendamms unmöglich. Diese Mauer zieht sich im Halbkreise um den Leuchthurm herum, woher der Kopf des Damms eine bedeutend grössere Breite, als der übrige Theil der Dammkrone hat, er wird auch seewärts von einer steilen Futtermauer begrenzt, so daß die Schiffe unmittelbar an ihm vorübergehn können. Die seeseitige Böschung, die nach Rennie's Angabe eine vierfache und in der Nähe des Kopfs sogar eine fünffache Anlage erhalten hat, soll früher bis zum niedrigsten Wasser ganz regelmäsig ausgeglichen und mit grossen Blöcken abgepflastert gewesen sein. Als ich jedoch im Jahr 1852 den Damm sah, war diese Abpflasterung nicht mehr zu erkennen, vielmehr befand sich die ganze Böschung in einem höchst unregelmäsigem Zustande. Es waren theilweise tiefe Löcher darin aufgerissen und andrerseits wieder höhere Haufen von Steinen zusammengeworfen, wie dieses bei flachen Böschungen, namentlich unter Wasser, immer zu geschehn pflegt. An solchen Häfen, die keiner merklichen Fluth und Ebbe unterworfen sind, läßt sich dieses weniger wahrnehmen, als an der Englischen Küste, wenn man diese Böschungen bei niedrigem Wasser sieht.

Der Leuchthurm ist aus Werkstücken erbaut. Eilf mit Reverbeuren versehene Lampen sind in zwei Reihen übereinander aufgehängt, durchschnittlich 48 Fufs über Hochwasser der Springfluthen. Sie verbreiten das Licht von Nordwest bis Nordost.

Um den Hafen möglichst gegen Wellenschlag zu sichern, wurde von dem Felsenufer an der südlichen Seite, dem Kopf des erwähnten Damms gegenüber, noch ein zweiter ähnlicher Damm hinausgeführt, an dessen innere Seite diejenigen Dampfschiffe gelegt werden, die nicht im Dienst sind. Beide Dämme waren auf den innern Seiten ohnfern ihrer Köpfe noch mit kurzen Flügeln oder Sporen (Spurns) versehn, welche theils die dahinter liegenden Schiffe bei starkem Seegange etwas mehr schützten, theils aber auch bei niedrigeren Wasserständen Anlegeplätze für die Packetböte bildeten, indem sie in tieferes Wasser

hinausreichten. Der ältere Rennie hat solche mehrfach ausgeführt, doch kommen sie in neueren Hafenanlagen nicht vor, weil sie den Raum zu sehr beengen und oft die Bewegung der Schiffe behindern.

Die Mündung des Hafens zwischen den Köpfen dieser Dämme ist etwa 450 Fufs weit und bei niedrigem Wasser 10 bis 12 Fufs tief. Aufser dieser Hauptmündung gab es früher noch einen zweiten Zugang zum Hafen, nämlich zwischen der kleinen Insel Salt-Island, an welche der nördliche Hafendamm sich anschliesst und der Stadt. Bei ruhiger See wurde dieselbe zuweilen von kleinern Schiffen benutzt, woher sie mit einer Drehbrücke von 40 Fufs Weite überspannt war. Später ist die Eisenbahn auf einer festen Brücke darüber geführt, unter der bei passenden Wasserständen noch Fischerböte hindurch gehn.

Zur Erleichterung des Verkehrs wurde die Eisenbahn von der Station aus, die sich auf der südlichen Seite des Städtchens Holyhead befindet, bis auf den erwähnten nördlichen Hafendamm geführt, wo sie nahe vor dem Leuchthurm endet. Das Städtchen erstreckt sich aber unmittelbar bis an jene Bucht, die sich bei jedem Hochwasser anfüllt. Es blieb daher nur übrig, die Bahn auf einem Damm herumzuführen, auch mußte sie weiterhin zur Vermeidung scharfer Krümmungen in gleicher Weise an zwei Stellen über das Ufer hinausgelegt werden. Mit der Einführung gröfserer Dampfschiffe, deren Abgang übereinstimmend mit der Ankunft des Eisenbahnzuges an bestimmten Stunden erfolgen mußte, trat der Uebelstand ein, dafs vor dem nördlichen Hafendamm zuweilen die nöthige Wassertiefe nicht vorhanden war. Dieses gab Veranlassung zur Erbauung der hölzernen Landebrücke, die vom nördlichen Damm aus in den Hafen tritt, und in einen langen Flügel übergeht. Die kleine Bucht oberhalb dieses Einbaues ist später verfüllt und zur Einrichtung einer zweiten Eisenbahnstation benutzt worden. Endlich hat man auch noch den an der westlichen Seite des Hafens liegenden hohen Felsen durch einen Damm mit dem Ufer verbunden, um dadurch für Fischerböte einen gesicherten Hafen zu bilden, der freilich bei jeder Ebbe trocken wird.

Auf der Südseite des Hafens wurde bald nach dessen Erbauung ein Trocken-Dock von 45 Fufs Weite angelegt.

Dasselbe genügte indessen nicht zur Aufnahme der gröfsern Dampfschiffe. Es erhielt daher beim spätern Umbau die Weite von 70 Fufs und die Länge von 300 Fufs. Seine Sohle liegt 2 Fufs über den niedrigsten Ebben, und seine 65 Fufs weite Oeffnung wird durch ein eisernes Ponton geschlossen, das, sobald ein Schiff ein- oder ausgebracht werden soll, in eine dafür eingerichtete Bucht oder kleinen Hafen auf der östlichen Seite geschoben wird.

Schon früher (§ 32) war von der Kette die Rede, die vor der Mündung dieses Hafens über den Felsboden gespannt ist, damit die Anker der in starker Fahrt einkommenden Schiffe darin eingreifen, und die Geschwindigkeit mäßigen können. Die Figur zeigt die Lage dieser Kette.

Es ergibt sich aus diesen Mittheilungen, dafs der ältere Hafen zwar für den gewöhnlichen Verkehr genügte, auch mit den Anstalten zur Reparatur der Packetböte versehen war, dafs ihm jedoch, wenn zufällig eine lebhafte Passage eintrat, also namentlich bei Truppen-Sendungen, die nöthige Räumlichkeit und besonders hinreichende Anlegeplätze fehlten. Ausserdem traten bei nordwestlichen Winden die Wellen sehr heftig ein, und die Schiffe lagen alsdann keineswegs sicher, so wie auch bei starken westlichen Winden das Einlaufen der Segelschiffe sehr schwierig war, und die augenscheinlichste Gefahr eintrat, wenn sie zufällig die Mündung verfehlten. Als Sicherheitshafen und zur Stationirung von Kriegsschiffen war daher dieser Hafen theils wegen der vorstehend erwähnten Uebelstände, und besonders wegen der mangelnden Räumlichkeit und Tiefe ganz ungeeignet. Der ältere Rennie hatte schon in dem ersten Entwurf eine weitere Ausdehnung des Hafens in Aussicht gestellt, und zwar nicht nur durch die Umwandlung der innern flachen Bucht in einen Flotthafen, sondern auch durch Verlängerung des nördlichen Hafendamms um etwa 1000 Fufs, während dem neuen Kopf gegenüber auf einem natürlichen Felsenriff ein zweiter südlicher Hafendamm, der dem vorhandenen parallel läuft, ausgeführt werden sollte. Auf dieses Project, welches indessen selbst für kleinere Schiffe keinen brauchbaren Sicherheitshafen dargestellt, und noch weniger den Anforderungen der grofsen Schifffahrt genügt haben würde, ist man nicht wieder zurückgekommen.

Das Project zum neuen Hafen, nach welchem die Ausführung erfolgte, von dem aber später wesentlich abgegangen wurde, rührt, wie bereits erwähnt, von J. M. Rendel her. Derselbe liefs den alten Hafen ganz unberührt, weil er die nöthige Erweiterung und sonst erforderliche Einrichtung desselben für zu kostbar, andererseits aber es auch für nothwendig hielt, dafs der Verkehr während des Baues gar nicht gestört, vielmehr auch in dieser Zeit ganz unbehindert wie bisher betrieben werden könnte. Andre Ingenieure, namentlich J. Walker, waren anderer Ansicht und hielten es für angemessener, den bestehenden Hafen zu vergröfsern und mit den nöthigen Abänderungen zu versehen. Es scheint, dafs nach diesem die Vergröfsderung auf der nördlichen Seite erfolgen sollte, doch ist das Nähere hierüber nicht bekannt. Rendel sagt, eine grofse Anzahl von Projecten für den neuen Hafen seien der Admiralität vorgelegt, und ihm der Auftrag ertheilt worden, diese zu prüfen, er halte sie jedoch sämmtlich für weniger zweckmäfsig, als das von ihm entworfene, woher er dieses allein empfehlen könne. Dieses Project ist folgendes.

In der Entfernung einer Viertelmeile westwärts vom alten Hafen tritt ein Felsriff, Soldiers-Point genannt, weit in die See vor. Hier beginnt der Hafendamm, der den Sicherheitshafen gegen westliche und nördliche Stürme schützt. Er sollte sich nach diesem ersten Projecte nur von *H* bis *B* (Fig. 180), also auf 430 Ruthen Länge erstrecken. Die Tiefe misst in dieser Linie meist 40 Fufs oder darüber, bei *B* war sie 48 Fufs, und scheint seewärts auf weite Entfernung nicht zuzunehmen. Auf diesem Kopf sollte ein Leuchthurm erbaut werden, so wie auch auf dem Kopf des von Süden her entgegen tretenden Damms, für den im Allgemeinen diejenige Richtung und Ausdehnung bestimmt war, welche die Zeichnung angiebt. Die Weite der Hafenmündung war ursprünglich zu 900 Fufs angenommen, doch sollten während des Baues Erfahrungen darüber gesammelt werden, ob diese Weite angemessen oder eine Aenderung derselben nöthig sei. Der letzte Hafendamm, in der Zeichnung mit *CD* markirt, sollte mit dem anschliessenden südlichen Ufer allein für militärische Zwecke bestimmt bleiben. Hier sollten Trocken-Docks, Hellinge, Magazine, Werkstätten und andre Anstalten zum Neubau, zur Reparatur und Ausrüstung von Kriegsschiffen

engerichtet, und die Hafenmauer soweit hinausgerückt werden, daß bei jedem Wasserstand selbst Linienschiffe unmittelbar daneben liegen könnten.

Um diesen Theil des Hafens gegen die Wellen der See zu sichern, sollte von dem Kopf des zweiten Damms aus noch ein Flügel erbaut werden, der in westlicher Richtung von *D* nach *E* vortritt. Es mußte jedoch bei der Ausdehnung des Hafenbassins auch für hinreichenden Schutz gegen denjenigen Wellenschlag gesorgt werden, der sich in demselben bildet. Für die vor Anker liegenden Schiffe war diese Rücksicht entbehrlich, nicht aber für diejenigen, die an den Kaimauern liegen. Um zugleich die erforderlichen Anlegeplätze zu schaffen, wurde noch ein dritter Pier im Innern des Hafenbassins angenommen, den die Zeichnung bei *FG* in punktirten Linien angiebt. Der auf der Westseite desselben belegene Theil war der eigentliche Sicherheitshafen, in welchem die Schiffe nur vor Anker liegen, woselbst also Anlegestellen entbehrlich, und nur einige Treppen und Rampen erforderlich waren, auf denen Personen ans Ufer gelangen und Ausrüstungs-Gegenstände den Schiffen zugeführt werden konnten. Endlich sollte von spätern Erfahrungen die Ausführung anderweiter Anlagen neben dem Sicherheits-Hafen, wie Trocken-Docks und dergleichen, abhängig bleiben. Hinreichender Raum für solche war vorhanden.

Der Theil des Hafens, der sich auf der Ostseite des mittleren Piers befand, war nicht in seiner ganzen Ausdehnung für die Kriegs-Marine bestimmt, er sollte zugleich die Packetschiffe aufnehmen, die an der östlichen Seite dieses Piers anlegten. Ursprünglich beabsichtigte Rendel noch einen 500 Fufs langen Flügel von dem Kopf des mittlern Damms in östlicher Richtung auszuführen, um den Kriegs- und Packetboot-Hafen noch mehr gegen Wellen zu schützen. Er ging jedoch hiervon ab, indem er sich überzeigte, daß dadurch das Einlaufen großer Schiffe zu sehr erschwert würde. Auf diesen mittleren Pier sollte endlich die Eisenbahn gelegt werden, die nach den Anlegestellen der Packetböte führte, während auch die Schiffe der Handels-Marine an die westliche Seite desselben Piers anlegen und vorkommenden Falls, zur Befrachtung oder Ausrüstung, von dieser Bahn Nutzen ziehen konnten.

Was die Construction der äufsern Hafendämme betrifft, so entschied sich Rendel für diejenige, die nach vielfachen Erfahrungen schliesslich für Cherbourg gewählt war, nämlich für eine Steinschüttung, die vom niedrigsten Wasser ab eine starke und steile Mauer trägt. Fig. 163 zeigt das Profil derselben. Ein unmittelbares Anlegen der Schiffe kann dabei nicht stattfinden, dieses ist aber auch entbehrlich, und nur an der innern Seite des Damms *CD* mußte dieses wenigstens theilweise berücksichtigt werden, eben so durften die Steinschüttungen vor die sämtlichen Köpfe der Dämme nicht in der Art vortreten, daß sie von den Schiffen berührt werden konnten. An allen diesen Stellen sollten daher die Mauern mit Benutzung von Taucherglocken 30 Fufs unter das niedrigste Wasser herabgeführt werden.

Die ganze Hafenanlage wurde wesentlich dadurch erleichtert, daß ein überreicher Steinbruch sich in großer Nähe befand. Es war sonach die Gelegenheit zur wohlfeilen und bequemen Beschaffung von Steinmaterial in der günstigsten Weise geboten. Die Anordnungen, die Rendel in dieser Beziehung hier in großem Maafsstabe traf, verdienen ohne Zweifel die vollste Anerkennung und Berücksichtigung. Dieselben sind bereits § 63 und 64 beschrieben.

Nichts desto weniger erhoben sich vielfache Bedenken gegen das ganze Project. Zunächst wurde bezweifelt, ob der Stein, der hier bricht, für Bauten am Meer brauchbar ist und die nöthige Dauerhaftigkeit besitzt. George Rennie meinte, der Berg bei Holyhead liefere kein brauchbares Material, er sei so zerklüftet, daß man 10 bis 12 Tage sprengen müsse, bevor man einen Block gewinnt, der hinreichend groß und fest ist, um der starken Brandung am Hafendamm Widerstand zu leisten. Sein Vater habe aus diesem Grunde schon für den Damm am alten Hafen die Steine aus weiter Ferne bezogen. Andererseits wurde auch die Besorgnis ausgesprochen, daß Blöcke, welche beim Brechen hinreichend fest wären, doch durch die Berührung des Seewassers bald zerfallen würden. Wie solche Besorgnis ange-regt werden konnte, ist gewiß auffallend, da die steile Felswand an der Seeseite weder zerklüftet ist, noch einen starken Angriff durch chemische oder mechanische Kräfte erkennen läßt. Josua

Trimmer gab ein sehr zufriedenstellendes wissenschaftliches Gutachten über diese Gebirgsart ab. Nach diesem gehört sie zur Gruppe der Glimmer- und Chlorit-Schiefer. Sie besteht aus Quarz und beigemengtem Chlorit und Glimmer, geht aber stellenweise in Thonschiefer, so wie auch andererseits in reinen Quarz über. Der letztere bildet darin vielfach Gänge von geringer Mächtigkeit.

Um die Frage in Betreff der vermeintlichen Zerklüftung mit Sicherheit beantworten zu können, ließ die vom Parlament niedergesetzte Commission versuchsweise mehrere Sprengungen theils mit Pulver und theils mit Schiefsbaumwolle anstellen. Es wurden dabei sogleich Blöcke gelöst, die 20 bis 30 Cubikfufs hielten. Bei einer einzelnen Sprengung mit 20 Unzen Schiefsbaumwolle lösten sich im Ganzen 800 Cubikfufs Steine, darunter war ein Block von 315 Cubikfufs Inhalt, und eine große Menge von 6 bis 25 Fufs. Es blieb sonach kein Zweifel, daß man in dem von Rendel bezeichneten Bruch, der etwa eine Viertelmeile von Soldiers-Point entfernt ist, brauchbare Steine gewinnen kann. Es ist schon erwähnt, daß 13 Englische Cubikfufs dieses Steins in voller Masse 1 Ton wiegen. Es wurde angenommen, daß dieselben bei der gewöhnlichen Art der Verstürzung einen Raum von 18 bis 19, wenn sie aber verschiedene Größe haben und dem Wellenschlage ausgesetzt gewesen sind, noch nicht 17 Cubikfufs einnehmen.

Rendel bezeichnete die Kosten für die beiden Umschließungs-Dämme, und zwar sowohl für die Schüttung, als die Mauern auf denselben, auf 630 000 Pfund Sterling, oder etwas über 12 Millionen Mark.

Dieses Project, wonach ein Sicherheits-Hafen von 267 Acres oder 423 Morgen Grundfläche von hinreichender Tiefe dargestellt werden sollte, erfuhr vielfachen Widerspruch. Schiffsrheder, Agenten von Versicherungs-Gesellschaften, Lootsen, Schiffsführer sowohl von der Handels- als der Kriegs-Marine und selbst namhafte Ingenieure tadelten es in jeder Beziehung, und stellten es zum Theil sogar als ganz verfehlt dar, während bald dieses und bald jenes der andern Projecte empfohlen wurde. Die Admiralität sah sich daher veranlaßt, unter dem 6. April 1847 noch das Gutachten einer besondern Commission einzuholen, die aus drei Offizieren der Kriegsmarine bestand. Es sollte dieses Project,

wie die dagegen erhobenen Einwendungen sorgfältig geprüft, auch von den andern vorgelegten Projecten Kenntnifs genommen, und wenn es für nöthig erachtet würde, eine Local-Untersuchung angestellt werden.

Die Commission vernahm zunächst den Ingenieur Rendel, und liefs ihn sein Project erklären und begründen. Sodann vernahm sie alle Personen, von denen es bekannt geworden, dafs sie sich dagegen ausgesprochen hatten. Dieses geschah vom 15. bis 29. April desselben Jahrs, und alle Fragen und Antworten, stenographisch niedergeschrieben und demnächst gedruckt, wurden dem Parlament vorgelegt.

Nachdem diese Vernehmungen in London abgehalten waren, reiste die Commission nach Holyhead, um sich über einige zweifelhafte Punkte selbst ein Urtheil zu bilden. Die Untersuchungen und Versuche, die sie hier anstellte und veranlafste, sind wieder ausführlich beschrieben, und später bekannt gemacht. Das Resultat der Schlußberathung war aber, dafs die Commission in ihrem Berichte vom 22. Mai 1847 sich unbedingt für das von Rendel aufgestellte Project aussprach. Sie erhob dagegen nur das eine Bedenken, dafs die Kosten sich um 50 000 Pfund, also um 8 Procent höher stellen möchten. Hiermit erklärte sich die Admiralität einverstanden, und das Parlament bewilligte 700 000 Pfund oder 13 560 000 Mark.

Die Einwendungen, welche gegen das Project erhoben wurden, waren sehr verschiedenartig, und zum Theil widersprachen sie sich sogar. Einige Schiffs-Rheder machten nämlich Rendel den Vorwurf, er habe nur das Interesse der Eisenbahn-Gesellschaft berücksichtigt, und das Bedürfnifs des allgemeinen Verkehrs nicht beachtet, indem dem letztern nur die eine Seite des mittlern Piers zugewiesen sei, und noch dazu die westliche, wo also bei stärkerem Winde kein Schiff werde liegen können. Die Vertreter der Eisenbahn-Gesellschaft beschwerten sich dagegen, dafs sie diese Seite des Piers an das Publicum abtreten sollten und ihnen sogar zugemuthet werde, Anlegeplätze für andre Schiffe zu erbauen.

Wichtiger sind die Einwendungen, die in das Gebiet der Technik fallen. Die Erörterung derselben wird zur Erklärung

und zur richtigen Beurtheilung des ganzen Projects wesentlich beitragen, und sonach ihre Mittheilung sich rechtfertigen.

Vielfach und namentlich von Ingenieuren wurde die Behauptung aufgestellt, daß die Kosten zu niedrig angegeben seien und sich wenigstens auf das Doppelte belaufen würden. Dieses hat sich allerdings nicht nur bestätigt, sondern die Ueberschreitung ist sogar noch größer ausgefallen. Nichts desto weniger konnte die Commission ein solches Bedenken nicht für begründet halten, insofern es nur durch die Vergleichung mit andern Hafendämmen oder Wellenbrechern motivirt wurde, die in ganz andrer Weise ausgeführt waren. Der Wellenbrecher bei Plymouth (Fig. 170) enthält, wie der Anblick der zusammengestellten Profile ergibt, einen größeren Querschnitt, als für den Hafendamm von Holyhead ursprünglich beabsichtigt war. Bei der Ausführung ist man freilich nach spätern Mittheilungen hierüber weit hinaus gegangen, wie die in demselben Maafsstabe gezeichnete Fig. 146 C auf Taf. XXXI zeigt. Rendel machte aber auf den wesentlichen Unterschied der Kosten der Steinschüttung in beiden Fällen aufmerksam. Während dort die Steine an das Ufer beigefahren, auf Schiffe verladen und einzeln versenkt wurden, sollten sie hier schon im Bruch auf Eisenbahnwagen gebracht, und aus diesen unmittelbar verstürzt werden. Er erwähnte, daß bei den großen Fortschritten der Technik die frühern Erfahrungen nicht mehr maafsgebend sein könnten, daß aber für die zum Damm bei Plymouth angelieferten Steine schon unter den damaligen Verhältnissen zu hohe Preise gezahlt seien, weil die Unternehmer reiche Leute geworden wären.

Die senkrechte Mauer erregte gleichfalls viele Bedenken, doch ist dieser Gegenstand schon früher genugsam erörtert, so daß derselbe hier nicht weiter berührt werden darf. Sowohl an der See- als an der Hafenseite sollte die Mauer mit Quadern des festen Kalksteins von Beaumarais auf der Insel Anglesea verkleidet, in ihrem Kern oder in der Hintermauerung aber aus dem Thonschiefer, der bei Holyhead bricht, oder aus weichem Sandstein aus der Umgebung von Liverpool aufgeführt werden. Zu den untern Schichten sollten so hohe Werkstücke verwendet werden, daß sie selbst bei gewöhnlichen Ebben noch ohne Taucherglocke versetzt werden könnten. Dagegen war die Anwendung

der Taucherglocke sowohl bei den sämmtlichen Köpfen der Hafendämme, wie an der innern Seite des östlichen, und an beiden Seiten des mittlern Piers nicht zu umgehn, da hier die Mauern bis auf 30 Fufs unter das niedrigste Wasser herabreichen sollten.

Ein fernerer Einwand gegen das vorgelegte Project bezog sich darauf, dafs der Boden im Sicherheitshafen aus gewachsenem Felsen besteht, worauf die Anker eben so wenig, wie in der Mündung des alten Hafens eingreifen könnten. Die ganze Anlage würde sonach ihren Zweck verfehlen. Die felsigen Ufer, die sich in einzelnen Riffen und Klippen in das Meer fortsetzen, und noch mehr die grofse Klarheit des Wassers sowohl bei der Fluth, als bei der Ebbe, schienen allerdings diese Besorgnifs zu rechtfertigen, und da an dieser ganz ungeschützten Stelle bisher noch nie ein Schiff in starkem Seegange geankert hatte, so fehlte es an directen Erfahrungen in dieser Beziehung. Rendel hatte diese wichtige Frage keineswegs unbeachtet gelassen, die Entscheidung darüber jedoch in einer Weise herbeigeführt, die zwar am schnellsten die Verhältnisse ungefähr erkennen liefs, aber nicht für hinreichend sicher erachtet wurde. Der General Paisley hatte ihm nämlich einen Taucher empfohlen, der nicht nur in seiner Kunst sehr erfahren, sondern auch mit dem Seewesen bekannt war. Derselbe hatte im August und September 1846 wiederholentlich den Hafen in seiner ganzen Ausdehnung durchwandert, und den Grund mit dem Sondir-Eisen geprüft. Ueber jede Stelle, die er untersuchte, legte sich das Boot, das die Luftpumpe trug, vor Anker, und dieselbe wurde vom Ufer aus trigonometrisch bestimmt. Seine Mittheilungen ergaben, dafs der gewachsene Boden nur an wenigen Stellen frei vortritt, grosentheils aber mit einer starken Lage festen Thons überdeckt ist. Stellenweise fand er über dem Thon dicht schliessend eine Lage kleinerer Geschiebe, welche die Gröfse eines Hutes hatten. Um einige derselben schlang der Taucher eine Kette, und an dieser wurden sie heraufgezogen und Rendel vorgelegt. Letzterer meinte, dafs auch zwischen solchen der Anker leicht eingreifen und haften werde, sollte es aber nöthig sein, so könne man dieselben ohne Schwierigkeit beseitigen.

Die von andern Sachverständigen mit dem Loth angestellten

Untersuchungen ergaben dagegen, daß der Grund vielfach aus einer festen Masse bestand, die an dem eingestrichenen Talg nicht haftete. Dabei blieb es unentschieden, ob das Loth auf zusammenhängenden Felsboden, oder nur auf einzelne Geschiebe herabgesunken war. Man setzte das Erste voraus, und tadelte Rendel, daß er die Untersuchung eines so wichtigen Gegenstandes einem Taucher überlassen habe, dessen Aussagen gar nicht zu controliren wären. Zum Beweise, wie wenig Glauben die Angaben der Taucher verdienen, wurde die Thatsache angeführt, ein solcher habe ein in der Mersey versunkenes Schiff untersucht und berichtet, dasselbe sei bis zur Sohle des Stroms bereits abgebrochen, während sich nachher ergab, daß einzelne Hölzer noch drei Fufs darüber vorragten. Man machte bei dieser Gelegenheit aber noch besonders darauf aufmerksam, wie sehr gerade in diesem Hafen ein guter Ankergrund dringendes Bedürfnis sei, weil theils bei der ganz ungeschützten Lage desselben die darin liegenden Schiffe bei Nordwest-Stürmen einem sehr starken Druck ausgesetzt sein würden, theils aber bei der großen Ausdehnung des Bassins schon in demselben ein so starker Wellenschlag sich bilden werde, daß die Schiffe alsdann an den Kais und Piers nicht liegen könnten. Man fügte hinzu, daß sich freilich auch auf schlechtem Grunde die Anker halten lassen, wenn man, wie in der Mündung des alten Hafens, schwere Ketten hindurchzieht, daß dieses Mittel jedoch nur eine sehr nothdürftige Hülfe verspricht, indem man hierdurch nur einige wenige Linien darstellen kann, in welchen die Anker haften. Dazu käme aber noch, daß wenn ein zweites Schiff vor derselben Kette den Anker fallen läßt, beide Anker die Kette nach derselben Seite ziehn, und durch die wiederholten Stöße der Wellen die Anker nach und nach sich einander nähern, bis sie endlich an derselben Stelle die Kette fassen, wodurch auch die Schiffe zusammengetrieben werden und sich gegenseitig zerschlagen müßten.

Die Commission veranlaßte eine nähere Untersuchung des Bodens, und zwar mit einem Sondireisen, das in seinem untern Theil mit breiten Widerhaken versehen war. In letztern haftete der Boden, so daß man die Beschaffenheit desselben deutlich erkennen konnte. Eine birnförmige Bleimasse befand sich über diesen Widerhaken, um das Eisen beim freien Herabfallen kräftig

in den Boden zu stoßen, damit es aber zugleich seine lothrechte Stellung behielt, wurde es am obern Ende mit kreuzförmig gestellten Blechen versehen, deren Durchschnittslinie in der Achse der Stange lag. Das Gewicht dieses Apparats war 74 Pfund. Die Messung mit demselben wurde an 369 Stellen in der ganzen Ausdehnung des Hafens wiederholt, und nur etwa 50mal drang das Eisen gar nicht in den Grund ein. Diese letzten Stellen waren nicht im Zusammenhange, zeigten sich aber vorzugsweise in der Nähe des Ufers. Ohne Zweifel befanden sich unter diesen Stellen auch solche, wo das Eisen nur einen mäfsig grofsen losen Stein getroffen hatte, der das Eindringen des Ankers nicht verhindert haben würde. Sollte aber auch der gewachsene und zusammenhängende Felsboden stellenweise in einiger Ausdehnung vorkommen, so würde der Anker in denselben freilich nicht eingreifen, sondern darüber fortgezogen werden, er würde aber sogleich fassen, sobald der Fels mit Erde oder losen Steinen bedeckt ist.

Die Commission erachtete indessen diese Untersuchung noch nicht für genügend, um die überaus wichtige Frage endgültig zu beantworten, sie veranlafste vielmehr noch *directe Versuche*. Das Packetboot Otter von 237 Tons Ladungsfähigkeit, das mit einer Maschine von 120 Pferdekräften versehen war, legte sich an 62 verschiedenen Stellen in der ganzen Ausdehnung des beabsichtigten Sicherheits-Hafens vor Anker, und indem die Ruderäder rückwärts in Bewegung gesetzt wurden, und zwar mit zunehmender Geschwindigkeit, so ergab sich hieraus, bei welcher Kraftentwicklung der Maschine der Anker fortgezogen wurde. Das Resultat war, dafs bei weniger als 8 Umdrehungen in der Minute der Anker nirgend nachgab,

3mal wurde er bei 8 Umdrehungen fortgezogen,

4mal zwischen 8 und 10 Umdrehungen,

17mal zwischen 10 und 12 Umdrehungen,

17mal zwischen 12 und 14 Umdrehungen,

21mal hielt er, wenn die Maschine ihre volle Kraft entwickelte.

Um die Bedeutung dieser Versuche festzustellen, wurde dasselbe Boot in gleicher Weise im Flusse Dee verschiedentlich an solchen Stellen vor Anker gelegt, wo die Schiffer den Anker-

grund als gut bezeichneten. Die Resultate waren ungefähr dieselben wie hier. Die Commission äufserte sich demnach dahin, sie sei der Ansicht, dafs im Schutz des vorgeschlagenen Hafendamms, und zwar zur Zeit eines heftigen Sturms, unter neun Schiffen immer acht vor halbem Kabel sicher liegen, eins aber anfangen werde zu treiben, und alsdann entweder mehr Tau gegeben oder ein zweiter Anker zu Hülfe genommen werden müsse.

Das Bedenken, dafs im Sicherheits-Hafen keine *Moderbank* vorhanden sei, auf welche die Schiffe, die etwa die Anker verloren haben, aufsetzen können, erledigte sich leicht dadurch, dafs beim Abraum der Steinbrüche hinreichende Quantitäten von feinem Material gewonnen werden, um solche an passender Stelle anschütten zu können. Eben so wurde auch ein anderer Einwand nicht für erheblich erachtet. Man hatte nämlich das Bedenken aufgestellt, dafs die Schiffe, welche bei Stürmen hier Schutz suchen, oft lange zurückgehalten werden möchten, bevor ein solcher Wind eintritt, bei dem sie aus dem Hafen aussegeln und wieder das offene Meer gewinnen können. Diese Schwierigkeit tritt in allen Häfen in gewissem Grade ein. Sie ist aber in neuerer Zeit von untergeordneter Bedeutung, da bei frequenter Schifffahrt Schlepp-Dampfböte gehalten werden, die für mäfsigen Lohn bei ungünstigem Wind, oder wenn der Wind ganz nachläfst, die Segelschiffe aus dem Hafen, oder in denselben hinein bugsiren.

Wichtiger war ein andres Bedenken, das obwohl mehrfach angeregt, durch alle Vernehmungen und Untersuchungen sich dennoch nicht erledigte, und das allerdings in gewissen ungünstigen Fällen von grofser Bedeutung werden konnte. Man mufs der Commission darin beistimmen, dafs es bei solcher Anlage unmöglich ist, allen Anforderungen zu genügen, und dafs, wie man die Anordnungen auch treffen mag, dabei jedesmal gewisse Uebelstände sich zeigen. Nichts desto weniger hat gerade dieser Punkt die später eingetretene Veränderung und Erweiterung des Projects veranlafst. Derselbe bezieht sich auf das Einsegeln der Schiffe, und die Schwierigkeit besteht in folgenden Umständen.

Die westlichen Stürme sind in ganz Europa die heftigsten. Um vor diesen Schutz zu suchen, werden die Schiffe vorzugs-

weise den neuen Hafen Holyhead anlaufen. Die Bai, an welcher derselbe liegt, ist nur gegen Süden oder Osten gedeckt, gegen Westen und Norden dagegen offen. Um die Wellen nicht frei in den Hafen eintreten zu lassen, mußte die Mündung desselben an die östliche Seite verlegt werden. Wenn nun ein Schiff bei heftigem westlichen Wind in den Hafen einsegelt, so muß es an dem Kopf des nördlichen Hafendamms vorbeifahren, und um in die Mündung zu gelangen, kann es hier keine scharfe Wendung machen, es muß vielmehr in weitem Bogen in die entgegengesetzte Richtung übergehn. Ehe es die Mündung erreicht, läuft es also schon gegen den Wind, und wenn derselbe sehr stark ist, so bringt er das Schiff schnell zum Stillstand. Die Schwierigkeit wird sogar noch dadurch vergrößert, daß während der Ebbe das Wasser aus dem Hafen ausströmt. Es kann alsdann leicht geschehn, daß das Schiff nicht bis in den Hafen gelangt, sondern schon in der Mündung vor Anker gehn muß, um nicht zurückzutreiben. Das Ausbringen von Warp-Ankern, um das Schiff vollends hinein zu bringen, ist bei heftigem Wellenschlag nicht leicht, und wenigstens sehr zeitraubend, besonders wenn das Schiff nur schwach bemannt ist. Dieser Uebelstand, obwohl für das einzelne Schiff nur wenig gefährlich, muß Bedenken erregen, wenn ein zweites und ein drittes einläuft, und auch diese nicht weiter, als bis in die Mündung gelangen, und daselbst gleichfalls vor Anker gehn. Es kann sogar geschehn, daß der eigentliche Hafen, obwohl keine Schiffe darin liegen, doch hierdurch gesperrt wird. Das Mittel, welches die Commission vorschlug, um diesem Uebelstande zu begegnen, bezog sich allein darauf, daß man Buoyen in den Hafen legen solle, gegen welche die Schiffe eingeholt werden könnten. Dadurch wird das Manöver allerdings etwas leichter, als bei Benutzung der Warp-Anker, aber nichts desto weniger bleibt dasselbe im Sturm doch immer sehr mühsam und zeitraubend, und bei gleichzeitiger Ankunft mehrerer Schiffe kann jene Sperrung dabei nicht verhindert werden.

Endlich wurden auch in Betreff der zu erwartenden Versandungen und sonstigen Verflachungen Bedenken erhoben. Da thonige Ablagerungen im alten Hafen vorkommen, so glaubte man, solche auch hier besorgen zu müssen. Jedenfalls ist das

Seewasser vor Holyhead sowohl bei der Fluth, wie bei der Ebbe von einer seltenen Reinheit, daher durfte man wohl annehmen, dafs in dieser Beziehung die Wahl der Hafenstelle sich vollständig rechtfertigte.

Nach diesen Untersuchungen sprach sich die Commission unbedingt für das von Rendel aufgestellte Project aus, und noch im Jahre 1847 wurde der Bau begonnen.

Als ich 1852 in Holyhead war, sah ich die Schüttung der beiden äufsern Dämme in kräftigem Betriebe, in dem westlichen oder nördlichen erstreckten sich die Rüstungen schon über 300 Ruthen weit in die See. Mit dem östlichen hatte man auch den Anfang gemacht, wogegen der mittlere noch ganz fehlte. Es ist indessen ungewifs, ob das erste, vorstehend bezeichnete Project ganz der Idee von Rendel entsprach, oder ob dasselbe vielleicht schon nach den Ansichten Anderer geändert war. In den Vernehmungen über die zweckmäfsigste Anordnung und Construction der Hafendämme im Jahr 1860 sagte nämlich der Capitän E. Belcher, er habe gemeinschaftlich mit Rendel den ersten Entwurf aufgestellt, der nicht zur Ausführung gekommen sei. Wenn dieses geschehn wäre, so würde statt der drei Hafendämme nur ein einziger erbaut sein, und er hoffe, man werde schliesslich hierauf wieder zurückkommen.

Schon 1852 liefen zuweilen bis hundert Schiffe in den Hafen ein und fanden darin hinreichenden Schutz, indem aber die Steinschüttung für den nördlichen Damm weiter geführt wurde, so stellte sich auch eine vollständigere Abstillung der dahinter belegenen Wasserfläche ein, und um so mehr wurde dieselbe als Sicherheitshafen benutzt. Wiederholentlich geschah dieses in solchem Maafse, dafs der Raum nicht genügte, um alle Schiffe aufzunehmen, welche bei stark bewegter See hier Schutz suchten. Auch für den Handel von Liverpool gewann der neue Hafen die höchste Bedeutung. Die Bucht des Mersey ist für grofse Schiffe nur zur Zeit der höhern Wasserstände zugänglich, wenn also Fahrzeuge vor dem Eintritt der letztern ankommen, so müssen sie diese auf der ungeschützten Rhede abwarten, und sind bei westlichen Stürmen grofser Gefahr ausgesetzt. Noch häufiger soll es sich ereignen, dafs Schiffe, sobald sie die Bänke vor dem Mersey passirt haben, durch starke westliche Winde an der Fort-

setzung der Fahrt verhindert werden, und zugleich wegen der inzwischen eingetretenen Ebbe nicht mehr zurückgehn können. In diesen Fällen bietet der Hafen von Holyhead ihnen einen sichern Zufluchtsort, und seitdem derselbe eingerichtet, haben die Strandungen vor dem Mersey sich wesentlich vermindert.

Unter diesen Umständen war die Vergrößerung des Sicherheitshafens dringend geboten, und im Jahr 1854 genehmigte die Admiralität die Verlängerung des nördlichen Damms zunächst um 164 und später noch um 40 Ruthen. Da es jedoch nicht auf die Darstellung eines geschlossnen Hafens, sondern nur auf Sicherung der Rhede gegen Nordwest-Stürme ankam, so wurde die Richtung des Damms, wie die Zeichnung angiebt, nunmehr wesentlich geändert und in die Linie *BA* verlegt. Der Damm ist dieser Bestimmung gemäß ausgeführt und seine ganze Länge misst 636 Ruthen oder nahe ein Drittel Deutsche Meile. Die Ausdehnung der geschützten Rhede wurde hierdurch aber weit mehr als verdoppelt, denn zu jenen 423 Morgen kamen nunmehr noch 734 hinzu.

Es hatten sich indessen die Ansichten über den Zweck des Hafens wieder wesentlich geändert. Von der Einrichtung einer Station für die Kriegsmarine wurde ganz abgesehn. Der auf der Ostseite des Hafens von Salt-Island ausgehende Damm bis *D* mit seinen Flügeln verlor sonach vollständig die Bedeutung, und nach dem kleinen Anfange der Schüttung ist er nicht weiter fortgesetzt. Er sollte freilich auch zur Ueberdeckung der in seiner Richtung liegenden Klippen dienen, die insofern gefährlich waren, als sie gerade die Einfahrt in den projectirten Hafen begrenzten, nach dem nunmehr angenommenen Project lagen sie aber im innern Hafen, also in schlichtem Wasser und konnten daher sicher bezeichnet und vermieden werden. Endlich befand sich nunmehr der alte Hafen auch so sehr im Schutz gegen starken Wellenschlag, dafs namentlich nach der Verlängerung des Anlegedamms auf seiner nördlichen Seite die Packetböte stets hier einlaufen und mit den Eisenbahnzügen bequem in Verbindung gesetzt werden konnten.

Wenn nun auch allgemein anerkannt wurde, dafs durch die Verlängerung des Damms der Sicherheitshafen wesentlich gewonnen habe, so wurde gewifs mit Recht die einspringende Ecke

des Damms hart getadelt. Mit geringeren Kosten würde man bei andrer Wahl der Linie eine gröfsere Wasserfläche sicher gestellt haben. Auferdem aber wurde noch das Bedenken angeregt, dafs der neue Hafen mit der Zeit sich verflachen werde, wie dieses am alten Hafen der Fall zu sein schien. Namentlich war diese Besorgnifs von Calver ausgesprochen, der für die Admiralität die Aufnahme der Fahrwasser besorgte. Derselbe sagte aus, er habe gefunden, dafs seit der Erbauung des Hafens die Tiefe in demselben sich um 5, um 15 und sogar um 18 Zoll vermindert habe, und zwar seien diese Verflachungen um so gröfser, je höher der Wasserstand darüber wäre. Bei dem klaren Wasser, welches er sonst hier gefunden, sei diese Verminderung der Tiefe ihm unerklärlich gewesen, bis er einst bei einem starken Nordwest-Sturm sah, dafs die ganze Bucht sich mit trübem Wasser anfüllte.

Diese Mittheilung war in sofern etwas zweifelhaft, als Calver die Durchströmung eines Hafens zur Erhaltung der Tiefe für nothwendig hielt, und in diesem Sinn auch durchbrochene Hafendämme erfunden und empfohlen hatte. Der Capitän Washington, der gleichfalls über die Verflachungen befragt wurde, meinte, Calver sei ein so sorgfältiger Beobachter, dafs er in die Tiefenmessungen, die derselbe vor einiger Zeit ausgeführt habe, keinen Zweifel setze, dafs aber eine eben so genaue Aufnahme vor oder bei der Erbauung des Hafens nicht ausgeführt sei, die gefundenen geringen Differenzen also von den Fehlern der ersten Messung herrühren könnten. Wenn indessen das Resultat auch richtig wäre, und der Hafen in dieser Zeit um einige Zolle sich verflacht habe, so dürfe man keineswegs daraus schliessen, dafs die Verflachung in gleicher Weise fortschreiten werde. Es seien nämlich 10 Millionen Tons Steine verstürzt worden, und indem diese auf den thonigen Boden herabfielen, mußten sie grofse Quantitäten desselben in Bewegung setzen, so wie auch die Wellen bei der Einwirkung auf die Steine die Kanten derselben abgebrochen und dadurch gleichfalls dem Hafen feines Material zugeführt haben. Beides geschehe gegenwärtig nicht mehr, und sonach rechtfertige sich in dieser Beziehung für die Zukunft keine Besorgnifs.

Wenn gleich nach manchen Mittheilungen in technischen

Zeitschriften auch der Bau des mittlern Piers begonnen und der des östlichen Damms soweit geführt sein sollte, daß selbst die schwimmende Landebrücke zur Ausführung gelangte, so ergibt sich doch aus einer spätern, anscheinend zuverlässigen Nachricht, daß die Arbeiten zur Darstellung des neuen Hafens sich allein auf den Abschlußdamm an der Nordseite beschränkt haben *). Die riesigen Dimensionen desselben nahmen indessen eine lange Bauzeit in Anspruch, und erst im Sommer 1873 wurde im Beisein des Prinz-Gemahls der Königin die Vollendung des Werks gefeiert.

Der ganze Damm war durchschnittlich auf 40 Fufs, stellenweise aber sogar auf 55 Fufs Tiefe unter Niedrigwasser bei Springfluthen, ausgeführt. Wenn er anfangs auch nur die mäfsigen in Fig. 163 angegebenen Dimensionen hatte, so war man später zu viel gröfsern übergegangen, wie Fig. 146 C auf Taf. XXXI zeigt. In Niveau des Niedrigwassers ist der Damm 250 Fufs, und 50 Fufs tiefer 400 Fufs breit. Auf der Seeseite steigt die Böschung mit der Neigung von 1 : 1 vom Meeresgrund bis 25 Fufs unter Niedrigwasser an. Da von hier ab die Wellen schon die Steine in Bewegung setzen, beginnt die flachere Böschung von 1 : 2, die sich auf 15 Fufs Höhe fortsetzt, und alsdann, also 10 Fufs unter Niedrigwasser, in die sehr sanfte Neigung von 1 : 7 übergeht. Letztere erstreckt sich bis zur mittlern Mauer. Diese steht im Niveau des Niedrigwassers auf der Steinschüttung, die bereits lange Zeit hindurch von den Wellen getroffen war. Ihre ganze Höhe misst 38 Fufs 9 Zoll, und darauf ist seeseitig noch eine massive Brustmauer gestellt. Ein 40 Fufs breiter Weg, 27 Fufs über Niedrigwasser, begrenzt auf der Binnenseite die Mittelmauer und lehnt sich an eine Schälungsmauer, die nahe am Rande der Schüttung steht. Letztere fällt hafenseitig mit der sehr steilen Böschung von nahe 1 : 1 bis zum Meeresgrunde ab.

Der Kopf des Damms, auf welchem ein Leuchthurm erbaut ist, hat in der Krone die Breite von 150 Fufs und ist mit nahe senkrechten Mauern in der Höhe der Mittelmauer umgeben. Diese

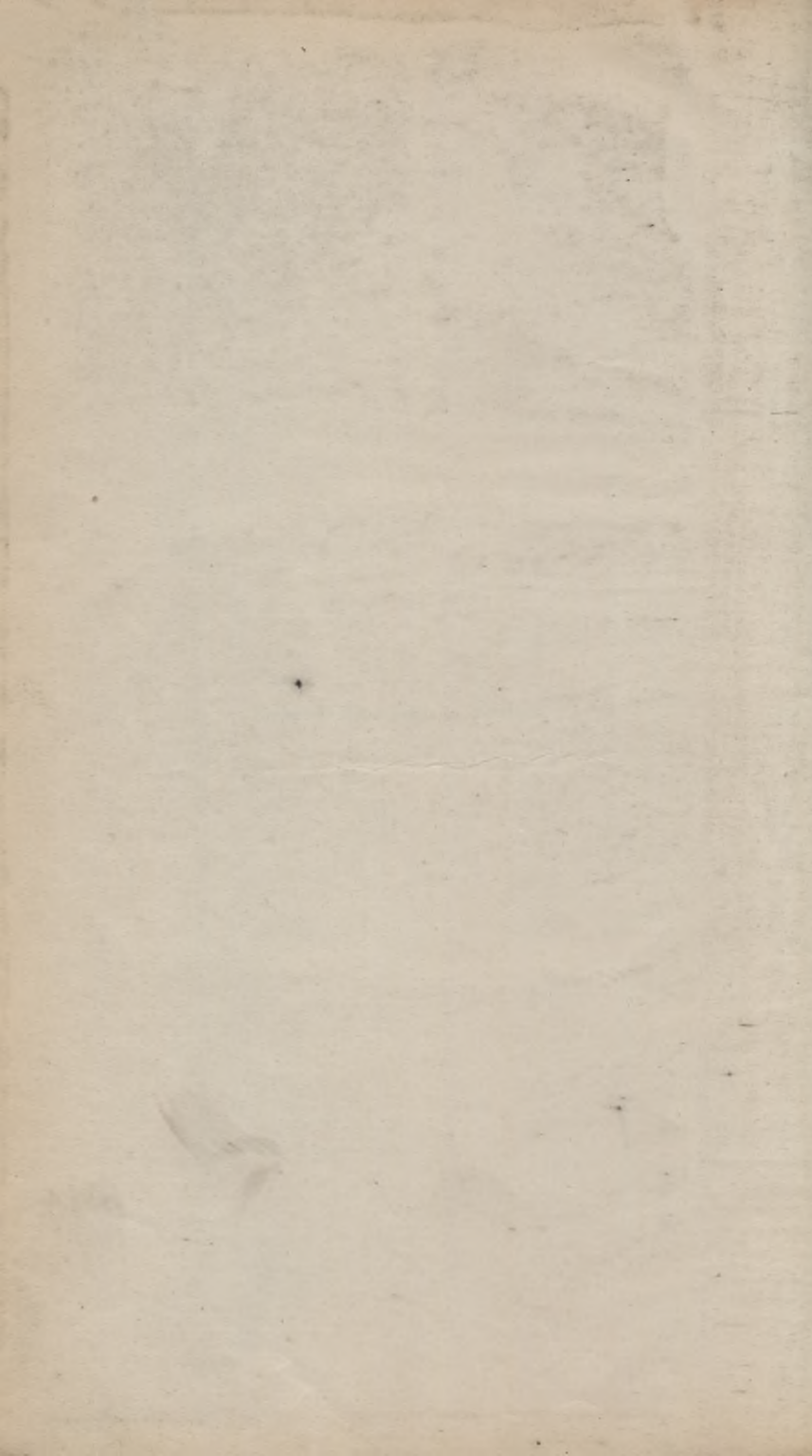
*) Engineering 1873. II, pag. 253. Hieraus sind auch die folgenden Mittheilungen entnommen.

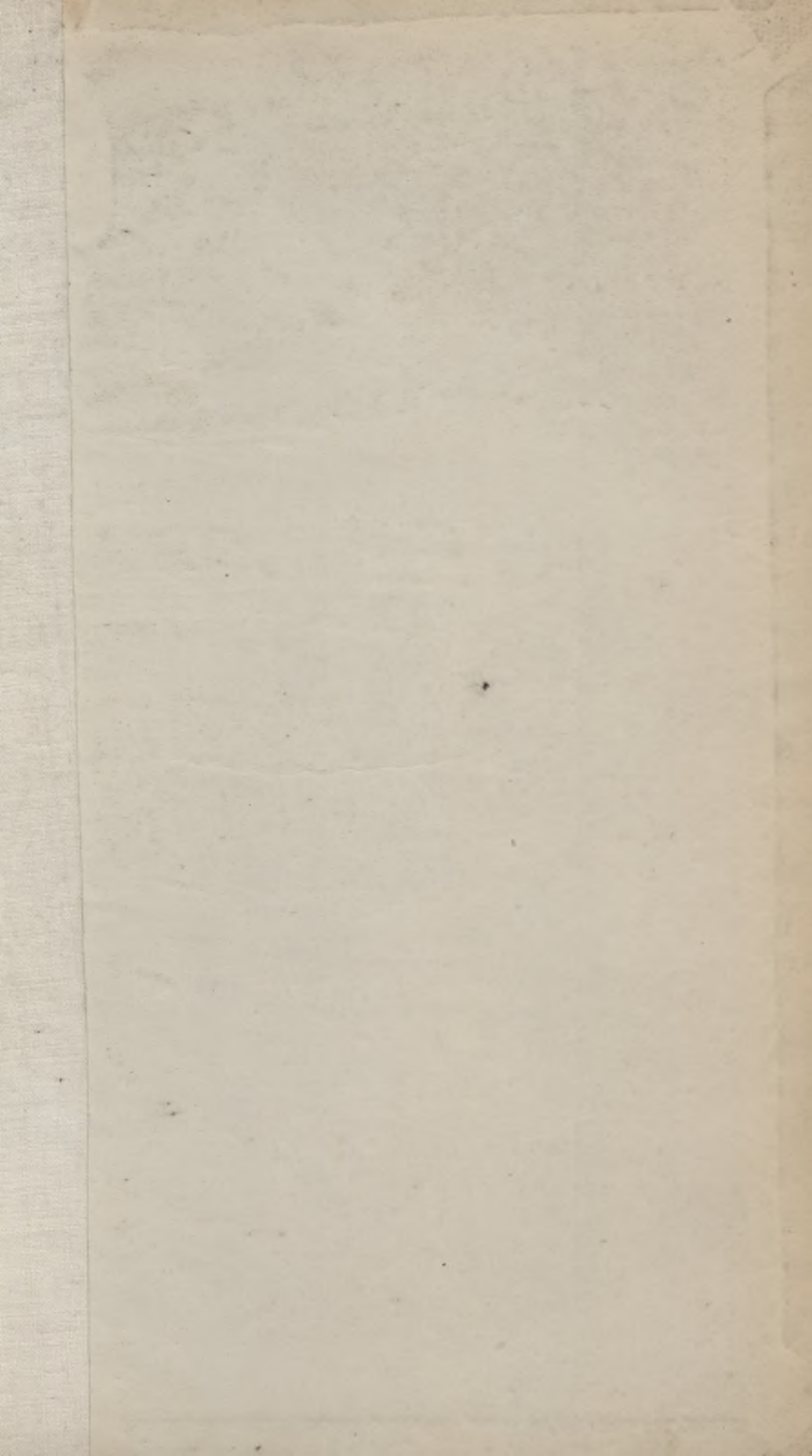
Mauern sind aber bis 25 Fufs unter Niedrigwasser durch Taucher aus den festen Kalkquadern von Anglesey in gut bindendem hydraulischem Mörtel ausgeführt. Sie stehen gleichfalls auf der Steinschüttung und sind mit Ausschluss der Hafenseite von einer Brustmauer umgeben.

Zur Schüttung wurden ungefähr 7 Millionen Tons oder etwa 700 000 Schachtruthen Steine verwendet. Man gewann dieselben in den nahe belegen Brüchen und ohne Umladung wurden sie mittelst 250 Eisenbahn-Wagen von den breiten Rüstungen aus verstürzt.

Der ganze Damm mit Einschluss der Gewinnung und Anfuhr der Steine hat 1 285 000 Pfund Sterling gekostet, also der laufende Fufs im Rheinländischen Maafs nahe 1123 Thaler. Der Bau wurde, wie bereits erwähnt, von James Meadows Rendel entworfen und bis zu dessen Tode von demselben geleitet, später trat John Hawkshaw an seine Stelle.

Ende des dritten Bandes.





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349954

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349614

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000309177

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300971