BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Chiolich-Löwensberg, Hermann von

Anleitung zum Wasserbau nach den vorzüglichsten und neuesten Quellen bearbeitet

Bd.: 3,[1]

Stuttgart 1865
4 A.hydr. 22 g-3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10479869-2

A. hydr. 227 – 3 Chiolich-Löwensberg

Anleitung

zum

Wasserbau.

Nach den vorzüglichsten und neuesten Quellen bearbeitet

von

Hermann von Chiolich-Löwensberg,

Hauptmann im k. k. Genie-Stabe, und Professor der Baukunst an der k. k. Genie-Akademie, Ritter des grossherzogl. Baden'schen Ordens vom Zähringer-Löwen.

Dritte Abtheilung:

Entwässerungen und Bewässerungen, Kanal- und Kammerschleusenbau, Fundirungen, Seebau.

Stuttgart.

Hoffmann'sche Verlags-Buchhandlung.

1865.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

III. Abtheilung.

Entwässerungen und Bewässerungen, Kanal- und Kammerschleusenbau, Fundirungen, Seebau.

I. Abschnitt.

Entwässerungen.

Einleitung.

§. 1.

Entwässerungen haben den Zweck, versumpfte Gegenden oder sonstige tiefe, mit Wasser gefüllte Bassins trocken zu legen, um sie der Kultur zu gewinnen und die ungesunden Ausdünstungen derselben zu beseitigen.

Sümpfe sind von sehr verschiedener, häufig von grosser Ausdehnung und bilden meist ebene, beinahe horizontale Flächen.

Da oft die verschiedensten Ursachen bei einer Wasseransammlung zusammentreffen, so ist es, um eine zweckmässige Entwässerungsanlage herstellen zu können, unbedingt nothwendig, dass man die Gesetze beobachte, welche das Wasser in seiner Bewegung, wie in seinem Verhalten gegen feste Körper befolgt, und dass man unter allen Umständen über den Ursprung der Nässe im Klaren sei. Je nach der Art des Entstehens der Sümpfe sind auch die Massregeln verschieden, um ihnen vorzubeugen, oder wenn sie schon bestehen, sie wieder trocken zu legen, weshalb hier vorerst die *Ursachen der Versumpfungen* kurz besprochen werden sollen.

Sümpfe können überall entstehen, wo *Boden, Lage, Wasser* und *Pflanzen* in einer gewissen Wechselwirkung stehen.

Der Boden muss für das Wasser undurchdringlich sein; d. i. wenn er nahe an der Oberfläche aus Thon, derbem Fels u. dgl. besteht, oder wenn vorhandene Klüfte durch thonige Niederschläge, nicht völlig zersetzte Pflanzenreste, oder sonst wie verstopft sind. Die Lage eines Sumpfes muss von solcher Beschaffenheit sein, dass der Abfluss des durch Bäche, Quellen oder atmosphärische Niederschläge sich ansammelnden Wassers entweder ganz gehemmt oder ein viel zu geringer ist, um das Gleichgewicht zwischen Zufluss und Abgang zu stören, gleichviel ob dieser unmittelbar durch Abfluss oder blos durch Verdunstung und durch den Vegetationsprozess geschehe. Wäre der Zufluss wesentlich grösser, so entstände ein See, umgekehrt würde die Fläche abtrocknen. Wenn in einem solchen Wasserbecken in Massen Wasserpflanzen aller Art, Seggen, Binsen, Riedgräser, Algen, Najaden, Moose, sogar strauchartige Pflanzen wie Weide u. a. m. wachsen, werden diese, einen so günstigen Standort benützend, allmählig eine dichte Vegetationsdecke bilden. Die mit dem Wechsel der Jahreszeit absterbende Vegetation wird auf den Boden sinken, um im Frühjahre immer wieder einer neuen Raum zu geben. Eine solche massenhafte Zersetzung der Pflanzenreste stempelt erst die Fläche zum *Sumpfe.* Wiederholt sich dieser Prozess eine lange Zeit hindurch, so wird der Sumpf endlich, wenn auch auf keine ganz solide Weise, ausgefüllt. Die unter Wasser befindlichen Pflanzenreste gehen aber durch die Vermoderung einer mehr oder weniger raschen Veränderung entgegen. Unter Entwicklung von Gasen (z. B. Sumpfgas), Ausstossen von unangenehmen, zum Theil auch sehr schädlichen Gerüchen (Miasmen) verlieren jene Reste ihre ursprüngliche Festigkeit, werden braun und mürbe und zerfallen endlich zu einem schwarzbraunen, erdigen Schlamme. Pflanzenreste dieser Art, sie mögen den Vermoderungsprozess bereits vollständig durchgemacht oder noch nicht beendet haben, nennt man *Torf.*

Am gewöhnlichsten erscheinen die Moore in solchen Gegenden, wo die mittlere Jahrestemperatur zwischen 3 bis 12° R. steht, weil deren Bildung durch die verminderte Verdunstung noch befördert wird,

sei diese Temperatur in der Ebene, oder wie in wärmeren Ländern erst in den höheren Gebirgen zu finden. Je üppiger der Pflanzenwuchs ist und je ungestörter der Lebens- und Vermoderungsprozess vor sich geht, desto rascher erfolgt die Torfbildung, wenn stets die nöthige Wassermasse vorhanden bleibt; denn sobald eine Vegetation mehr Wasser braucht, beginnt der Boden unter ihrem Einfluss trockener zu werden, und es ist eine bekannte Sache, dass Flächen, welche bereits zu versumpfen begonnen, z. B. durch Anpflanzung von Fichtenbeständen, wieder abtrockneten und ausgezeichneten Waldboden erhielten; so wie umgekehrt mit Wald bestandene Flächen, nachdem sie durch Brand, Stürme oder sorglose Wirthschaft vernichtet oder wesentlich gelichtet worden waren, sofort versumpften und vermoorten, wenn die übrigen Bedingungen zur Entstehung eines Sumpfes vorhanden waren.

Ist eine solche Fläche häufigen Ueberschwemmungen von Schlamm führenden Gewässern ausgesetzt, so wird hiedurch die Torfbildung unterbrochen, der Boden wird nach und nach erhöht, die vorhandenen Wasseransammlungen verschwinden, an die Stelle der Sumpfgewächse treten Landpflanzen, die Fläche wird im ungestörten Naturzustand sich bewalden, oder unter menschlicher Pflege zur Wiese, zum Acker- oder Gartenland sich gestalten. Ist dagegen das Wasser arm an Schlamm, so wird jede Ueberschwemmung die Vermoorung begünstigen und ausdehnen, das überschüssige Wasser wird stellenweise als Lache zu Tage treten, welche durch die weiter schreitende Vermoorung ausgefüllt wird. So wird es fortgehen, bis der Wasserüberschuss an irgend einer Stelle austreten und als Quelle oder Bach abfliessen kann.

Auch findet man die Erscheinung, dass vorhandene Teiche oder Seen durch Bäche oder Flüsse, welche in sie einmünden oder sie durchströmen und Geschiebe mit sich führen, ganz oder theilweise ausgefüllt werden, wozu aber oft die Thätigkeit von Jahrhunderten oder gar Jahrtausenden erforderlich ist. Ehe dieses aber zu Stande kommt, wird der Boden, sobald er sich bis nahe an die Oberfläche erhöht hat, Wasserpflanzen zu tragen im Stande sein, womit die Entstehung des Sumpfes beginnt, durch dessen Fortschreiten eine Stauung aufwärts hervorgebracht und dadurch der Grund zur Sumpfbildung in den einmündenden Gewässern selbst gelegt wird. — Wenn fliessende Gewässer viele Geschiebe mit sich führen und da, wo sie dieselben wegen Mangels an Gefälle nicht mehr bewältigen können, ablagern, wird die Sohle derart erhöht, dass der Abfluss des Wassers gehemmt wird, wodurch eine Stauung eintritt, welche auch die Versumpfung der benachbarten Gelände einleitet. — Aber auch solche Gewässer, welche keine Geschiebe, selbst nicht einmal nennenswerthe Mengen von Schlamm mitführen, können Versumpfungen hervorrufen, wenn sie durch öftere oder langdauernde Anschwellungen die Wasser der Seitenbäche stauen und zum Eindringen in den Boden, sowie zum Ueberfliessen zwingen, besonders wenn das Wasser in solche Vertiefungen tritt, wo es wegen nicht durchlassenden Bodens nicht versickern und nur bis zu einer gewissen Höhe wieder ablaufen kann. Diese Erscheinung findet man auch längs mancher Ströme, wo bei Hochwassern hinter den Eindeichungen Wasseransammlungen zu Tage treten.

Endlich entstehen Sümpfe auch am Meere, mit oder ohne Einwirkung von Ebbe und Fluth. Hier ist die Verstopfung der Mündungen von Flüssen und Bächen, welche sich in die See ergiessen, sehr häufig die Ursache ihrer Entstehung. Der Wellenschlag bewirkt diese Schliessung der Mündungen und wirft Sandbänke und Dämme vor letzteren auf. Erfolgt auch eine solche Schliessung nicht vollständig, so wird doch häufig die Mündung in der Hauptrichtung des Windes und des Küstenstromes so weit verlegt, dass eben diese Verlängerung wieder die schnelle Abführung des Wassers verhindert. Findet der Küstenstrom nicht statt, so legt sich das Material des Flusses dicht vor dessen Mündung und bewirkt allmählig eine Verlängerung des Flusslaufes in die See hinein, wie uns das stetige Vorschreiten der Mündungen des Po, der Nogat und vieler anderer Flüsse beweist, wodurch abermals eine Gefällsverminderung, eine Erhöhung des Wasserspiegels und sonach eine Versumpfung veranlasst wird. Die an der Mündung der meisten grossen Flüsse befindlichen Niederungen dürften auf diese Art entstanden sein und nehmen, da jetzt die Waldungen nur zu viel zerstört werden, an Ausdehnung immer mehr zu, als es früher der Fall war. Die Waldungen hielten das Regenwasser zurück, so dass es sich nicht nur langsam in den Betten der Bäche und Flüsse ansammeln konnte, sondern verhinderten es auch, unterwegs Erde und Sand aufzunehmen. Die Zerstörung der Waldungen wirkt daher nicht allein auf die Verlängerung der Flussläufe und auf die Versumpfung der Niederungen an der See, sondern auch auf die allgemeine Erhöhung ihrer Bette, und gibt sonach auch Veranlassung zu Versumpfungen im Binnenlande.

Erwägt man, welche Verheerungen in solchen

Gegenden durch die herrschenden Sumpffieber veranlasst werden, indem Tausende von Menschen entweder sterben oder ein lebenlanges Siechthum davon tragen, ferner welche grosse Flächen Landes durch die Sümpfe der Kultur entzogen werden, so wird man dem Ausspruche gewiss beistimmen: man möge es als wahre Pflicht betrachten, das Möglichste aufzubieten, um diesem Uebel zu steuern.

Bei allen vorzunehmenden Entwässerungen muss man darauf bedacht sein, dass man der Bodenfläche nicht zu viel Wasser entziehe, da eine gewisse Feuchtigkeit wieder eine nothwendige Bedingung der Vegetation ist. In dieser Beziehung liefert uns die Anlage des Landwehrkanals im Süden von Berlin ein Beispiel: die anliegenden Feldmarken sind durch die den Zwecken der Schifffahrt entsprechende tiefe Lage des Kanalbettes so entwässert worden, dass sie für den dort früher betriebenen Anbau von Gartengewächsen, namentlich Hackfrüchten, zu trocken geworden. Man hat deshalb diese Grundstücke tiefer gelegt; die obere gute Erde wurde abgehoben, die darunter liegende sogenannte todte Erde auf 3 bis 4 Fuss Tiefe weggeräumt und dann die gute Ackererde wieder aufgebracht. Da diese todte Erde als Mauersand verwerthet werden konnte, so deckte dies die nothwendigen Kosten. Bei Entwässerungen von Wiesenländereien ist es demnach am sichersten, wenn der Entwässerung gleich die Bewässerung folgt, und man bei der Entwässerung die Ableitungsgräben so führt, dass sie die später herzustellende Wässerungsanlage nicht behindern.

Oft ist man aber nicht einmal in der Lage, so stark entwässern zu dürfen, als vielleicht erwünscht wäre, weil dadurch fremde Rechte verletzt werden könnten. — Handelt es sich um solche Flächen, wo es leicht ist, eine Entwässerung, die sich als nicht wirksam genug zeigen dürfte, verstärken zu können, so lasse man diese Verstärkung nach und nach eintreten, weil man dadurch das Richtige mit den wenigsten Kosten trifft.

Nicht immer ist man so sehr Herr der Verhältnisse, um die Entwässerung nach Belieben regeln zu können, und oft muss, besonders wenn Schleusen u. s. w. zu erbauen sind, die Tiefe gleich anfangs festgestellt werden. In einem solchen Falle wird vorerst eine kleine Fläche so weit als möglich abgetrocknet, um daran den Erfolg zu erproben, während man eine andere in eine den vorhandenen Umständen entsprechende zweckmässigste Lage versetzt. Ein oder zwei Jahre werden hierüber genügend belehren, was das Zweckmässigste sein wird. Kann man sich aus ähnlichen ausgeführten Arbeiten der Umgebung Rath verschaffen, so wird ein solcher Versuch nicht nöthig sein.

Um das Projekt zur Entwässerung irgend eines Terrain-Theiles aufzustellen, muss man sich zuerst durch eine genaue Localuntersuchung von der Ursache der Versumpfung oder der Ansammlung des Wassers Rechenschaft geben, denn nur auf Grundlage einer solchen richtigen Erforschung lassen sich die zum Gelingen des Unternehmens geeignetsten Mittel ergreifen. Weiter ist eine genaue Aufnahme des Terrains erforderlich, wie auch bei einem Sumpfe ein Nivellement zur Erforschung des Gefälles zwischen dem höchsten Punkte des Wassereinflusses, dem tiefsten Theile desselben und dem Orte, wohin das Wasser zu leiten kömmt; um so mehr aber dann, wenn der Sumpf stellenweise stark verwachsen, dadurch der Wasserspiegel vielfach unterbrochen ist und derselbe keine horizontale Ebene bildet. So lange dieses Gefälle nicht genau ermittelt ist, hat das Projekt keine feste Grundlage. — Ist die zu entwässernde Fläche ein See oder hoch mit Wasser bedeckt, so ist die Ermittlung der Höhenlage des Bodens am leichtesten, weil der Wasserspiegel eine horizontale Oberfläche annimmt und es verwandelt sich das Nivellement in eine Tiefenmessung. Bei einem Sumpfe fehlt es aber gewöhnlich an nöthigen Punkten, die fest genug sind, um das Instrument mit Sicherheit aufstellen zu können, man muss sie daher entweder wählen, wo sie sich gerade vorfinden, oder auch durch Rüstungen sie künstlich bilden, und von diesen aus die Höhe des umgebenden Bodens an fest eingestossenen Latten bestimmen. Die Resultate dieses auf einen gemeinschaftlichen Horizont (gewöhnlich der tiefste Punkt des Ausflussortes) sich beziehenden Nivellements müssen auf der Karte durch Zahlen so angedeutet sein, dass man ein deutliches Bild von der ganzen zu entwässernden Fläche erhält, denn durch verzeichnete Profile erreicht man diese Deutlichkeit nicht. Bei fliessenden Gewässer, die längs eines Flusses laufen oder diesen durchkreuzen, ist das Nivellement besonders genau durchzuführen; auch die Wassermengen solcher Gewässer müssen unter allen Verhältnissen genau bekannt sein.

Von selbst versteht es sich, dass der Boden ganz besonders genau untersucht wird, und zwar nach der Beschaffenheit, nach den Bestandtheilen und der Mächtigkeit der eigentlichen Krume sowohl, als des Untergrundes, namentlich ob nicht unter dem undurchlassenden, kiesige oder zerklüftete Schichten vorkommen u. s. w. Bei Mooren ist besonders die

Tiefe des gewinnbaren Torfes genau zu ermitteln, da die landwirthschaftliche Benützung davon abhängt, ob man die Fläche ganz abbauen kann oder nicht. Einige Bohrungen mit dem Erdbohrer werden hiebei in den meisten Fällen genügen. Je lockerer der Boden ist, um so mehr muss man sich auf eine Verdichtung desselben, d. i. auf ein Senken nach der Entwässerung gefasst machen, was bis zu ⅓ der Mächtigkeit und oft mehr betragen kann. Diese Senkung ist beim Entwurfe der Entwässerung wohl zu berücksichtigen. Auch muss der Zustand des Bodens beachtet werden, inwiefern er blos nass, versauert oder versumpft ist, und man muss den Zweck vor Augen haben, auf welche Weise man den Boden nach der Trockenlegung zu benutzen gedenkt. Eben so sind die klimatischen Verhältnisse massgebend. Insbesondere kommt es hiebei auf die atmosphärischen Niederschläge an, weil von ihnen nicht nur die Trockenlegung, sondern auch die Trockenhaltung abhängig ist. Man muss nicht allein die jährliche Regenmenge kennen, welche auf die Sumpffläche niederfällt, sondern auch diejenige, welche an einem oder zwei auf einander folgenden Tagen gefallen ist und am meisten Wasser lieferte.

Je nach den gegebenen Verhältnissen kann ein Sumpf durch entsprechende *Senkung des Wasserspiegels,* oder durch *Erhöhung des Geländes (Colmation),* trocken gelegt werden.

Wenn es die Verhältnisse gestatten, so wird die *Senkung des Wasserspiegels* in den meisten Fällen am einfachsten und sichersten zum Ziele führen. Sie kann auf folgende Arten bewirkt werden:

1) Durch Senkung des Wasserspiegels des in der Nähe befindlichen Baches, Flusses oder See's, so dass sich die Nässe des Terrains in diesen hineinzieht und abgeführt wird.

2) Durch Entfernung des fremden Wassers, d. h. Abfangung und Ableitung desjenigen Wassers, welches von höher gelegenem Terrain dem zu entwässernden zufliesst.

3) Durch Anlage von Entwässerungsgräben.

4) Durch die Drainage und Anlage von Sickergräben, endlich

5) durch künstliche Entwässerung mittelst Wasserhebemaschinen.

An der Spitze der Entwässerungsoperationen steht die von unten nach oben vorzunehmende Räumung der natürlichen Wasserläufe. Die Verstopfung eines Flussbettes durch darin wachsende Kräuter oder sich ablagernde Erdarten ist oft schon hinreichend, den Abfluss des Wassers zu verhindern, so dass Sümpfe sich erzeugen, die in grösserer oder geringerer Ausdehnung den ganzen Boden des Thales bedecken. Durch die Ausräumung des Flusses oder des Baches, manchmal durch das blosse Ausschneiden des Unkrautes, kann man diesen nachtheiligen Umstand beseitigen. Angezeigt ist, die Ausräumung des Baches zu benützen, um sein Bett einigermassen zu reguliren, d. i. scharfe Krümmungen zu beseitigen.

Entwässerung durch Senkung des in der Nähe befindlichen natürlichen Wassers.

§. 2.

Ist die versumpfte Fläche durch allmählige Erhöhung eines in der Nähe befindlichen Flusses entstanden, so muss man trachten, den Wasserspiegel desselben zu senken, um Abzugsgräben in denselben einmünden lassen zu können. Durch Geradeleitung des Flusses vergrössert sich wie bekannt das Gefälle, es entsteht ein rascherer Abfluss des Wassers, wodurch eine Senkung des Wasserspiegels hervorgebracht wird. Die Mittel hiezu wurden im Kapitel des Strombaues ausführlich beschrieben.

Unter vielen Flussregulirungen geben zugleich als Entwässerungs-Anlagen ein grossartiges Beispiel die Durchstiche am Oberrhein, durch welche grosse Sumpfflächen in fruchtbare Fluren umgewandelt worden sind. Zwischen Neuburg, etwa eine Meile oberhalb Karlsruhe und der Mündung des Frankenthaler Kanals, d. i. eine Meile unterhalb Mannheim, wurden in einer Stromlänge von 15⅔ Meilen, siebzehn Durchstiche ausgeführt, wodurch man die Stromlänge auf 10 Meilen reducirte, und eine Senkung des Wasserspiegels bei Hochwasser um 5 und bei Mittelwasser um 3 Fuss unter dem früheren erzielte. Auch die bereits beschriebene Geradeleitung der Linth zwischen dem Wallenstädter und Zürcher See liefert den Beweis, welche Erfolge durch die Tieferlegung des Wasserspiegels erreicht werden können. Durch den sehr geraden und regelmässigen Kanal, der das neue Bett der Linth bildet, war in kurzer Zeit der Wasserspiegel des Wallenstädter See's um 8 Fuss gesenkt worden.

Hat der Fluss, in welchen der Entwässerungsgraben einmündet, schon einen geregelten Lauf, so bleibt zur Senkung des Wasserspiegels der zu entwässernden Fläche nur noch der einzige Ausweg, dass man die Mündung des Grabens in den Fluss weit möglichst abwärts verlegt. Besonders ist dies Mittel in den Fällen angezeigt, wenn der Fluss ein

stärkeres Gefälle hat, als ihm nothwendig ist, viel Sand oder gröberes Geschiebe mitführt, und sein Gefälle nicht ermässigt werden darf. Das in einem solchen Entwässerungsgraben fliessende Wasser eines Sumpfes verursacht, in Folge des geringen Gefälles des Grabens und weil es keine Bestandtheile mitführt, keine Versandungen, und das Profil des Kanals bleibt unverändert. Auf solche Weise kann leicht ein Abzugsgraben, der 2 bis 3 Fuss tiefer als der Fluss liegt, in einer angemessenen Entfernung sich weiter abwärts in diesen ergiessen.

Oft kreuzen im Sumpfe fliessende Bäche einen Abzugsgraben. In solchen Fällen muss man, damit das vom Bache mitgeführte Material den Graben nicht verflache, diese beiden Wasserläufe von einander trennen, d. i. man muss den einen Wasserlauf über den andern fortführen. Der Abzugsgraben wird beinahe in seiner ganzen Länge tiefer als der ihn aufnehmende Fluss liegen, was bei dem Bache, der in kürzerer Entfernung in den Fluss mündet, nicht der Fall sein kann; deshalb wird man immer den Bach mittels eines Brückenkanales über den Graben führen müssen.

Während eines Hochwassers des Flusses wird das ohnehin geringe Gefälle der Abzugsgräben ganz aufgehoben und die Entwässerung hört während dieser Zeit nicht nur auf, sondern es würde auch das Hochwasser des Flusses durch die Gräben in die zu entwässernde Gegend treten und diese inundiren. Man muss demnach wo solches zu fürchten ist, besonders wenn die höchsten Anschwellungen des Flusses in eine Jahreszeit fallen, wo die Cultur dadurch leidet, eigene Anlagen anbringen, welche das Hochwasser verhindern in die Gräben einzudringen. Diese Anlagen bestehen aus Sielen, wie solche schon bei Gelegenheit des Deichbaues beschrieben wurden; hiezu eignen sich besonders die Klappsiele gut. Zu bemerken wäre hier nur, dass man diese nicht unmittelbar am Ufer eines Flusses oder am Strande des Meeres wegen der daselbst zu gefährlichen Lage erbauen soll, doch aber auch nicht gar zu weit davon entfernt, weil sich dieser Theil des Grabens schnell verlandet und oft geräumt werden muss. Durch Deiche, welche mit dem Siele verbunden werden, muss man noch den Abschluss vervollständigen, weil ein Siel nur dann den Eintritt des Hochwassers verhindern kann, wenn es in einem hohen wasserfreien Ufer liegt, welches aber beinahe nie vorkommt. — Die Ansmündung des Abzugsgrabens muss den Fluss an einer hinreichend tiefen, und an einer vor Versandung möglichst geschützten Stelle treffen, in welcher Beziehung sich vorzugsweise die Stromkrümmungen, und zwar ihre konkaven Ufer empfehlen.

Manchmal liegen in den Abzugsgräben selbst künstliche oder natürliche Wehre, die einen schädlichen Aufstau bilden. Häufig sind es Mühlenanlagen, welche Versumpfungen veranlassen und durch deren Beseitigung das Uebel auch gehoben werden kann. Zuweilen aber ist eine gänzliche Beseitigung solcher Mühlenanlagen nicht erforderlich und es genügt, einen entsprechend weiten und entsprechend tiefen Grundablass herzustellen.

Viele Seen in Gebirgsgegenden sind dadurch gebildet, dass einzelne Bergrücken wie Wehre, die man natürliche Wehre nennen könnte, Thäler absperren uud Gelegenheit zum Ansammeln des Wassers geben. Dieses staut sich so hoch, bis es an der niedersten Stelle wie über ein künstliches Wehr abfliesst. Die Nothwendigkeit des Ablassens oder der Senkung des Wasserspiegels solcher Seen tritt sehr selten ein, bietet aber in der Regel grosse Schwierigkeiten dar. Das grossartigste Beispiel der Tieferlegung des Wasserspiegels eines solchen See's, liefert die des Lugern-See's in der Schweiz. Der Grund dieses Unternehmens war, kulturfähiges Land zu erhalten. Es wurde hiezu durch einen Bergrücken 145 Fuss unter der Oberfläche des Sees ein sanft ansteigender Stollen gegen den See getrieben, so dass man nach einer jahrelangen Unterbrechung der Arbeit in einer Höhe von 126 Fuss unter dem Wasserspiegel und 228 Fuss jenseits des Seerandes anlangte. Am Ende dieses Stollens wurde die 15 Fuss dicke Felswand, nachdem man vergebens durch Bohrungen sie zu öffnen versucht hatte, durch einen vertikal aufwärts gehenden Schacht bis auf 4 Schuh geschwächt und endlich, nach Verdämmung mittels einer Ladung von 950 Pfund Pulver, glücklich gesprengt, worauf nach 10 Tagen das Wasser bis zum Niveau der Stollenmündung abgelaufen war. In diesem Stollen musste, um die Gegend, durch welche das Wasser abgeleitet worden, vor Ueberschwemmung zu schützen, eine Schütze aufgestellt werden. Die Anlage solcher Stollen ist Sache Bergbauverständiger.

Natürliche Wehre, wie Kiesbänke, Felsen u. s. w. können, wenn es sich um eine so grosse Senkung des Wasserspiegels nicht handelt, auch einfacher u. z. durch Aufräumen, Sprengen u. s. w. entfernt werden.

Entwässerung durch Entfernung des fremden Wassers.

§. 3.

Sumpfige Flächen, welche die niedrigsten Stellen der Flussthäler einnehmen, werden nicht nur durch das Wasser des Flusses, sondern auch durch eigene vom höheren Gelände kommende Bäche gespeist. Je geringer die vom Sumpfe abzuführende Wassermenge ist, um so leichter kann dieses geschehen. Wenn man nun das fremde von höheren Geländen kommende Wasser vom Sumpfe abschliesst und dieses durch eine eigene Leitung für sich, ohne dass es sich im Sumpfe ausbreiten kann, ableitet, so erreicht man nicht nur den Vortheil, dass man das eigentliche Sumpfwasser, weil die Quantität desselben eine geringere ist, leichter ableiten kann, sondern auch, dass man die Abzugsgräben von jeder möglichen Erhöhung und von allen Niederschlägen bewahrt, welche durch die Bäche oder auch kleineren Flüsse, die sich in die Niederung ergiessen, zur Zeit ihrer Anschwellungen entstehen könnten und eine häufige Räumung und Vertiefung der Abzugsgräben nöthig machen.

Dieses fremde Wasser kann je nach der Situation auf zweierlei Weise vom Sumpfe entfernt gehalten werden: Entweder kann man den Bach am Fusse der Niederung, welche den Sumpf umgiebt, auffangen und ihn längs des Sumpfes umleiten, so dass er an dessen tiefster Stelle erst seine Ausmündung hat, oder man kann den Bach durch die Niederung selbst durchführen.

Die Umleitung eines solchen Baches ist aber nicht immer ausführbar, weil sich die Niederung manchmal so weit nach beiden Seiten erstreckt, dass die Herstellung eines neuen Bettes eine zu grosse Arbeit wäre. Häufiger ist man demnach gezwungen, den Bach durch die Niederung durchzuführen; in diesem Falle muss man die zu entwässernde Fläche auf jeder Seite des neuen Bachbettes besonders behandeln, und die eigentlichen Ableitungsgräben unmittelbar neben das neue Bett legen.

Es kann der Grund der Versumpfung auch darin liegen, dass das vom höheren Gelände kommende Wasser an irgend einem Orte, wo die undurchdringliche Schichte zu Tage tritt, entweder als Quelle, oder sikernd an der Oberfläche und zunächst unter dieser erscheint, und bei vorhandenen geringen Neigungen oder Hindernissen stagnirend werden. Vorzugsweise kommt dieses im Gebirge und längs der Hochgestade grösserer Flüsse vor, wo dann häufig an solchen Orten Moore entstehen; an den Hochgestaden besonders dann, wenn alte Flussarme bis dahin reichen, die längst nicht mehr mit dem Hauptflusse in Verbindung stehen. — Wenn man zwischen Berg und Sumpf Gräben zieht, welche wo möglich so tief in den undurchdringlichen Untergrund eingreifen, dass in diesem Theil des Grabens die einfallenden Wasser Platz finden und abziehen können, so kann durch diese Umfassungsgräben der Grund der Versumpfung gehoben werden. In der Regel aber werden an den übrigen Theilen des Sumpfes noch Seiten-Ableitungsgräben die vollständige Trockenlegung bewirken. Taf. I, Fig. 346 zeigt eine solche Anlage, wobei die ursprünglichen Bach- und Quellenrichtungen durch punktirte Linien bezeichnet sind.

Sollte durch Ueberschwemmungen von benachbarten Gewässern Wasser in undurchlassende Vertiefungen eindringen, aus welchen es nicht abfliessen kann, so ist dies ein weiterer Grund der Sumpfbildungen. In diesem Falle schützen Dämme oder Deiche, welche die Ueberschwemmung abhalten. Wenn es sich um die bei Hochwasser unter den Dämmen, wo solche über Kies- oder ähnliche wasserdurchlassende Schichten gelegt sind, hervordringenden Quellwasser handelt, so können oft gegen deren Eindringen in wasserundurchlassende Mulden ebenfalls Dämme schützen. Nicht selten ist es der Fall, dass in solchen Mulden durchlassende Stellen erscheinen, welche Wasser enthalten (Quellkessel), das mit dem des Flusses steigt oder fällt, so dass es oft nöthig wird, auch diese letzteren einzudämmen. Selten wird es gelingen, die Deichsohle so zu vertiefen, dass die durchlassenden Schichten durchbrochen werden und man auf eine undurchdringliche stösst, über welche man den Deich anschütten kann. Von selbst versteht es sich, dass, wenn auch das Wasser abgehalten werden kann, doch Abzugsgräben zur Trockenlegung des Sumpfes nöthig werden.

Hier wäre noch der Fall zu erwähnen, dass, wenn ein Bach oder selbst ein kleinerer Fluss nach und nach durch Geschiebe, Schlamm u. s. w. seine Sohle und Ufer an den meisten Stellen erhöht, während an einzelnen Stellen das Wasser bei höheren Wasserständen hinter die erhöhten Ufer austritt, auch das Gelände an beiden Ufern versumpfen muss. Man kann in solchen Fällen entweder auf den erhöhten Ufern und an den tieferen Stellen Dämme errichten und das Gelände auf jeder Seite für sich durch ein Grabensystem trocken legen, oder ebnet man, wenn es möglich ist, die erhöhten Stellen aus und

richtet den Bach oder Fluss selbst zum Entwässerungsgraben her. Im letzteren Falle müssen die Ufer mit der Umgebung in einerlei Höhe liegen. Man sieht in Gebirgsgegenden häufig die seitwärts herabkommenden Bäche auf 10 bis 20 Fuss hohen Erdrücken über dem Wiesengrunde fliessen, die durch allmählige Ablagerung des Materials entstanden sind. Man bemühte sich durch Erhöhung der Deiche den Bach immer von den Wiesen abzuhalten, die er sonst mit Geschiebe überdecken würde und so bildete sich von selbst die auffallende Erhöhung und gleichmässige Steigung des Bettes. Auch grössere Ströme, wenn sie vor ihrer Mündung weite Niederungen berühren, zeigen, obgleich in weit geringerem Masse, ähnliche Erscheinungen, wie z. B. der Rhein in der Nähe von Utrecht.

Die Regulirung der Linth (siehe erste Abtheilung) bietet ein interessantes Beispiel der Abhaltung des fremden Wassers. Weder der Molliser- noch der eigentliche Linthkanal nehmen ein fremdes Wasser auf; dieses wird zu beiden Seiten dieser Kanäle in besonderen Gerinnen nach dem Zürcher See geleitet. Der Grund dieser Trennung, welche die Anlage von drei Kanälen nöthig machte; ist einerseits der, dass man den Hauptkanal nicht der Gefahr aussetzen wollte, durch starke Fluthen, welche von seitwärts eintreten, in seinen Ufern angegriffen und durch Materialablagerungen wieder gesperrt zu werden. Anderseits führen die Seitenkanäle in trockener Jahreszeit auch wenig Wasser ab, und es senkt sich sodann ihr Wasserspiegel tief unter den des Hauptkanals, wodurch es möglich wird, das Thal als Weideland und Wiese zu benützen. Damit jedoch die Seitenkanäle nicht durch Materialablagerungen verschüttet werden, wird an entsprechenden Stellen das Bergwasser vorher durch Steinschwellen, eine Art steinerne Wehre, in natürlichen Vertiefungen aufgestaut, damit es sein Material ablagere und im reineren Zustande in den Kanälen ankomme. Auch die Linth, selbst als wilder Bergstrom, wurde durch den Molliser Kanal auf eine eigenthümliche, bei der Linthkorrektion beschriebenen Weise, zuerst in den Wallenstätter See geleitet, damit sie ihr mitführendes schweres Geschiebe daselbst ablagern kann, von wo aus erst die weitere Geradeleitung und Tieferlegung des Flussbettes begonnen hatte. Interessant ist die Gefällsvertheilung des Nefelser- und Molliser Kanals, indem dadurch einer Materialablagerung in diesen Kanälen und somit auch einer Erhöhung der Flusssohle derselben für immer vorgebeugt würde.

Um die Profile der neuen Fluss- oder Bachbette anzugeben, muss man zuerst die betreffenden, durch sie abzuführenden Wassermengen kennen, indem sich die ersteren nach den letzteren richten müssen. Die Wassermenge, welche der Fluss und die in die Niederung sich ergiessenden Bäche abführen, lässt sich zur Zeit der höchsten Anschwellungen durch direkte Messungen in der schon beim Strombau besprochenen Weise finden. Hingegen muss die Wassermenge, welche dem neuen Bette unmittelbar vom Sumpfe zugeführt wird, nach der Ausdehnung der Sumpffläche und nach der Grösse des daselbst vorkommenden heftigsten atmosphärischen Niederschlages ermessen werden, indem es sich hier offenbar nicht um eine mittlere Wassermenge, sondern um eine grösste handelt, die unmittelbar nach einem heftigen Regen einzutreten pflegt. Je grösser das Sumpfgebiet ist, desto geringer wird die Wassermenge sein, welche die Quadratmeile Bodenfläche zur Zeit der höchsten Anschwellungen liefert; denn theils wird nicht leicht ein grösserer Landstrich in seiner ganzen Ausdehnung von einem heftigsten Regen getroffen, theils verursacht der längere Weg, den das Wasser zurücklegen muss, bevor es den Ableitungskanal erreicht, wie auch sein weniger gleichzeitiges Ansammeln daselbst, dass die in jeder Sekunde zuströmende Wassermenge verhältnissmässig geringer ist, als bei einer kleineren Ausdehnung der Sumpffläche. Auch sind hiebei die Neigungen der Thalwände und die Gefällsverhältnisse der Sumpffläche zu berücksichtigen, denn je flacher und ebener die letzteren sind, desto geringer und desto langsamer ist der Zufluss.

Hat man sich die Wassermengen für die anzulegenden Kanäle bestimmt, so wird man mit Leichtigkeit nach den in den §§. 21 und 22 des Strombaues enthaltenen Andeutungen die nothwendigen Profile zu berechnen im Stande sein.

Entwässerung durch Anlage von Entwässerungs-Kanälen.

§. 4.

Die Abzugs- und Entwässerungskanäle sind das gewöhnliche Mittel, welches von Privatbesitzern zur Entwässerung sumpfiger Grundstücke angewendet wird. Ein System von Gräben oder Kanälen führt hier das Wasser ab. Die kleineren, je nach Bedarf mehr oder weniger zahlreich, münden in grössere Gräben oder Kanäle und diese wieder in Bäche oder Flüsse, welche ihnen Abzug verschaffen. Diese Anlagen führen aber nur dann zum Ziele, wenn die zu entwässernde Fläche höher als der benachbarte Bach

Fluss oder See liegt, in welchen man den Entwässerungsgraben zu leiten gezwungen ist. Es ist die Breite und Tiefe der Entwässerungsgräben so einzurichten, dass sie bei dem gegebenen Gefälle die vorhandene Wassermenge abzuführen vermögen, wobei besonders eine Vermehrung der Tiefe angestrebt werden muss, da mit der Breite der Verlust an nutzbarem Terrain zunimmt, und weil bei zu geringer Tiefe der Pflanzenwuchs auf der Sohle zu sehr begünstigt ist. Genügenden Anhalt zur Bestimmung der Dimensionen der Entwässerungsgräben geben die eben erwähnten §§. 21 und 22 des Strombaues.

Sollte ein Abzugsgraben nicht zureichen, um das Hochwasser aufnehmen und abführen zu können, so kann derselbe durch Vorland und Dämme ein Hochwasserbett erhalten, oder es kann für das den Sumpf durchströmende Wasser ein sogenannter Nothkanal in oder ausserhalb des Sumpfes angelegt werden. Es ist dies jedenfalls besser, als wenn man die Sohle des Hauptgrabens zu breit macht, weil in diesem Falle in trockenen Zeiten zu wenig Wasser in dem Graben ist und dieser dann alle Nachtheile eines zu breiten Flussbettes zeigt.

Ihre Sohle muss jedenfalls in eine solche Tiefe gelegt werden, dass der Wasserspiegel in den Graben in jener Höhe liegt, bis zu welcher man entwässern will. Bei einer Wiese muss der Wasserspiegel des Entwässerungsgrabens bei gewöhnlichem Wasserstande 0.3 bis 0.45 Meter tiefer zu stehen kommen als die Fläche nach abgelaufenem Wasser hoch sein wird; bei Ackerfeld ist eine solche Vertiefung des Wasserspiegels von 0.6 bis 1.2 Meter, bei Obstbäumen von 1.2 Meter erforderlich. Ueber die Neigungen der Böschungen entscheidet der Boden.

Oft genügt für die Trockenlegung einer Fläche ein Graben, oft sind deren mehrere nöthig, in welch' letzterem Falle man sie möglichst parallel legt. Vielfach ist aber ein förmliches Netz von Gräben erforderlich und derjenige, in welchen alle übrigen einmünden, heisst dann Hauptgraben. Es können mehrere Hauptgräben in einem Sumpfe vorkommen, aber sie verdienen nur dann diese Bezeichnung, wenn sie für sich bestehen, also eigene Mündungen in einen Fluss, See u. dgl. haben.

Der Hauptentwässerungsgraben muss in der tiefsten Rinne des Sumpfes in möglichst gerader Richtung liegen, damit den in ihn mündenden Neben- oder Seitengräben das grösste relative Gefälle gegeben werden kann. Die Richtung des Hauptgrabens ergiebt sich, wenn man die grösste Vertiefung nach der Länge des Sumpfes verfolgt. Jedoch dürfen einzelne zu tief liegende Punkte durch den Abzugsgraben nicht durchschnitten werden, weil dieser sonst sein Gefälle zu bald verlieren würde. Solche Stellen müssen mittels Wasserhebmaschinen entwässert werden oder man lässt sie als Pfuhle bestehen.

In die Hauptgräben münden die Seitengräben. Die Bestimmung der letzteren ist die Aufnahme des Wassers, welches in Folge der Durchsickerung entweder zu langsam oder gar nicht in den Hauptgraben gelangen könnte. Die Seitengräben erhalten in der Regel kleinere Dimensionen, jedoch dasselbe Gefälle wie die Hauptgräben, weil sie sonst leicht Ablagerungen ausgesetzt sind. Um ein grösseres Gefälle bei den Nebengräben zu vermeiden, welches sie fast immer erhalten würden, wenn man sie dem natürlichen Abhange folgen liesse, verlängert man ihren Weg und lässt sie unter recht spitzem Winkel in den Hauptgraben einmünden. Man durchschneidet auch durch eine solche schräge Richtung den natürlichen Lauf der Wasseradern und führt dem Hauptgraben auf diese Weise mehr Wasser zu.

Je nach der grösseren oder geringeren Neigung des Sumpfes, müssen die Seitengräben mehr oder weniger von einander entfernt gelegt werden. Ihre Entfernung ist deshalb für jeden einzelnen Fall auszumitteln und kann zwischen 150 und 900 Meter betragen. Wenn sie zur Zeit der Hochwasser nicht zur Ueberschwemmung der Fläche Anlass geben sollen, müssen sie durch Schleusen, welche im Damm des Hauptkanals angebracht sind, abgeschlossen werden können, oder sie werden oberhalb ihrer Mündung so weit eingedämmt, als die Hochwasserlinie reicht.

Bei grösseren Entsumpfungen müssen noch in die Seitengräben kleinere ähnliche Gräben, welche man Schlitzgräben nennt, geführt werden, die aber mit den Hauptgräben parallel laufen. Selten erhalten diese Schlitzgräben mehr als 0.3 bis 0.6 Meter Sohlenbreite, aber man gibt ihnen mehr Gefälle und rückt sie näher zusammen. Je mehr dieses geschieht, desto wirksamer sind sie, allein desto mehr Fläche nehmen sie ein und desto mehr kosten sie auch. Mehrere und engere Schlitzgräben wirken, wenn sie rein gehalten werden, besser als weniger und weitere. Ihre Entfernung schwankt zwischen 15 und 45 Meter. Auf Feldern und Wiesen, die eine geneigte Lage und feuchte Stellen haben, werden Schlitzgräben manchmal nur mit dem Pfluge gezogen und heissen alsdann Wasserfurchen.

Wegen der sumpfigen Beschaffenheit des Bodens ist die Ausführung der Entwässerungsgräben gewöhn-

lich schwierig. Die Arbeit wird in der Richtung des Hauptgrabens und zwar von unten nach oben begonnen. Zuerst werden jene Erhebungen des Terrains durchstochen, welche vorzugsweise den Abfluss des Wassers hemmen; man bewirkt dadurch sogleich eine Senkung des Wasserspiegels und kann sodann die Gräben leichter vertiefen. Diese Vertiefung derselben geschieht nicht auf einmal sondern allmählig, dem Sinken des Wasserspiegels entsprechend, und es vergehen oft Jahre, bevor sich derselbe so weit gesenkt hat, dass die volle Tiefe den Gräben gegeben werden kann. In Niederungen, wo der Boden besonders weich ist, bildet man Rahmen aus Brettern, um die Arbeiter darauf zu stellen, und giebt ihnen lange Spaten, damit sie von diesem Standpunkte aus recht tief langen können. Oft macht man, besonders wenn eine grosse Strömung zu erwarten ist, nur einzelne Gruben und lässt zwischen je zweien eine dünne Wand stehen, die entweder das Wasser selbst wegnimmt, wie es bei dem Linthkanale der Fall war, oder die später durchstochen wird. Sollten bei einem solchen stark durchnässten Boden selbst sehr flache Böschungen nicht halten, so bleibt nichts übrig als entweder abzuwarten, bis nach und nach durch die allmählige Senkung des Wassers der Boden etwas ausgetrocknet ist, worauf man die weitere Vertiefung vornimmt, oder man bewirkt die Vertiefung sogleich durch Baggerung. Die auf eine oder auf die andere Weise ausgehobene Erde wird zur Bildung fester Ufer benützt; keineswegs darf aber durch diese ein Druck auf die nächste Nähe des äussern Uferrandes ausgeübt werden, weil hiedurch der Einsturz der Ufer erfolgen könnte, es muss demnach die Anschüttung im gehörigen Abstande vom Ufer hergestellt werden.

Grosse Unternehmungen solcher Art können wegen des Sumpfgases auf die Gesundheit der dabei beschäftigten Arbeiter nachtheilig wirken, wesshalb man folgende Vorsichtsmassregeln zu beobachten hat:

1) Die Arbeit in trockener Jahreszeit auszuführen;

2) Das stehende Wasser so schnell als möglich in eine Bewegung bringen;

3) häufig die Arbeiter ablösen u. z. besonders bei den zum Graben angestellten, da dies das Gefährlichste ist; und

4) Ausruhen der Arbeiter an höher gelegenen Punkten und Entfernung derselben aus dem Bereiche der Sumpfluft während der Nacht.

Entwässerung durch die Drainage, Anlage von Sickergräben.

§. 5.

Obwohl die Trockenlegung durch Anlage offener Abzugsgräben im Allgemeinen die sicherste Methode ist, so hat sie doch mancherlei Nachtheile. Besonders im thonigen Boden müssen solche Gräben, wenn sie wirksam sein sollen, sehr nahe liegen, wodurch viel Fläche für die Kultur unbenutzbar und die Kommunikation auf der zu entwässernden Fläche sehr gestört wird, abgesehen davon, dass hierurch grosse Kosten veranlasst werden; auch sind solche Gräben mancherlei Beschädigungen ausgesetzt, welche Ausbesserungen erfordern, die bei der Benützung der Grundstücke vielfach hinderlich werden; ferner können, wenn das Wasser, wie es oft geschieht, nur von der Oberfläche des Bodens abgeführt wird, auch fruchtbare Erdstoffe weggeschwemmt werden.

Deshalb hat man, weniger im eigentlichen Sumpf, als bei landwirthschaftlich benützten Grundstücken mit nassem Boden, schon seit langer Zeit das überschüssige Wasser durch verdeckte Leitungen, d. i. durch Unterdrains oder Sickergräben, wegzuschaffen versucht, bei welchen, abgesehen von den auch hier nothwendigen Ausbesserungen, doch die übrigen Nachtheile der beschriebenen Abzugsgräben meistens wegfallen.

Der Grundgedanke solcher Leitungen ist: die im Boden befindliche Nässe dadurch wegzuschaffen, dass unter der Oberfläche hohle Räume mit einem Gefälle hergerichtet werden, so dass in diesen das Wasser sich sammeln und abfliessen kann.

Alle derartigen Leitungen setzen aber die Anlagen eines sie aufnehmenden Grabensystems voraus.

Diese bedeckten Entwässerungsrinnen oder Drains können auf verschiedene Arten ausgeführt werden, die sich nach den lokalen Verhältnissen, nach den Arbeiter- und Materialpreisen richten und ohne Schwierigkeit gewählt werden können. — Die Anlage der Leitungen aus gebranntem Thon, für die man jetzt den Ausdruck Drainirung ziemlich ausschliesslich gebraucht, ist vorzugsweise in England zur Anwendung gekommen, und von da aus nach allen Gegenden, wo die Bodenkultur in Aufschwung begriffen ist, verbreitet werden.

Der Abzug des Wassers geht durch die Stossfugen der Röhren vor sich, die trotz ihres guten Zusammenpassens hiezu noch immer genügende offene Räume zwischen sich lassen. In der Röhre fliesst

das eingedrungene Wasser viel rascher ab, als es in den Boden sich weiter verbreiten kann und ganz besonders ist dies in nicht durchlassenden Schichten der Fall. Es öffnet jeder von oben in die Röhre gelangende Wasserfaden dem nächsten gewissermassen den Weg, und so ist es natürlich, dass so lange noch über und neben den Röhren Wasser ist, dieses in jene eindringt und abzieht, weil es wegen der unter den Röhren befindlichen wasserdichten oder nicht durchdringlichen Bodenschichte, nicht in die Tiefe gelangen kann.

Wie bei jeder neuen Erfindung entsprach auch hier der Erfolg nicht gleich den Erwartungen, woran aber zum Theil die Beschaffenheit des Bodens, zum Theil Fahrlässigkeit so wie auch Unkenntniss richtiger Herstellungsweise die Schuld trugen.

Die Röhren sollen aus nicht zu fettem und zu magerem Thon erzeugt werden, dessen Masse möglichst gleichartig und frei von allen fremden Bestandtheilen ist. Sie haben eine Länge von 0.3 bis 0.45 Meter, gewöhnlich aber etwa 0.36 Meter, deren innerer Durchmesser von 0.03 bis 0.24 Meter, je nach der Masse des Wassers, das abzuführen ist, abwechselt. Wichtig, besonders bei tiefliegenden Röhren, über welche Wege führen, ist die Wandstärke, worüber folgende aus der Erfahrung entnommene Dimensionen massgebend sind:

Bei einer Röhrenöffnung von	soll die Dicke der Wand betragen
0.03 Meter	0.0075 Meter
0.05 „	0.0090 „
0.06 „	0.0105 „
0.09 „	0.0141 „
0.12 „	0.0174 „
0.15 „	0.0201 „
0.18 „	0.0225 „

Die Verbindung der Röhren geschieht durch eben solche stoffige Muffe, Taf. I, Fig. 347 a, die eine Länge von 0.09 bis 0.12 Meter und einen solchen Durchmesser haben, dass die Röhren hineingesteckt werden können. Man hat auch vorgeschlagen, durchlöcherte Muffe anzuwenden, um dadurch das Eindringen des Wassers in die Röhren zu erleichtern. Abgesehen von den hiedurch vergrösserten Kosten bieten aber solche Röhren keinen wesentlichen Vortheil dar, im Gegentheile geben sie zum Eindringen fester Körper leichter Veranlassung und werden in Folge ihrer Durchlöcherung auch geschwächt. Zuweilen legt man die einzelnen Röhrenstücke ohne weitere Verbindung stumpf an einander, welches aber minder gut ist, weil auch hier leicht Sand und Erde durch die Stossfugen dringen kann, um so mehr, da es nicht selten vorkommt, dass die einzelnen Röhren beim Verlegen und Beschütten mit Erde etwas seitwärts rollen. Es ist daher gut, die Stossfugen der stumpf an einander gelegten Röhren mit Heidekraut zu überdecken und dieselben gleich mit einer dünnen Lage vorsichtig zu überschütten.

Die Verbindung zweier Drainirungsstränge geschieht mittels einer, dem Strange vom kleineren Durchmesser entsprechenden kreisrunden Oeffnung in dem Strange vom grösseren Durchmesser, in welche das Rohr des ersteren hineingesteckt wird. Taf. I, Fig. 347 b.

Von einiger Wichtigkeit ist es, von Strecke zu Strecke kleine Lichtröhren anzubringen, die man mittels eines Röhrenstückes von grossem Durchmesser, das mit zwei einander gegenüber liegenden Oeffnungen, in welche die Röhren einmünden, herstellt. Dieses Rohr wird vertikal gestellt, ruht auf einem flachen Stein oder Ziegel und die obere Oeffnung wird auch mit einem solchen geschlossen, wobei man Sorge trägt, sich ein Zeichen oben auf der Erde zu erhalten, um das Auffinden zu erleichtern.

Die *Anfertigung* der *Drainirungsröhren*, welche ein Zweig der Ziegelfabrikation ist, wird durch Maschinen, die entweder mit unterbrochener oder mit ununterbrochener Wirkung arbeiten, bewerkstelliget und die leicht an jene Stellen gebracht werden können, wo ein brauchbarer Thon sich vorfindet. Das Formen durch unterbrochene Wirkung geschieht unter dem Drucke eines starken Kolbens, der in einen mit Thon gefüllten Cylinder getrieben wird. Durch Oeffnungen in stählernen Scheiben, welche dem Profile der Röhren entsprechen, dringt der Thon als geformte Röhre, entweder vertikal abwärts, oder was bequemer ist, horizontal hervor, die dann in entsprechender Länge abgeschnitten wird. Die Maschine mit ununterbrochener Wirkung besteht aus zwei gusseisernen Cylindern, welche sich in entgegengesetzter Richtung bewegen. Beide Cylinder bilden eine Seite einer Art prismatischen Kastens, an desses entgegengesetzter Seite mehrere ringförmige Oeffnungen angebracht sind, welche den Querschnitt der zu fabricirenden Röhren haben. Der zubereitete Thon wird auf eine Leinwand, die vor den beiden Cylindern in entsprechender Höhe liegt, gegeben und von einem Arbeiter zwischen die Cylinder geschoben. Indem sich diese in entgegengesetzter Richtung drehen, ziehen sie den Thon mit sich und drücken ihn sehr stark in den eben erwähnten Kasten, um ihn zu zwingen, sich durch die Ziehbank zu drängen und sich zur Röhre zu bilden. Nach

Hervortreten aus der Ziehbank werden diese Röhren entweder von nahe an einander befindlichen Rollen oder von einer sehr beweglichen Leinwand aufgenommen und mit einem Metalldraht, der nur in der vertikalen Lage beweglich ist, entsprechend abgeschnitten. Diese Röhren werden hierauf in eigenen Trockenstuben, in denen die Temperatur bis zu 70° gesteigert werden kann, oder wie die Ziegel in einfachen Schoppen getrocknet, und sodann in einem gewöhnlichen Ziegelofen gebrannt.

Häufig erhalten Röhren durch das Trocknen Biegungen; solche sind noch immer gut zu benützen, nur müssen sie so verlegt werden, dass die Krümmung weder auf noch abwärts, sondern seitwärts gerichtet ist. Aller bis jetzt angewendeten Sorgfalt ungeachtet sind die Röhren im Innern mehr oder weniger rauh, wodurch die Reibung mit dem abfliessenden Wasser vermehrt und der Ablauf desselben vermindert wird. Daher leiten weitere Röhren das Wasser verhältnissmässig viel schneller ab, als engere.

Die *Tiefe der Drainirung* ist für jeden einzelnen Fall verschieden. Sie muss sich nach der Kulturart, nach der Bodenbeschaffenheit und nach der Wassermenge richten. Bei Ackerland wird man 1.2 bis 1.5 Meter tief gehen müssen, während bei Wiesen eine geringere Tiefe erfordert wird, weil diese sonst zu trocken werden und im Ertrag zurückkommen würden. Die geringste Dicke der über die Drainirung liegenden Erdschicht soll 0.6 bis 0.75 Meter betragen. Um in allen Fällen die entsprechende Tiefe zu bestimmen, d. i. jene, welche passend ist, alles überflüssige Wasser abzuführen und die gleichzeitig den Spiegel des stagnirenden Wassers so zu senken vermag, damit es durch die Wirkung der Capillarität nicht wieder bis zu den Wurzeln oder selbst bis zur Oberfläche aufsteigt, muss man, besonders in zweifelhaften Fällen, Versuchsgräben eröffnen, welche eine allmählig zunehmende Tiefe erhalten. Diese beobachte man einige Zeit, um sich von den Lagerungsverhältnissen des Bodens, von der Art wie das Wasser in jenem Theile zuläuft u. s. w. zu überzeugen und bestimmt aus diesen Beobachtungen diejenige Tiefe der Drainirung, welche bei den geringsten Kosten die grösste Wirksamkeit verspricht.

Zur Verlegung der Röhren in dieser Tiefe müssen entsprechende Einschnitte oder Gräben hergestellt werden. Nach der Tiefe und nach der Bodengattung richtet sich die obere Breite derselben. Die Wände müssen einerseits zur Verminderung der Arbeit so steil als möglich gehalten werden, anderseits aber doch eine solche Böschung erhalten, dass der Arbeiter hineinsteigen und im Graben, wenn auch unbequem, arbeiten kann. Zuweilen stellt man in einer gewissen Tiefe Bermen her, legt Bretter darauf, auf welche sich der Arbeiter stellt und von wo aus er die weitere Vertiefung bis zu 0.7 Meter mit seinem Werkzeuge zu erreichen im Stande ist. — Die Sohle der Gräben ist mindestens 0.12 Meter breit; bei grösseren Röhren aber ist es wegen der Kosten nicht nöthig, die Sohle breiter zu machen, als die Röhre gerade Platz erfordert.

Der Graben wird, nachdem seine Richtung und Breite abgesteckt ist, mit Spaten ausgestochen, welche von verschiedener Breite und Form sind, um in den verschiedenen Tiefen die Arbeit möglichst zu erleichtern.

Ist der Graben an einer Stelle auf seine volle Tiefe ausgehoben, dessen Sohle gehörig geebnet und dem Gefälle nach richtig gestellt worden, so werden die Röhren sogleich verlegt. Das Legen der Röhren soll nur ganz verlässlichen Leuten anvertraut werden und bedarf einer genauen Kontrole.

Im Allgemeinen wählt man die Zeit zur Ausführung, wenn Aecker und Wiesen abgeerntet sind, also im Frühjahr oder Herbst, oder aber jene Zeit, in welcher der Boden am besten zu bearbeiten ist. Bei einem sehr nachgiebigen Boden und wenn die Grabenwände einzustürzen drohen, bevor die Röhren verlegt sind, ist man oft gezwungen, die Seitenwände mit Bretter zu spreizen, wie es Taf. I, Fig. 348 zeigt. Die Bretter werden gegen die Böschungen gelegt und durch Riegel gegenseitig verstrebt. Der Graben wird keineswegs in grösserer Länge auf einmal eröffnet, wodurch seine Wände austrocknen und nachstürzen würden; es wird vielmehr die Erdarbeit so angeordnet, dass er nur da, wo die Röhren verlegt werden, die volle Tiefe hat und er davor ausgegraben und dahinter schon wieder verschüttet wird.

Wenn man eine Hauptrichtung mit Röhren belegt, so sind diese mit einem Hauptabzugsgraben zu vergleichen, und wie in diesen von einzelnen nassen Stellen Seiten- und Schlitzgräben eingeleitet werden, so ist es auch bei den Drains der Fall. Diejenigen Leitungen, welche andere in sich aufnehmen, heissen Sammeldrains, die andern Saugdrains; es können übrigens auch Leitungen ausgeführt werden, wo jeder einzelne Strang nach aussen mündet, ohne mit einem andern in Berührung zu kommen. Der Anfang der Arbeit geschieht an der niedersten Stelle, wo auch die weiteren Röhren gelegt werden. Jene Röhren, welche unmittelbar das Wasser auffangen, sind genü-

gend weit, wenn ihre lichte Oeffnung 0.03 Meter im Durchmesser hält, doch erweitert man sie meist auf 0.04 bis 0.05 Meter. Je nach der Nässe des Bodens führt man diese 300 oder 400 Meter lang, bei starkem Gefälle nicht selten bis auf 600 Meter. Bei grösserer Ausdehnung ist es vortheilhaft, sie in weitere Röhren übergehen zu lassen, damit die ganze Wassermenge sicher aufgefasst werde.

Bäume oder Sträucher dürfen in der Nähe der Drains nicht vorhanden sein, da die Wurzeln in die Röhren einwachsen und daselbst ein hart- oder rossschweifähnliches Gewächs bilden und damit die Röhre verstopfen.

Hinsichtlich des *Gefälles* ist zu bemerken, dass wenn das Wasser stets den in die Röhren dringenden und solche leicht verstopfenden Sand, Schlamm u. s. w. wegführen soll, bei den verschiedenen Durchmessern der Röhren Folgendes als Kleinstes anzusehen ist:

lichter Durchmesser der Röhre,		Gefälle,	
0.03	Meter	0.35	Procent
0.06	„	0.17	„
0.09	„	0.14	„
0.12	„	0.09	„
0.15	„	0.06	„
0.18	„	0.04	„

Sollte das Gefälle jenes Kleinste nicht erreichen, so muss man es dadurch zu vergrössern suchen, dass man am untern Ende die Röhren tiefer legt; überhaupt muss man, wenn nur möglich, dieses kleinste Gefälle zu verstärken trachten, aber ein gar zu grosses Gefälle der Drains muss man zu vermeiden suchen, weil sonst durch die zu grosse Geschwindigkeit des Wassers die Leitungen angegriffen werden könnten.

In Bezug der *Entfernung der Drains* von einander lassen sich auch keine bestimmten Regeln angeben. Je schwerer der Boden das Wasser durchlässt, um so näher werden sie an einander gerückt. Es beträgt demnach ihre Entfernung zwischen 3 und 12 Meter. Einen Anhalt bezüglich der richtigen Entfernung findet man darin, dass man in der Mitte zwischen zwei Strängen, oder auf dem höchsten Punkte zwischen denselben Löcher aushebt und beobachtet, wie hoch sich in diesen das Wasser bei anhaltend nassem Wetter stellt. Füllt sich ein solches Loch derart, dass zwischen seinem Wasserspiegel und der Oberfläche des Bodens ein Unterschied von 0.3 Meter bei Wiesen, und von 0.9 Meter bei Ackerfeld ist, so genügt die Drainirung, andernfalls die Stränge näher gelegt werden müssen, weil eine solche höher gelegene Wasserschicht für die Dauer der Kulturpflanzen schädlich ist. In besonders durchlassenden, z. B. in sandigem Boden, bei tiefer Lage der Drainröhren und bei grossem Gefälle, leisten auch Stränge in Entfernungen von 18 Meter erspriessliche Dienste. Für leichteren Boden kann man als praktische Regel annehmen, dass die Stränge bei hinreichendem Gefälle so viel Fuss von einander entfernt sein dürfen, als ihre Tiefe unter der Oberfläche in Zollen beträgt; je fester aber der Boden ist, um so näher müssen sie aneinander gerückt werden.

Bei horizontalem Boden ist die *Richtung der Drains* von geringer Wichtigkeit, und es ist gleichgültig, ob sie parallel, senkrecht oder schief gegen die Furchen liegen; ihre Anordnung hängt alsdann von der Lage der Ausflusskanäle und von der Art ab, wie man den Abfluss regulirt. Bei sehr schwachem Gefälle müssen die Röhren, zur Sicherung des Wasserabflusses in denselben, nach dem stärksten Gefälle gerichtet werden. Hat der Boden ein starkes Gefälle, so ist es Regel, die Drains nicht nach der Richtung dieses Gefälles, sondern sehr schräge dagegen zu führen, so dass sie nur ein geringes Gefälle erhalten und um so sicherer die Wasseradern abschneiden. Gewöhnlich legt man mehrere Haupt- oder Sammeldrains und führt in jeden derselben eine grössere Anzahl Neben- oder Saugdrains.

Die Art der Entwässerung mittels der eben beschriebenen Drains aus gebranntem Thon mit der Muffenverbindung ist die beste und auch die allgemein angewendete für landwirthschaftliche Zwecke; dennoch ersetzt man sie zuweilen, freilich nur unter ganz besondern Umständen, durch andere Arten von Leitungen und Sickergräben, welche jedoch nicht empfohlen werden können, da sie diesen Röhrenleitungen bei weitem nachstehen, aber, weil sie doch vorkommen, kurz hier beschrieben werden müssen.

Statt der Röhren wendet man zuweilen Hohlziegeln an, die auf eine Sohlplatte gelegt werden, Taf. I, Fig. 349 a, b, c und d.

Die Sickergräben werden in manchen Fällen mit kleinem Steinmaterial ausgefüllt, das man entweder durch einander auf den Boden des Einschnittes wirft, oder man macht aus diesem Material kleine, mehr oder weniger künstliche Kanäle, wie Fig. 350 a und b zeigt. Letztere Methode ist weniger zu empfehlen als die erstere Fig. 350 a mit willkührlich geworfenen Steinen, welche bei sorgfältiger Ausführung gute Dienste leistet. Da diese Sickergräben, selbst bei einem mässigen Transporte der Steine, mehr Kosten als

die Drainirung verursachen und ausserdem, wegen des grösseren Querschnittes des Grabens, mehr Schaden verursachen, so können Sickergräben mit Steinausfüllungen nur bei jenen Ländereien mit Vortheil angewendet werden, die man von Steinen reinigen will, und wo man die oft beträchtlichen Kosten für deren Wegschaffung dadurch vermeidet, dass man die gesammelten Steine in diese Gräben wirft. Die Einschnitte erhalten hiebei eine Sohlenbreite von 0.21 Meter, und werden auf eine Höhe von 0.36 Meter mit Steinen ausgefüllt. Nach gehöriger Anstampfung der Füllsteine füllt man den Sickergraben mit Kies oder Sand, den man feststampft, aus. Ein Bedecken der Steine mit Rasen ist nicht zu empfehlen, weil dieser, wenn er in Fäulniss übergeht, zerfällt und die Fugen ausfüllen kann. Bezüglich der Tiefe, Entfernung und Richtung der Sickergräben gilt alles jene, was bei der Drainirung darüber bereits gesagt wurde.

Auch mit Strohseilen, Baumzweigen oder Faschinen hat man Sickergräben schon ausgefüllt, allein es haben sich solche deshalb nicht bewährt, weil dieses Füllmaterial im feuchten Boden höchstens eine Dauer von 6 bis 8 Jahren hat.

In Ländern, wo das Holz wenig Werth hat, verwendet man auch Röhren von Holz. Diese sind viereckig und aus vier zusammengenagelten Latten gebildet.

Bei der Trockenlegung von Torf- und sumpfigem Boden verwendet man mit Erfolg und oft auch mit grosser Oekonomie Röhren, die aus Torf selbst gemacht sind. Sie bestehen nach Fig. 351, Taf. I aus zwei übereinander gelegten Theilen, die innerhalb eine kreisrunde Oeffnung bilden, in welcher das Wasser fliesst. Diese beiden Theile sind vollkommen gleich, werden mit einem eigenen Spaten gestochen und, bevor sie verlegt werden, getrocknet. Auch lässt man zuweilen über der schmalen Rinne eines Sickergrabens, Fig. 352, Taf. I, zwei Absätze stehen und legt darauf, mit der Oberfläche nach unten gewendet, die erste Erdscholle, die man bei Beginn der Arbeit ausgestochen hat, und darüber die beiden Schollen des im Terrain gemachten zweiten Spatenstiches. Diese Arbeit, welche Genauigkeit fordert, wird durch die Beschaffenheit des Torfbodens erleichtert. Beide Methoden haben im Torfboden gute Erfolge gezeigt.

Im festen und besonders kompakten Thonboden hat man es oft versucht, Sickergräben ohne irgend einer Art von Röhren oder Füllung anzulegen, indem man sich auf die diesen Erdarten innewohnende Festigkeit verliess. Solche Leitungen können aber keine Gewähr für die Dauer leisten.

Die Rasensickergräben unterscheiden sich von den vorigen nur dadurch, dass die Wände ihrer Einschnitte, Taf. I, Fig. 353, geneigt, statt vertikal sind. Das ausgestochene Rasenstück wird mit Gewalt hineingedrückt, bis es sich auf die Absätze legt, und dann wird der Graben mit Erde ausgefüllt und gestampft.

Man kann auch Sickergräben mittelst Formhölzer herstellen, über welche man die Erde stampft, die Form nach und nach vorzieht und die Ueberschüttung der Erde in demselben Masse fortsetzt. Fig. 354, Taf. I zeigt einen solchen Sickergraben und ein solches Formholz.

In Fig. 355 a und b, Taf. I sind Anlagen von Drains dargestellt, die auf Terrains von verschiedener Gestalt ausgeführt wurden. Die punktirten Linien in Fig. 355 a geben die Horizontalen des Terrains an. Die mit a bezeichneten Drains der kleinsten Gattung stehen senkrecht auf diese Richtung, d. h. sie sind parallel mit den Linien des grössten Gefälles. Diese Drains vereinigen sich mit den grösseren Drains B, die sich wieder in den Hauptdrain oder in den Hauptabzugsgraben ergiessen. In Figur 355 b sind die Horizontalen des Terrains nicht angedeutet, aber die Richtung der Drains a ist senkrecht auf diese Horizontalen, und die Drains a münden wieder in grössere B. In Fig. 356, Taf. I sind a, a die Drainlinien zur Austrocknung der schönen Promenade Green-Park in London. Die kleinsten Drains sind 48 bis 64 Fuss von einander entfernt; es ist hier nur die Hälfte der für den ganzen Raum erforderlichen Drains dargestellt, um die Figur nicht zu sehr zu vergrössern.

Trifft es sich, dass Thalgründe aus vegetabilischer und für das Wasser schwer durchdringlicher Erde bestehen, oder dass nach dieser ein undurchlassender Untergrund folgt, der sich zwischen zwei Sandhügeln befindet, Taf. I, Fig. 357, wie es im Hügellande vorkommt, so tritt das Wasser bei den Punkten a und b über und bildet dann einen Sumpf. Das Beste, was man dann in solchem Falle thun kann, besteht darin, dass man im Thale bei c einen Sickergraben eröffnet und ihn mit den wasserdurchlassenden Unterboden in Verbindung setzt. Das Wasser steigt dann durch diesen auf, fliesst durch den Sickergraben ab und die Verbreitung auf der Oberfläche findet nicht mehr statt.

Es ereignet sich auch, dass die undurchdringliche Lage, auf welcher die wasserführende Ader

ruht, nur eine sehr geringe Mächtigkeit hat, und dass sie sich über absorbirende Schichten ausdehnt. Hier kann man dem schädlichen Wasser einen natürlichen Ausgang dadurch geben, dass man durch eine Bohrung oder einen Brunnen diese undurchdringliche Schicht durcharbeitet, und auf solche Weise die erste wasserhaltende Schichte mit einer aufsaugenden in Verbindung bringt. Beträgt die Tiefe der absorbirenden Schichte unter dem auszutrocknenden Boden nicht mehr als 3 Meter, so soll es den Verhältnissen entsprechend sein, den Sickergraben bis zu dieser Tiefe niederzutreiben, sei es nun, dass man ihn mit Steinen anfüllt, oder dass man in ihm thönerne Röhren legt. Befindet sich aber die absorbirende Schichte in einer solchen Tiefe, dass es unmöglich wird, sie ohne bedeutenden Kostenaufwand zu erreichen, so beschränkt man sich darauf, von Strecke zu Strecke neben dem Sickergraben, der die gewöhnliche Tiefe behält, einen Brunnen zu graben, oder Löcher zu bohren, die man bis in die absorbirenden Schichten hinunter treibt. Die entweder viereckigen oder runden Brunnen erhalten eine solche Weite, dass darin ein Arbeiter sich bewegen kann. Man füllt diese Brunnen mit zerschlagenen Steinen aus. Taf. I, Figur 358 zeigt das Querprofil eines solchen Brunnens. Bei grösserer Tiefe der absorbirenden Schichte wird der Brunnen durch eine einfache Bohrung, wie es Fig. 359, Taf. I zeigt, ersetzt.

Die Drainage ist ein besonderer Zweig der Technik geworden und findet nicht allein in der Landwirthschaft, sondern auch in der Baukunst Anwendung, und zwar zur Ableitung des Wassers in Chausseen, bei Dämmen, an Abhängen, bei Einschnitten, bei Kanälen, bei Futtermauern u. s. w.

Künstliche Entwässerung durch Wasser-Hebemaschinen.

§. 6.

Die Nothwendigkeit in Fällen, wo das Wasser auf keine andere Weise entfernt werden kann, künstliche Mittel in Anwendung zu bringen, um die den Ueberfluthungen ausgesetzten Gegenden vom Wasser zu befreien und trocken zu legen, hat mit der steigenden Kultur und Intelligenz der Technik zu neuen Erfindungen in dieser Richtung herausgefordert. — Insbesondere sind die den Seeküsten nahe gelegenen, von grösseren Strömen durchzogenen Gegenden ihrer Natur nach darauf hingewiesen.

Zum Bewegen der Wasserhebemaschinen wird zum Theil auch noch jetzt, besonders aber früher, die Kraft des Windes, oder auch wenn Wassermühlenanlagen sich in der Nähe befinden, die Wasserkraft benutzt. In neuerer Zeit, wo der Werth des kulturfähigen Bodens immer mehr steigt und ein zuverlässiger Ernteertrag, um diesen Werth zu verzinsen, mehr und mehr Bedingung ist, hat man, weil der Wind oft im Frühjahr fehlt, wenn die Ackerbestellung vor sich gehen muss, immer mehr die Dampfkraft zur Bewegung der Wasserhebemaschinen benutzt. Solche Maschinen, welche dauernd zur Entwässerung von Niederungen angewendet werden, sind: *Wurf-* oder *Schaufelräder; Wasserschrauben;* verschiedene Arten von *Pumpen,* worunter besonders die Centrifugalpumpe vorzügliche Dienste leistet.

Wurf- oder *Schaufelräder,* Taf. I, Fig. 360, sind unterschlächtige Wasserräder, welche in kreisförmigem, sogenanntem Kopfgerinne hängen. Sie werden so gedreht, dass ihre Schaufeln im Kropfe emporsteigen und hiebei das Wasser mit sich führen. Damit unter dem Kropfe so wenig wie möglich Wasser zurückfliesse, muss man diesen Rädern eine grosse Umdrehungsgeschwindigkeit geben, so dass das Wasser mehr emporgeschleudert werde. Besteht die Umtriebsmaschine in einem Wasserrade, so gibt man deshalb demselben eine besondere Welle, und trägt erst mittelst eines grösseren Treib- und eines kleineren Getriebrades die Umdrehungsbewegung dieses Rades auf das Wurfrad über. Solche Räder haben 16 bis 20 Fuss im Durchmesser, gewöhnlich 28 Schaufeln von 1 bis 1 ½ Fuss Breite und tauchen 2 bis 4 Fuss ein. Die Stellung der Schaufeln ist nicht radial, sondern in der Richtung der Aufsteckarme A B C D, so dass das Wasser nach vorne geworfen wird. Diese vier Arme umfassen die vierkantige Welle E, und bilden mit ihren äusseren Enden zugleich vier Schaufeln. Sie sind nicht allein mit einander verzapft, sondern auch durch doppelte Riegel und Reifen mit einander verbunden, welche zur Befestigung der Schaufeln dienen. Der Kanal F, in welchen das gehobene Wasser fortgeleitet wird, ist bei G mit einer Schütze oder durch eine in Angeln hängende Thüre (das Wachthor) versehen, um, wenn das Rad ausser Bewegung ist, abgeschlossen werden zu können. Die Thüre ist durch das gegen sie geschleuderte Wasser offen gehalten, schliesst sich aber von selbst, wenn das Rad gar nicht oder nur sehr langsam bewegt wird. Das Wasser kann hiedurch 3 bis 4 Fuss gehoben werden.

Die Fig. 361, Taf. I zeigt die Skizze eines vom Wind bewegten Triebwerkes. Diese Anlage hat 80 Fuss hohe Flügel, und das Verhältniss der Flü-

gelumdrehung zur Umdrehung des Wurfrades ist durch das Vorgelege auf 3 : 2 gestellt. Der Kopf dieser Anlage wird gedreht und das Wurfrad ist hier im inneren Raume des Geländes, welches ganz von Holz gebaut und mit Brettern verschalt ist.

Wurfräder haben den grossen Nachtheil, dass sie im Winter einfrieren, somit zu ihrer Benützung, um die Bestellung der Aecker im Frühjahr vorzubereiten, erst Thauwetter abgewartet werden muss. Der Wasserverlust im Spielraum zwischen den Schaufeln und dem Kropfe ist sehr bedeutend und wächst mit der Hubhöhe, so dass der Nutzeffekt nur etwa 33 Procent der aufgewendeten Kraft beträgt. Um Wasser zu fördern, müssen 8 bis 16 Umdrehungen in der Minute stattfinden.

Die *Wasserschraube* unterscheidet sich von der in Fig. 506, Taf. XXX dargestellten Wasserschnecke dadurch, dass letztere von einem cylindrischen Mantel umschlossen ist, der sich mit der Schraube dreht, während dies bei der ersteren nicht der Fall ist, indem die Wasserschraube ohne alles Gehäuse ist. Die Wasserschraube kann leichter gereinigt und in Stand gehalten werden, eignet sich daher mehr für landwirthschaftliche Zwecke, während die Wasserschnecke für bauliche Zwecke praktischer ist. Auf dem Gute Ribbeck bei Nauen wurde zur Entwässerung eines Torfbruchs eine Wasserschraube von 28 Fuss Länge, 3 Fuss im Durchmesser und einer 1 Fuss starken runden Welle aufgestellt. Das Schraubengewinde ist doppelt, von 36 Zoll Ganghöhe, aus 1 Zoll starken Brettchen gebildet, welche in der Form eines abgestumpften Kreisausschnittes, an der Spitze mit 2 Zoll langen Zapfen versehen, in entsprechenden Zapfenlöchern der Welle sitzen. Die Brettchen sind an der äusseren Peripherie durch ein spiralförmig gewundenes Band zusammengehalten. Die Neigung der Schraube beträgt $\frac{1}{4}$ der Länge. Durch eine Lokomobile von sechs bis acht Pferdekraft getrieben, macht sie 40 bis 50 Umdrehungen in der Minute und liefert einen Nutzeffekt von etwa 70 Procent. Auch findet man Wasserschrauben, die durch den Wind bewegt werden.

Bei vielen Entwässerungsanlagen bringt man in neueren Zeiten mit Vortheil die sogenannten *Kastenpumpen* in Anwendung. Diese Pumpen unterscheiden sich von den gewöhnlichen Pumpen dadurch, dass die Ventile derselben nicht im Inneren, sondern ausserhalb an besonderen Kasten angebracht sind. Taf. II, Fig. 364 stellt den vertikalen Durchschnitt einer doppeltwirkenden Kastenpumpe dar. A A B B ist der oben und unten offene auf Füssen stehende Pumpencylinder, K K der in demselben auf- und niedersteigende und mit Holzreifen abgeliderte Kolben, ferner ist C D C′D′ ein diesen Cylinder umgebender Eisenkasten, welcher durch eine rings um den Cylinder laufende Scheidewand E F in zwei Kammern abgetheilt wird. Die mittelst eines Bolzens L L an den Kolben angeschlossene Kolbenstange N O ist von einer ebenfalls mit dem Kolben fest verbundenen Röhre umgeben, welche durch eine Stopfbüchse S S im Deckel C D des Pumpenkastens geführt wird. Die offenen Seiten C D′ und C′D dieses Kastens sind mit gusseisernen Rahmen versehen, woran die gusseisernen und mit Holz gefütterten Ventile in etwas schräger Lage aufgehangen werden. Der Kastenraum steht auf der Seite C′ D mit dem Unterwasser, und auf der Seite C D′ mit dem Oberwasser in Kommunikation; es öffnen sich daher die an der ersteren hängenden Ventile nach innen und die an der zweiten hängenden nach aussen. Diese Pumpen haben vor andern den grossen Vorzug, dass sie dem Wasser zum Ein- und Austritt aus denselben sehr grosse Querschnitte darbieten, so dass dasselbe hier eine Geschwindigkeit annehmen muss, welche nahe gleich der des Kolbens ist; folglich kann hier die Geschwindigkeit des Kolbens eine viel grössere sein als bei den gewöhnlichen Röhrenpumpen, wo der Querschnitt der Ventildurchgänge nur ein kleiner Theil von dem Kolbenquerschnitte ist. Die erste solche vom niederländischen Oberingenieur Fynje zu Arnheim erbaute Kastenpumpe hat eine Länge zwischen den Klappen von 14 Fuss 11 $\frac{1}{4}$ Zoll und eine Breite von 12 Fuss 5 Zoll; der gusseiserne Pumpencylinder hat 7 Fuss 1 $\frac{5}{8}$ Zoll Durchmesser und 8 Fuss 3 $\frac{1}{2}$ Zoll Höhe. Eine Dampfmaschine von 100 Pferdekraft fördert durchschnittlich in der Minute 5200 Kubikfuss Wasser, welches auf eine mittlere Höhe von 6 Fuss 4 Zoll gehoben wird, während die höchste Förderungshöhe 11 Fuss beträgt.

In neuerer Zeit ist die Centrifugal- oder Kreiselpumpe vielfach zur Förderung grösserer Wassermassen in Anwendung gekommen, da bei den Kastenpumpen die Ventile bei der schnellen Bewegung und dem schnellen Wechsel der Kolben leicht beschädigt werden. Auch klemmen sich leicht Gegenstände dazwischen, welche den regelmässigen Gang hemmen. Die Centrifugalpumpe hat grössere Dauer als die Wurfräder und die andern Pumpen, sie kann frostfrei unter dem Wasser angebracht werden und bedarf nur wenig Reparatur. Diese Pumpen bestehen der Hauptsache nach in einer Art sich sehr schnell drehenden Schaufelrades, wodurch das Wasser von

unten in ein Steigrohr getrieben wird, aus dem es oben wieder abfliesst. Taf. II, Fig. 365 a, b und c zeigt die Skizze einer solchen Pumpe. Der Kreisel, d. i. der untere Theil dieses Schaufelrades, besteht aus einem hohlen konischen Körper, mit drei längeren, drei mittleren und drei kürzeren Schaufeln, welcher mit einem Mantel umgeben ist und an einer stehenden Welle sitzt, durch welche er eine Kreisbewegung von etwa 200 bis 300 Umdrehungen per Minute erhält. Die längsten Schaufeln nehmen das Wasser zunächst der Welle auf, bewegen es vermöge der Centrifugalkraft nach den Enden der Schaufeln hin, auf welchem Wege es zuerst durch die mittleren, dann durch die kürzeren Schaufeln einen neuen Impuls erhält, wodurch es nach dem Rande des Kreisels geschleudert und in eine aufsteigende, spiralförmig drehende Bewegung versetzt wird. Ueber dem Kreisel befindet sich das sich zum Steigrohr zusammenziehende Direktionsgehäuse mit neun ähnlich denen des Kreisels konstruirten Direktionsschaufeln, welche das tangential einschiessende Wasser aufnehmen und mittelst der concav gekrümmten Flächen nach der Mitte zu in die vertikal aufsteigende Richtung überführen, wobei es allmählig die kreisende Bewegung verliert. Die stehende Welle wird durch einfache Uebertragung von einer Dampfmaschine in eine rotirende Bewegung gesetzt. Die Centrifugalpumpen empfehlen sich durch leichte, wenig Raum erfordernde Aufstellung; das Wasser wird ohne ein Ventil gehoben, so dass Sand u. dgl. unbeschadet des Ganges der Pumpe mitgefördert werden; Reparaturen und Reibungswiderstände sind daher in Vergleich zu gewöhnlichen Pumpen nur gering. Diese Centrifugalpumpen sollen bis zu 20 Fuss Förderungshöhe, mindestens 80 bis 90 Procent Nutzeffekt liefern.

Abzugskanäle in den Städten.

§. 7.

Zu den Entwässerungs-Anlagen sind auch die gedeckten Abzugskanäle unter den Strassen zu zählen, welche theils das Regenwasser, theils auch das unreine Wasser, das sonst in offenen Rinnen abfliessen müsste, aufzunehmen bestimmt sind und beides nach einem Flusse oder nach der See abführen. In den meisten grösseren Städten bestehen sie, und es sind daselbst auch die Kothgruben der Aborte mit ihnen in Verbindung gesetzt. Sie dienen somit nicht nur zur Reinhaltung der Strassen, sondern gewähren auch eine grosse Bequemlichkeit.

Strassenkanäle sind ein sehr nothwendiges Bedürfniss der Städte, indem zum Theil der gute Gesundheitszustand derselben hievon abhängt. Der Bau eines Kanalsystems muss von mehreren Gesichtspunkten aus betrachtet werden, nämlich in Betreff der Räumlichkeit, der Richtung und des Gefälles. Auch muss man ein dauerhaftes Material hiezu verwenden.

Man kann behaupten, dass das Gefälle eines Strassenkanals niemals zu hoch angenommen werden kann, doch können sich diesem begreiflicher Weise viele Hindernisse in den Weg stellen; z. B. die geringe Neigung des Bodens und der geringe Unterschied zwischen seinem Niveau und dem des Flusses, in welchen der Kanal geleitet werden soll. Das regelmässige Gefälle der Kanäle in London ist $^1/_{48}$ und das geringste Gefälle $^1/_{144}$. In Edinburg haben die Strassenkanäle $^1/_{60}$ bis $^1/_{100}$ Fall. In Städten, die in einem flachen, fast horizontalen Flussthale liegen, wie z. B. in Hamburg, findet man für die grössten Hauptabzugskanäle zuweilen Gefälle von $^1/_{3000}$. Kleinere Kanäle müssen verhältnissmässig mehr Fall bekommen. Es haben daher auch die kleineren Kanäle in Hamburg verhältnissmässig einen grösseren Fall; die kleinsten Zweigkanäle haben daselbst einen Fall von $^1/_{150}$. Im Allgemeinen kann man versichert sein, dass ein Gefälle von 2 Centimetern p. M. genügt, um ein vollständiges Ablaufen der Flüssigkeiten und der Auswürfe zu sichern.

Lauf und Richtung der Kanäle werden nach dem Niveau des Beckens bestimmt, dessen Wasser der Kanal abzuführen hat.

Eine der wesentlichsten Bedingungen der Reinhaltung der Kanäle ist die, dass ihnen eine solche Höhe gegeben werde, damit ein Mensch ohne sich zu bücken, bequem darin gehen kann, indem die Reinigung solcher Kanäle, welche einen geringen Fall haben, auf künstliche Art geschehen muss. In Hamburg geschieht daher die Reinigung durch den Roc'schen Spülapparat; es sind in gewissen Entfernungen gusseiserne Stauthore angebracht, hinter welchen sich das Wasser anstaut, worauf man diese Thore, unten anfangend, plötzlich zurückfallen lässt, und wodurch die angesammelte Wassermasse, die Niederschläge mit sich fortreissend, rasch abfliesst. In London geschieht dies sehr einfach durch den verschiedenen Wasserstand der Themse bei Fluth und Ebbe; man lässt das Hochwasser in die Kanäle eintreten und schliesst alsdann die Mündungen derselben so lange, bis die Ebbe sich einstellt; werden sie sodann geöffnet, so stürzt das Wasser mit grosser Heftigkeit heraus, und der starke Strom führt den Unrath mit sich fort.

Die Sohle der Kanäle muss möglichst glatt und solid hergestellt werden, damit keine Einsenkungen entstehen, indem daselbst, wie an sonstigen Hervorragungen, der Unrath ein Hinderniss finden und sich anhäufen würde. Die Aenderungen in der Richtung der Strassenkanäle müssen sorgfältig abgerundet sein; kein Winkel, kein Vorsprung darf im ganzen Laufe vorkommen. Die Gewölbe der Kanäle müssen so viele vergitterte Oeffnungen als nur möglich erhalten, denn diese haben nicht nur den Zweck, die Verbindung der Kanäle mit der äusseren Luft zu vervielfältigen und so direkt zu ihrer Salubrität beizutragen, sondern auch das Mittel zu liefern, die einzelnen Kanalstrecken, indem sie kürzer werden, zugänglicher zu machen.

Die Wahl der Materialien zum Bau der Kanäle ist von grösster Wichtigkeit. Die beste Bauart ist diejenige, welche aus festen Materialien besteht, die nicht blos der Feuchtigkeit und den Flüssigkeiten im Allgemeinen, sondern auch den starken Strömungen, sowie den verschiedenen Arten von Säuren kräftigst widerstehen. Aus diesen Gründen muss dahin gestrebt werden, den Kanal so viel als möglich aus einem Block bestehend zu gestalten, der im Innern nur ganz glatte Flächen hat und dessen Winkel gehörig abgerundet sind.

Die Sohle der Kanäle soll niemals gepflastert sein, denn die Strömung der Flüssigkeiten und der festen Körper, welche mitgerissen werden, können nicht verfehlen, das Pflaster zu zerstören und tiefe Löcher zu bilden, in denen sich Schlamm und giftige Ausdünstungen sammeln. Selbst das Pflaster grösserer Steinplatten hat geringe Zwischenräume, die sich erweitern können und am Ende dasselbe Resultat bewirken. Alle diese Uebelstände werden vermieden werden durch ein gutes Mauerwerk von harten Bruchsteinen, auch von Kieselsteinen oder von gut gebrannten Ziegeln, oder endlich von Beton; jedenfalls muss dasselbe einen tüchtigen, vollkommenen glatten Putz von hydraulischem Mörtel oder Cement erhalten.

Bei dem Baue eines Strassenkanales muss man nicht blos die Wasserquantität berücksichtigen, die in demselben gewöhnlich abläuft, sondern auch diejenige, die bei einem heftigen Gewitterregen auf der Oberfläche des Beckens niederschlägt und dem Kanale zugeleitet wird.

Mit Ausnahme der in der allerletzten Zeit in Paris erbauten Kanäle haben dieselben daselbst ein ähnliches Profil wie die Fig. 366 a, Taf. II zeigt, und einen Flächeninhalt des Querschnittes von 50 Quadratdecimeter bis zu 2 Quadratmeter. Die Höhe aller dieser Kanäle ist beinahe dieselbe, und der grössere oder kleinere Querschnitt wird nur durch die grössere oder geringere Breite derselben bedingt. Ihre Breite am Boden ist bei einem kleinen Kanale 0.50, und bei einem grossen 0.90 Meter; ihre Breite am Gewölbsanlaufe beträgt 0.70 bis 1.10 Meter. Die Höhe des Gewölbsscheitels vom Boden ist zwischen 1.80 bis 1.90 Meter. Durch das Aufziehen der Mauern im Innern ist die Besichtigung und Reinigung erleichtert. Die äussern Wände sind vertikal. Der Boden so wie auch die Widerlager ruhen auf einer 0.15 Meter dicken Lage von Beton. Die Dicke der Sohle sammt der Betonlage beträgt in der Achse des Kanales 0.45, an den Widerlagern aber 0.45 bis 0.50 Meter, so dass ein hohler Bogen von 0.05 bis 0.10 Meter Pfeilhöhe entsteht. Die Sohle ist mit sehr harten, hochkantig in Mörtel gestellten Steinen gepflastert. Die Widerlager sind an der Sohle 0.45 bis 0.50 Meter und beim Anlaufe des Gewölbes 0.35 bis 0.40 Meter dick. Aller Mörtel und Beton wurde ohne Ausnahme blos mit hydraulischem Kalke gebildet. Das Wasser fliesst meistens durch einen Schacht, der am Ende eines Seitenarmes errichtet und mit einem Gitter bedeckt ist, nach dem in der Mitte der Strasse liegenden Kanal, wie es Taf. II, Fig. 366 b zeigt. Um diesen Seitenarm zu vermeiden, lässt man auch das Wasser direkt, durch ein Gitter in eine Art Trichter und durch eine gusseiserne Röhre in den Kanal treten, Fig. 366 c. Auch fliesst das Wasser durch Trottoirmundlöcher, Fig. 367 a und b, und einem Schachte einem kleinen Seitenarme zu, der es in den Kanal leitet. Die Sohle dieser Kanäle ist an der Stelle, wo das Wasser einfällt, durch einen Fallstein d aus Granit gebildet, damit sie durch das herabstürzende Wasser nicht angegriffen werde. Der Querschnitt der Mundlöcher, oder ihre über dem Boden erscheinende Mündung ist so ausgemittelt, dass sie stets nur eine Stufe hoch ist. Je nach der zu Gebote stehenden Höhe werden sie in der Ebene des Trottoirs, in Uebereinstimmung mit diesem, entweder mit einer Granit- oder mit einer gusseisernen Platte bedeckt.

Die neuen Strassenkanäle in Paris werden nach den in Fig. 368, Taf. II dargestellten Normalzeichnungen erbaut. Fig. 368 d zeigt das Profil von dem Sammelkanale Asnières, welcher die Bestimmung hat, alles Wasser aus den Stadttheilen am rechten Ufer der Seine aufzunehmen. In der ganzen Länge dieses Kanales sind in das Mauerwerk der beiden Bankete zwei Cementröhren von je 0.40 Meter Durchmesser gelegt, wovon die eine das Drainage-Wasser der

Sandschichten des Pariser Terrains aufnimmt, während die andere die allgemeine Anwendung des Systems der unterirdischen Abtrittsreinigung für die Zukunft sichern soll. Dieser Sammelkanal hat im Lichten eine grösste Breite von 5.60 Meter und eine grösste Höhe von 4.40 Meter. In Entfernungen von 200 Meter erhielt der unter freiem Himmel erbaute Theil des Kanal an jeder Seite Rettungsöffnungen für Arbeiter; bei der unterirdisch ausgeführten Kanalstrecke wurden die alle 200 Meter entfernten Schachte zu demselben Zwecke benützt, indem man über dem Gewölbe des Kanals eine Kammer anbrachte, welche durch zwei Oeffnungen an jeder Seite mit dem Kanale in Verbindung steht. Die Einsteigöffnungen und die Schachte sind mit eisernen, im Mauerwerk befestigten Leitern versehen. Die Reinigung dieses Kanals geschieht mittelst eines mit einer Schützenvorrichtung versehenen Bootes, das von Blech ist, eine gewöhnliche Form und eine bewegliche Schütze in der Form des Gerinnes hat. Diese Schütze befindet sich an dem vorderen Theile des Bootes und wird mittelst eines Vorgeleges behufs der Reinigung in das Gerinne gesetzt und später auf dem Boote umgelegt, das mit einer starken Lampe zur Beleuchtung versehen und rückwärts durch zwei bewegliche Führungen gerichtet wird, welche es in der Achse des Gerinnes erhalten, wenn die Schütze aufgezogen ist. Der Vorgang hiebei ist folgender: Man lässt die Schütze in das Gerinne herab, das Wasser staut sich rückwärts derselben von 0.15 bis 0.30 Meter auf, welche Masse einen solchen Druck auf die Schütze ausübt, dass der ganze Apparat in Bewegung gesetzt wird. Die Unreinigkeiten sammeln sich unterhalb, d. i. vor der Schütze, und würden bald einen den Gang des Apparates aufhaltenden Damm bilden, wenn nicht die Flüssigkeit, indem sie mit Gewalt durch die leeren Räume zwischen der Schütze und den Wänden des Gerinnes, so wie auch durch die kleinen Oeffnungen der Schütze entweicht, den Sand und den Schlamm zertheilen und sie vor dem Boote wegschieben würde. Das Vorrücken des Apparates ist ausserordentlich langsam; ein Boot braucht 8 bis 20 Tage zur Zurücklegung einer Strecke von 5 Kilometern des Hauptkanals. Um die Reinigung eines Kanals schneller vorzunehmen, ist die Verwendung mehrerer solcher Fahrzeuge erforderlich. Zum Hinaufschaffen des Bootes sind in Entfernungen von 600 Metern Schleusen oder bewegliche Wehre unter den Rettungskammern angebracht. Jede Schleuse enthält eine Schütze nach der Form des Gerinnes und zwei bewegliche Stangen, von welchen ein Ende an dem Banket befestigt und das andere durch eine Charniere mit der Schütze verbunden ist. In der Rettungskammer befindet sich ein feststehender Haspel mit einer aufgerollten Kette, die sich an den Kopf der Schütze anschliesst; ein einziger Arbeiter bedient diesen Haspel und hebt die Schütze nach Belieben bis zum Gewölbe, und da sich diese an den Enden der Stangen um zwei Charniere bewegt, so legt sie sich in die Richtung des Wasserstromes, wenn ein Hochwasser eintreten sollte, welches den Kanal überfüllt. Wenn die Schütze niedergelassen ist, um das Wasser aufzustauen, halten sie Ketten, die an den Zapfen der Stangen in dem Banket befestigt sind, in einer beinahe vertikalen Stellung. Man kann das Wasser in dem Gerinne leicht auf eine Höhe von 0.50 bis 0.60 Meter stauen, und das Boot kann dann hinauffahren.

Fig. 368 b, Taf. II, zeigt das Profil des Rivoli-Kanals mit einem Wassereinlass durch ein Trottoirmundloch. Fig. 368 f, Taf. III ist der Kanal in der Strasse Rambuteau, welcher für die Centralhallen bestimmt ist und zwei Röhren eine von 0.20, die andere von 0.10 Meter Durchmesser hat. Fig. 368 g ist das Profil eines Kanals unter einer der Contrealleen des Boulevard Sebastopol. Fig. 368 c, e und h sind Normalprofile anderer Strassenkanäle.

Fig. 368 a ist der grosse Kanal des Boulevards Sebastopol, der aus gewöhnlichem Mauerwerk mit einer Verkleidung von Quarzstein besteht. Dieser grosse Kanal dient nicht nur für den gewöhnlichen Abzug des Wassers der Ebene du Marais, sondern er führt auch in Regenzeiten das Ueberwasser der Abhänge unmittelbar in die Seine und verhindert die sonst so häufigen Ueberschwemmungen des Thales des ehemaligen Baches Menilmontant. Dieser ist, wie fast alle Pariser-Kanäle, aus behaunem Quarzstein in hydraulischem Kalk mit einem äussern und innern Ueberzug von Cement hergestellt. Die Reinigung dieses Kanals geschieht mittels eines mit Schützen versehenen Wagens, der aus einem kleinen Gerüste mit einer an Zapfen beweglichen Schütze besteht, welch' letztere mittels eines Haspels in das Gerinne hinabgelassen werden kann, wo sie ein Wehr bildet. Das sich rückwärts stauende Wasser stürzt mit Kraft durch die Oeffnungen, die zu diesem Zweck angebracht sind, und spült den Sand und Schlamm fort. Man verfährt mit diesem Wagen auf dieselbe Weise wie mit dem Boote des grossen Sammelkanals. Der grosse Abzugskanal des Boulevard von Sebastopol ist so eingerichtet, dass er die beiden Röhren der Wasserleitung von Ourcq und der Quellenleitung aufnehmen kann. Die erstere

hat gusseiserne Röhren mit einem Durchmesser von 0.80 Meter, welche auf gusseisernen Säulen ruhen, die in das Mauerwerk der Bankets eingelassen sind. Alle Häuser von Paris müssen in den mit Abzugskanälen versehenen Strassen durch besondere Zweigkanäle mit jenen in Verbindung gesetzt werden. Diese Abzweigungen, welche 2.30 Meter unter dem Schluss und 1.30 Meter lichte Breite am Anlaufe des Gewölbes haben, sind bestimmt, das Regen- und sonstige Wasser der Häuser, wie auch die Wasserleitung für die Häuser aufzunehmen. Auch kann man eine mit einem Seiher versehene Koththiene, mit einem Inhalt von einem Hektoliter, darin anbringen, welche die früheren Senkgruben ersetzt; die festen Massen bleiben in der Tiene, während die Flüssigkeiten durch eine Röhre in den Kanal geführt werden, die in einem Gerinne mit hydraulischem Verschluss mündet, welcher die aus dem Kanal in die Häuser dringenden Luftströmungen abschneidet. Das zeitweilige Wegnehmen der Koththiene muss in den Strassenkanälen geschehen.

London ist diejenige Stadt der Welt, welche wenn auch nicht am besten, doch am umfassendsten drainirt wurde; die grosse Anzahl der Kanäle bildet ein Netz von beiläufig 2000 Meilen developpirter Länge. Der grösste Theil des Unrathes dieser grossen Stadt wird durch dieses Kanalnetz der Themse zugeführt. Wie die Kanäle daselbst gereiniget werden, ist schon besprochen worden. Wegen der niederen Lage des Bodens, welche kaum das Niveau der Hochwässer übersteigt, und da die Kanäle doch eine gewisse Tiefe unter demselben haben müssen, werden die Mündungen derselben durch die Fluth vollkommen verschlossen, und nur wenn sich diese gänzlich zurückgezogen, kann ein Theil des Inhaltes der Kanäle abgeführt werden. Es bleibt also eine grosse, flüssige, stinkende Masse von einer grossen Strecke während einer Zeit von 24 Stunden, beinahe 18 Stunden liegen und verbreitet seine Miasmen in den Strassen und Häusern, unter denen sie sich befinden. Die Themse selbst, welche all' diesen Unrath aufnimmt und nicht im Stande ist, denselben gehörig abzuführen, bildet den grössten und gefährlichsten offenen Abzugskanal, und besonders im Sommer einen unerträglichen Mittelpunkt der Verpestung. Um diesem Uebel zu steuern, warf man in den letzten Jahren grosse Quantitäten von Kalk und Chlorkalk in den Fluss; in dem ungünstigen Jahre 1859 stieg die hiezu nothwendige Dosis auf 110 Tonnen Kalk und 12 Tonnen Chlorkalk pro Sekunde. Ausserdem ist man genöthigt, wegen des in der Themse während gewisser Jahreszeiten stattfindenden geringen Wasserabflusses, um diesen zu befördern, ähnliche Mittel anzuwenden, wie wenn man Hafenstrassen u. dgl. durch Spülschleusen reinigen würde. Dieses Mittel so wie auch die zurückgehende Fluth können wie gesagt in gewissen Jahreszeiten doch nur einen sehr geringen Theil, zuweilen auch gar nichts von diesen Stoffen weiter bringen; demnach nimmt die Themse in diesen Perioden immer mehr und mehr Unrath auf. Diese ungeheuren und gefährlichen Ablagerungen führten endlich zu einer Situation, deren Gefahren auf radikale Weise nicht anders mehr beseitiget werden konnten, als durch Anwendung eines neuen Systems von Sammelkanälen, mit der Bestimmung, alle alten Kanäle nicht mehr inmitten der Stadt in die Themse ausmünden zu lassen, sondern ihren Inhalt aufzunehmen und an einem von der Stadt mehrere Meilen entfernten Punkte in den Fluss zu leiten. Dieses von Bazalgette entworfene Projekt ist nun in voller Ausführung begriffen und dürfte in kurzer Zeit vollständig beendet sein. Es besteht in folgendem: man stelle sich drei lange Tunnels vor, die an jeder Seite des Flusses gelegen und den Unterboden Londons von Osten nach Westen vollständig theilen. Sie durchschneiden alle Strassenkanäle im rechten Winkel (weil diese in Folge der Richtung der Themse auf einem Ufer von Norden nach Süden und auf dem andern Ufer entgegengesetzt laufen), so dass deren Abfluss gegen den Theil der Themse hin, der die Stadt durchschneidet, unterbrochen wird, und nehmen die ganze Masse ihres Inhaltes auf, die sie weit wegführen, um sie in den Strom zu leiten, und zwar einerseits unterhalb Barking und anderseits bei Erith. Diese Tunnels bilden also drei grosse Sammelkanäle, die man mit dem Namen: Kanal der oberen Haltung, Kanal der mittleren Haltung, Kanal der unteren Haltung nach der resp. Situation der Regionen bezeichnet, welche jeder von ihnen zu drainiren bestimmt ist. — Die obere Haltung hat an der Nordseite eine Länge von beiläufig 8 Meilen zwischen Hampstead und Bow. Im Anfange hat der Durchmesser nur 1.370 Meter, vergrössert sich aber nach dem Verhältniss des aufzunehmenden Flüssigkeitsvolumens, und erreicht gegen das Ende des Kanals beim Flusse Lea ein Mass von 3.809 Meter. In eine Tiefe von 6.095 bis 7.923 Meter gelegt, dient er zur Drainage eines Flächenraums von 14 Quadratmeilen; das geringste Gefälle beträgt 0.038 Meter pro 100 Meter, während es am Anfange beiläufig 0.0095 Meter pro Meter ist. Der Kanal der mittleren Haltung ist wegen der Neigung des Thales, wo die Stadt erbaut

ist, in einer Tiefe von 9.140 bis 10.828 Metern gelegen und erstreckt sich von Kensal-Green bis Bow. Die letzte Kanalstrecke beginnt bei Cremorne und endet bei Abbey Mills. Bei Bow werden die Flüssigkeiten dieses Kanals durch mächtige Maschinen bis zu dem Verbindungspunkt der beiden andern Sammelkanäle gehoben, und von dort fliessen sie in drei Kanälen ab, die bis zum Hauptreservoir geschlossen sind, das mit der unterhalb Barking angelegten Mündung in Verbindung steht. Diese drei, beiläufig drei Meilen langen und den Fluss Lea mehrmals durchschneidenden Kanäle haben je 2.895 Meter Durchmesser. Das Hauptreservoir bei Barking, welches den Inhalt der Strassenkanäle der nördlichen Seite aufnehmen soll, hat eine Länge von 1 ½ Meilen, eine Breite von 100 Fuss und eine Tiefe von 21 Fuss, was einem Rauminhalte von 470805 Kubikmetern entspricht, ein Volumen, das mindestens dreimal grösser ist, als das der Flüssigkeit, die sich während des Verschlusses der Schleusen, durch welche das Reservoir mit dem Flusse in Verbindung steht, ansammeln kann. Um den Ausdünstungen vorzubeugen, soll dieser ungeheure Behälter gewölbt, mit einem Erddamm von bedeutender Stärke überdeckt, und ferner sollen von Zeit zu Zeit bedeutende Quantitäten Kalk hineingeworfen werden, um die Desinfection zu befördern. Alle Einrichtungen sind der Art, dass der Dienst der Strassenkanäle für die ferne Zukunft und selbst dann gesichert ist, wenn die Bevölkerung Londons noch zweimal bedeutender würde, als sie es jetzt ist. An jedem Tage werden die Schleusen während der Ebbe geöffnet und das Reservoir ergiesst seinen ganzen Inhalt, wozu nur zwei Stunden erforderlich sind, in den Fluss, wo er von der zurücktretenden Fluth 13 Meilen unterhalb Barking, d. h. wenigstens 26 Meilen von London, abgeführt wird. — An der Südseite der Themse sind die drei grossen Sammelkanäle ähnlich construirt wie die der Nordseite. Der Kanal der obersten Haltung beginnt bei Dulwich und läuft gegen Depttord-Creek; der der mittleren Haltung fängt bei Clapham an und endigt an demselben Punkte wie der vorige; der Kanal der unteren Haltung endlich soll von Putney nach Deptford geführt werden, bei welch letzterem Orte ebenfalls Pumpen aufgestellt werden, welche die Flüssigkeiten der untern Haltung in die obere Haltung heben, von wo sie in den Morästen von Erith in einen Tunnel von 3.20 Meter Durchmesser fliessen. Ein Theil dieses Tunnels, der unter Wolwich durchgeht, hat eine Tiefe von 24.38 Meter unter der Oberfläche des Bodens. Bei seiner Mündung wird eine Pumpstation angelegt, welche die Flüssigkeit in ein grosses Reservoir leitet, das ebenso gebaut ist wie jenes an der Nordseite. — Jede der erwähnten Pumpstationen besteht aus einem Gebäude mit zehn Kesseln von mehr als 500 Pferdekraft, welche acht Pumpen in Bewegung setzen. Diese mächtigen Maschinen heben jeden Tag ein Flüssigkeitsvolum von 532000 Kubikmeter auf eine Höhe von 5.790 Meter; es sind die Dimensionen so berechnet, dass sie erforderlichen Falls 700000 Kubikmeter heben können.

In London ist die Höhe der Kanäle nicht durchgehends so, dass ein Mann darin aufrecht gehen kann, indem dort für die Aufräumung kein besonderer Dienst erforderlich ist, da dieses, wie schon erwähnt, durch das Steigen und Fallen des Wassers geschieht. Die Gestalt und Ausmasse der Kanäle in London sind in jedem Stadttheile ebenso verschieden, als die Vereine, denen die Leitung hierüber zusteht. — Jeder gewöhnliche, zum Abflusse der Gewässer von mehr als einer Strasse dienende Kanal, muss in Westminster die Form und Ausmassen haben, wie sie in Fig. 369 a, Taf. III angegeben sind; wenn er jedoch nur für eine Gasse dient, kann er die Ausmasse der Fig. 369 b haben. In den Stadttheilen Holborn und Finsburi haben die Kanäle Londons die Profile Fig. 369 c und d. — In den Fig. 370 a, b u. c, Taf. III ist die in den Strassen Londons gebräuchliche Einrichtung bei den Abflussöffnungen des Regenwassers und den Rigolen in die Unrathskanäle dargestellt; bei x befindet sich der Verschluss durch Klappen von galvanisirtem Eisen. Fig. 370 d zeigt die Skizze eines Wasserverschlusses bei einem Regengitter.

In englischen Städten, namentlich in London, wird das Trottoir als ein Theil des Hauses betrachtet, und der Raum darunter ist Kellerraum, der zur Aufbewahrung von Kohlen benützt wird. Die Kanäle liegen dort so tief, dass ihre Sohle sich mindestens 4 Fuss unter dem gepflasterten Boden der Souterrains befindet, wodurch jede Gefahr eines Durchsickerns in diese entfernt und keine besondere Vorsicht auf die Wasserdichtigkeit der Kanäle zu verwenden nothwendig ist. Fig. 371, Taf. III zeigt eine Strasseneinrichtung in London. Die Zuleitungsröhre A, welche den Unrath und das Wasser aus einem Hause dem hier gezeichneten grossen Ableitungskanale zuführen soll, hat an einer Stelle eine Einsenkung und eine Zunge, die aus einer Steinplatte besteht, welche von der Decke bis unter das Niveau des sich hier ansammelnden Wassers herabreicht. Dadurch wird die Röhre luftdicht vom Kanale abgeschlossen. Die Reinigung dieser Schlammkästen muss oft vor-

genommen werden. B ist das Trottoir und C der darunter befindliche Kohlenkeller. D ist ein offener Graben, der das Haus von der Strasse trennt, welcher Gelegenheit gibt, die Küche E und die sonstigen Räume des Souterrains zu erleuchten.

In Liverpool besitzen viele Kanäle eine ganz kreisrunde Form, Taf. III, Fig. 372; ihre Dicke beträgt durchgehends zwei halbe Ziegel. Bei vielen ist nur der obere Theil gemauert und der Rest aus losen Ziegeln gebildet, so dass ein Theil des durchfliessenden Wassers durch die Fugen der Kanalsohle in den Boden versickern kann.

Taf. III, Fig. 373 stellt das Profil eines Kanales in Edinburg dar.

Die belgischen Kanäle haben eine Eiform, Tafel III, Fig. 374 a. Das Strassenwasser wird daselbst mittelst Zweigröhren und Schlammgruben, Fig. 374 b, das Spülwasser der Häuser durch Zweigröhren, die häufig aus Gusseisen bestehen, in den Kanal geführt, welche ein möglichst grosses Gefälle erhalten. Der Scheitel dieser Zweigröhren enthält entweder eine kleinere, ausgemauerte, der vorigen ähnliche Schlammgrube, oder eine solche aus Gusseisen. Die Fig. 374 c zeigt eine solche gusseiserne Schlammgrube.

Fig. 363, Taf. I zeigt das Profil eines Kanals in Wien.

Für alle Städte, die mit Unrathskanälen versehen sind, ist der Verschluss der Einsteigschachte und Einfallöffnungen zur Verhütung des Aufsteigens der so lästigen und verderblichen mephitischen Gase ein Gegenstand von der grössten Wichtigkeit. Zu diesem Zwecke bestehen Vorschläge zu verschieden kombinirten Apparaten, theils mit Wasserabschluss, theils mit selbstwirkenden Klappen, und endlich mit einer Durchleitung der Gase durch Holzkohle. Die städtische Verwaltung Londons legte auf die letzte Methode besonderes Gewicht und liess darüber im grossen Massstabe Versuche anstellen. Die mächtig desinficirende Wirkung der Kohle ist bekannt. Zur Anbringung der Kohle wurden zweierlei Vorrichtungen angebracht, nämlich der Patentapparat von Bean und Burgess, bestehend aus einem grossen Siebe mit mehreren Abtheilungen, dann ein zweiter mit mehreren durchlochten Schalen zur Aufnahme der Kohle, welche so construirt sind, dass man sie leicht aus dem Rahmen, in welchem sie ruhen, herausnehmen kann. Die Kohle wurde in kleinen Stücken dicht, jedoch ohne Pressung auf die Schalen oder Siebe gelegt (auf jedes 1 1/12 Pfund, zusammen 6 1/2 Pfund). Die Resultate dieser Versuche waren folgende: die Wirksamkeit der Kohle zur Vernichtung des üblen Geruches war eine vollständige; die Klagen der Anwohner haben überall aufgehört. Obwohl die Holzkohle nach neun bis zwanzig monatlichem Gebrauche einer chemischen Untersuchung unterzogen wurde, so ist dennoch die Dauer der Verwendbarkeit derselben noch nicht genügend erprobt und hängt hauptsächlich davon ab, dass sie mehr oder weniger trocken erhalten wird; die Kohle scheint viel von ihrer desinficirenden Kraft einzubüssen, wenn sie mit Wasser gesättigt wird. Man konnte bis jetzt zu keiner ganz bestimmten Ansicht über die Wirkung der Kohlengefässe auf die Desinfection der Kanäle gelangen; in keinem Falle darf die Entweichung der Gase aus den Kanälen so weit gehindert werden, dass die Luftmenge in denselben einen nachtheiligen Einfluss auf die in den Kanälen beschäftigten Arbeiter ausübe. — Als Folgerung dieser Versuche ergibt sich, dass die Kohle möglichst vor Nässe und Schmutz bewahrt bleiben muss, und dass die Kohlenfilter so in die Abzugsöffnungen gestellt werden, dass die Luftcirculation der Kanäle so wenig wie möglich gestört werde und diese leicht zugänglich bleiben. Besonders ist auf die Luftcirculation zu sehen, weil sonst die Kloakengase verderblich, ja tödtlich für die Arbeiter wirken können.

Trockenlegung durch Erhöhung des Geländes.

§. 8.

Die Trockenlegung durch *Erhöhung des Geländes* ist in sehr vielen Fällen möglich, wo die Senkung des Wasserspiegels entweder gar nicht, oder nur im ungenügenden Masse ausführbar ist; auch ist sie letzterer Art dort vorzuziehen, wo man ausser der Entwässerung noch die Absicht hat, den Boden so zu verbessern, dass er möglichst bald kulturfähig werde.

Die Erhöhung des Geländes kann durch *Auffüllung* oder durch *Aufschwemmung* geschehen. Die Auffüllung ist das einfachste und sicherste, allein da es lediglich durch Arbeit bewirkt werden kann, auch das theuerste Verfahren, wesshalb es im Grossen wenig zur Anwendung kommen kann; im Kleinen wird es dagegen häufig vorgenommen.

Ueberall, wo Sümpfe oder überhaupt Gewässer nur durch Auffüllung trocken gelegt werden können, wird zunächst wohl zu untersuchen sein, zu welcher Benützungsart die gewonnene Fläche fähig ist, welchen Reinertrag sie dann liefern wird, und um wie viel dieser den gegenwärtigen übertrifft, weil diese Arbeit immer im Verhältniss zu den andern Arten der Trockenlegungen viel kostspieliger ist. Der Kapital-

werth des zu erwartenden Reinertrages wird die Kosten anzeigen, welche man auf ein solches Unternehmen verwenden kann; jedoch ist eine zu ängstliche Berechnung nicht am Platze, besonders wenn es sich um Staats- oder Gemeinde-Eigenthum handelt, und wenn auch andere Rücksichten, z. B. die der Gesundheit, der Annehmlichkeit der Gegend u. dgl., weiterer Opfer werth sind.

Solche Ausfüllungen sind aber nur möglich, wenn hiezu genügende Massen in einer solchen Entfernung zu haben sind, dass der Transport nicht zu sehr vertheuert wird.

Der körperliche Inhalt der nothwendigen Auffüllung ist durch eingeschlagene Pfähle, die man in entsprechende Linien legt und nivellirt, leicht zu bestimmen. Ist jedoch der Boden, was besonders bei stehenden oder langsam fliessenden Gewässern stattfindet, mit Moorschlamm bedeckt, so ist zu bemerken, dass derselbe sehr zusammenpressbar ist. Unter diesem Schlamm wird meistens eine feste Quellsand- und Thon-, oft auch Kiesschichte liegen, und es wird nicht schwer sein, sich wenigstens annähernd die Mächtigkeit dieser Moorschicht zu bestimmen. Ist diese unbedeutend, so wird sie als gar nicht bestehend betrachtet, weil sie theils zusammen, theils herauf gedrückt wird, und im letzteren Fall fast spurlos in den Zwischenräumen des Füllmaterials verschwindet; hat sie aber eine bedeutende Mächtigkeit, so würde immerhin nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ ihrer Tiefe in Rechnung zu nehmen sein. Je nach der Bodenbeschaffenheit muss die zu erwartende Verdichtung auf Grund von Erfahrungen oder Versuchen ausgemittelt werden, wobei die Vorsicht gebietet, lieber zu viel als zu wenig anzunehmen. Ueberhaupt ist es rathsam, bei dieser Art von Arbeiten dieselbe Kubikmasse festen Bodens für den gleichen Raum der Anfüllung zu rechnen, wenn man ganz sicher gehen und später Nachfüllungen vermeiden will.

Doch wird es in vielen Fällen mit der Anfüllung nicht allein genügen, sondern man muss auch dem Wasser irgend einen Ausweg offen erhalten, und zwar besonders an Hochgestaden und Thalwänden, wo Quellen entweder zu Tage treten oder zunächst unter der Oberfläche hinziehen. Je nach der Stärke und Zahl derselben, so wie nach der im Boden befindlichen Wassermasse und nach der Breite der Fläche, wird die Anlage dieser Gräben sich richten. Wird die Erde zur Auffüllung von beiden Seiten gewonnen, so ist, wenn nichts Besonderes zu berücksichtigen wäre, die Mitte der Fläche der entsprechende Ort für diesen Graben; erfolgt die Auffüllung von der einen Seite mehr als von der andern, so wird der Graben in diesem Verhältniss jener Seite näher gelegt, woher das wenigste Material kommt.

Benützt man das Wasser zur Herbeiführung des Materials, d. h. erhöht man das Gelände durch Aufschwemmung, so kann dies geschehen: 1) indem man künstlich die Bäche gegen hohe sandige Ufer führt und zwingt, dieselben anzugreifen und den Sand mit sich zu reissen, wobei man auch noch das Ufer abstechen und den Sand in den Bach zu werfen pflegt — durch *Schwemmung;* oder 2) dadurch, dass man den Bächen und Flüssen die Zuführung des Materials überlässt und sich bemüht, nur diese über jene Flächen zu leiten, welche man durch Absetzung dieses Materials erhöhen will — durch *Auflagerung;* oder endlich, 3) dass in fliessenden Gewässern selbst deren eigenes Material durch besondere Anlagen zur Absetzung gebracht werden — durch *Verlandung.*

Die *Verlandung* wurde bei dem Strombau in ausführlicher Weise schon behandelt.

Bei der *Schwemmung* bedient man sich also des Wassers lediglich als bewegender Kraft, um den Boden von einer Stelle zur andern zu übertragen, was bei zweckmässiger Ausführung wohlfeiler zu stehen kommt als die Auffüllung. — Die Schwemmung ist vorzugsweise da anwendbar, wo Bäche von starkem Gefälle in Thälern vorkommen, deren Wände fruchtbaren, oder zur Vermischung mit anderem, geeigneten Boden enthalten, während die Thalsohlen versumpft, oder mit Geschieben, oder solchem Boden bedeckt sind, der durch den herbeizuschwemmenden verbessert werden kann. Meistens handelt es sich dabei um Wiesenanlagen; auch dürfte hiebei dasselbe Verfahren bei kleineren versumpften Waldflächen empfehlenswerth erscheinen. — Der Bach, welcher zum Schwemmen benützt werden soll, wird oberhalb der projektirten Anlage gestaut, damit das Wasser mit möglichst grossem Gefälle gegen die abzureissenden Ufer hingeführt werden kann. Von hier aus wird entweder auf einer oder auf beiden Seiten des Thales der Zuleitungsgraben hergerichtet, der mindestens $0._{054}$ Kubikmeter Wasser in der Sekunde zu führen vermag. Würde er nicht so viel enthalten, so kann nur dann, wenn durch Schneeabgang oder Regen mehr Wasser zur Verfügung steht, mit genügendem Erfolge geschwemmt werden. Von dort, wo die Schwemmung beginnen soll, wird der Graben thalabwärts geleitet und heisst nun Schwemmgraben. In diesem wird die abgerissene und theilweise eingeworfene Erde in's Thal geflösst und legt sich daselbst an. Ist dies hinreichend geschehen, so wird

der Zuleitungsgraben entsprechend verlängert, dann ein neuer Schwemmgraben so angelegt, dass der abgesetzte Boden neben den des ersten Grabens zu liegen kommt, und so geht es fort, so weit man die Arbeit führen will oder kann. Gut ist es, die Fläche, welche von jenen Schwemmgräben erhöht werden soll, mit kleinen Dämmen einzufassen, die so hoch sein müssen, als der künftige Boden liegen soll; jedenfalls hat man hiebei dafür zu sorgen, dass das Schwemmwasser abgeleitet werden kann. — Soll blos von einer Thalseite aus geschwemmt werden, so geschieht dies bis zur jenseitigen Seite, auf welche dann das bisherige Bachbett verlegt wird. Wird von beiden Seiten aus geschwemmt, so kommt das Bachbett in die Mitte und dient in beiden Fällen als Abzugsgraben. Ist die Aufschwemmung keine hohe, so kann das bisherige Bachbett, etwaige Regulirungen vorausgesetzt, beibehalten, sonst muss es erhöht werden. Es versteht sich von selbst, dass während des Schwemmens alle Unregelmässigkeiten in der Anlage des Bodens, theils durch fortwährendes Regeln des Schwemmgrabens, theils durch Arbeit auszugleichen sind und schliesslich eine Ebnung der ganzen Fläche zu geschehen hat. Die Zuleitungsgräben können zur künftigen Bewässerung benutzt werden.

Weit öfter und vielseitiger anwendbar ist der zweite Fall, wo die fremden Bestandtheile des Wassers durch dessen Leitung und Festhaltung an bestimmten Orten zum Niederschlage gebracht werden. Diese Art von Aufschwemmung, d. i. die *Auflagerung*, wird auch vorzugsweise unter der Benennung „*Colmation*“ verstanden. — Fast alle fliessenden Gewässer führen zur Zeit ihrer Anschwellungen, d. i. nach Schneeabgängen, heftigen oder anhaltenden Regengüssen, grosse Mengen von Erde und Pflanzennährstoffen in Form von Schlamm mit sich, der von allen Grundstücken ihres Gebietes, und zwar um so mehr, je lockerer und je löslicher der Boden ist, abgewaschen wird. Je grösser das Hochwasser, um so bedeutender ist die Masse des Schlammes, und weil er das Wasser trübt, spricht man von Trübwässern. Die Benützung derselben ist überall anwendbar, wohin man sie als solche leiten und sie entweder zum Stillstande bringen, oder doch ihre Geschwindigkeit bedeutend vermindern kann. Je fruchtbarer der Boden ist, aus welchen die Trübwässer kommen, und je mehr er, wenn die Auflagerung keine mächtige ist, zu dem vorhandenen passt, um so günstiger ist die Einwirkung der Niederschläge auf die Vegetation. Zur Erhöhung durch Trübwässer sind besonders die Gelände geeignet, welche in den Ebenen am Ausgange der Thäler liegen, und man findet auch von Natur an jeder Thalmündung, wenn nicht Störungen eingetreten sind, den Boden durch solche Niederschläge bedeckt und in einem hohen Grade fruchtbar. Wo sie durch irgend eine Störung nicht abgesetzt werden konnten, können sie gesammelt werden; sie können selbst mit Hülfe von Kanälen auf höhere, als die am Thalausgange liegenden Gelände geleitet werden. Auf Grundstücken, welche wenig oder keinen Ertrag geben, wie z. B. Geschiebe- und Geröllpartien, Sümpfe, Moore, die weder beweidet noch abgebaut werden, oder wo die zeitweise Ueberschwemmung nicht schadet, wie in manchen Waldungen, kann zu allen Jahreszeiten jedes Trübwasser zur Erhöhung derselben geleitet werden; dagegen wo die betreffenden Flächen landwirthschaftlich benutzt sind, muss man sich auf solche Zeiten beschränken, in welchen das Wasser keinen Schaden anrichten kann.

Handelt es sich um die Aufschwemmung grosser Flächen, wie z. B. der Moore u. dgl., die wenig oder gar keinen Ertrag abwerfen, so geschieht dieselbe in der Weise, dass man den Fluss ohne weiteres auf die Fläche leitet und diese überfluthen lässt, wobei nur darauf Rücksicht genommen wird, dass das Wasser seiner Zeit einen Abfluss findet. Damit der Fluss kein Geschiebe unterwegs dahin liegen lasse, muss das neue Flussbett regelmässig und mit möglichst gleichmässigem Gefälle angelegt werden. Die Sohle der Einmündung des Ableitungskanals muss in der Höhe der Sohle des Flusses liegen, damit alle erdigen Stoffe von dem ersteren aufgenommen werden. Eine Anstauung des Flusses durch ein Wehr darf nicht stattfinden, indem sich sonst die Materialien schon vor dem Eintritt in den Kanal ablagern würden.

Gut ist es, wenn man dem Trübwasser vom Flusse aus eine bestimmte Richtung gibt, von welcher aus es erst auf die Fläche geleitet wird. Man wird demnach von der Sohle des Flusses einen Graben bis an den äussersten Punkt der zu erhöhenden Fläche ausheben, damit man das Wasser möglichst schnell dorthin führen kann. Je mehr derselbe Gefälle erhalten kann, um so besser ist es. Dieser Graben muss jedoch entweder selbst bis zu einer tiefer liegenden Stelle des Flusses fortgeleitet, wenn nöthig also durch das höhere Gelände durchgeführt werden, oder wenn anderweitige Abzugsgräben bereits vorhanden sind, über welche man verfügen darf, kann er in diese einmünden. Am Ende der auszufüllenden Fläche wird der Graben durch eine Spundwand abgeschlossen, über welche man durch horizontal eingelegte Bohlen oder Balken das Wasser

spannen und beliebig ablassen kann. Ist nun das Trübwasser im Graben bis an den Verschluss gekommen, so wird es alsbald über diesen steigen und die Fläche überschwemmen. Je höher das Wasser auf derselben steht, um so mehr Schlamm wird sich niederschlagen. Nach 2 bis 3 Tagen haben sich alle schwebenden Theile gesenkt, und selbst die feineren haben sich mehr nach der Tiefe gezogen; man hebt sodann die oberste Bohle des Verschlusses aus und lässt das Wasser nach und nach abfliessen, damit wenn der Fluss noch Trübwasser enthält, dieses in demselben Masse sogleich wieder eintreten kann, falls es oben nicht durch eine Schleuse abgesperrt wurde. Ist dieses der Fall gewesen, so wird die Schleuse so weit aufgezogen, dass unter ihr so viel Trübwasser einströmt, als beim Verschluss hinausgelassen wird. Ist aber das Wasser des Flusses nicht mehr trübe, so bleibt die Schleuse zu. Handelt es sich um bedeutendere Wassermengen, so können sowohl mehrere Ein- als Auslässe angebracht werden. Ist die Sumpffläche von solchem niederen Gelände begränzt, dass dieses nur wenig über jene erhaben ist, so muss die Fläche in entsprechender Höhe umdeicht werden.

Umständlicher wird die Sache, wenn die aufzuschwemmende Fläche nicht zusammenhängend, sondern von höherem Gelände unterbrochen ist, was entweder gar nicht oder nur von den höchsten Hochwässern überschwemmt wird. Reicht in solchen Fällen das Wasser hin, um alle einzelnen Flächen sogleich in Angriff zu nehmen, und stehen auch die hiezu nöthigen Mittel zur Verfügung, so ist die Anlage eines oder mehrerer Zuleitungsgräben so zu bewirken, dass die Trübwasser möglichst rasch überall, besonders aber nach den entfernten Punkten, bevor der Schlamm sich niederschlägt, gelangen können. Kann man mit den Zuleitungsgräben bei genügendem Gefälle auf höheren Punkten sich halten und aus ihnen die tieferen überschwemmen, so ist dies sehr rathsam, wo es aber nicht angeht, müssen erhöhte Kanäle für die Leitung erbaut werden. Nicht selten werden diese dann über andere Gräben, selbst über Bäche geleitet, und es kann dabei sogar vorkommen, dass letztere eingedämmt werden müssen. — Im Falle die Trübwasser oder die Mittel für das Ganze nicht hinreichen, wird ein Theil nach dem andern hergestellt.

Ist die ganze Niederung zur beabsichtigten Höhe herangewachsen, so kann dem Fluss sein ursprünglicher Lauf wieder angewiesen werden; zieht er jedoch durch die Niederung selbst, so muss er möglichst gerade geleitet werden, damit die Geschiebe keine Erhöhung des neuen Bettes veranlassen, da durch diese wieder eine Versumpfung entstehen könnte.

Vielfache Erfahrungen haben den Nutzen der Colmationen ausser Zweifel gestellt. Die grossartigsten Beispiele hievon findet man bei den Trockenlegungen des Chiana-Thales und der Sümpfe von Grosseto.

II. Abschnitt.

Bewässerungen.

§. 9.

Die *Bewässerung,* nämlich eine solche Benutzung des Wassers, wodurch dasselbe zugleich als Dünger wirkt, ist schon seit den ältesten Zeiten bekannt, sie ist für heisse Länder eine wahre Lebensfrage, aber auch in gemässigten von grösster Bedeutung, da sie bei dem Wiesenbau eine so wichtige Rolle spielt.

Jede Bewässerung wird aber nur dann von wohlthätigen Folgen begleitet sein, wenn sie nicht im Uebermasse erfolgt, und wenn alles für die Vegetation nicht mehr nothwendige Wasser entfernt werden kann. In diesem Sinne muss die Bewässerung stets mit der Entwässerung in engster Beziehung stehen. Bei nassen, sumpfigen Boden muss letztere stets der ersteren vorangehen.

Eine gewisse Abwechslung der Feuchtigkeit und Trockenheit des Bodens befördert ausserordentlich das Gedeihen der Wiesenpflanzen, und man kann durch solche künstliche Anlagen den Ertrag einer Wiese auf das dreifache, ja sogar auf das sechsfache vermehren. Je mehr das zur Bewässerung verwendete Wasser, vegetabilische oder mineralische Düngstoffe mit sich führt, um desto nützlicher ist es für diesen Zweck, weil diese Stoffe sich auf der Wiesenoberfläche ansetzen und als Dünger wirken. Das vorzüglichste Wasser hiezu enthält demnach unstreitig ein durch Felder und Ortschaften strömender Bach oder Fluss, weil er in seinem Laufe eine Menge von Düngstoffen aufgenommen hat und meist von milder Temperatur ist. Störend für die Vegetation ist das Wasser aus Moor- und Torfgründen; nur nach langem Laufe, wenn seine Säure verdunstet ist, die Eisentheile niedergeschlagen sind, mit anderem Wasser sich dasselbe vermischt hat, kann es auch zur Bewässerung von Wiesen gebraucht werden.

Zur Anlage einer Bewässerung ist es nothwendig, dass man nach einer genauen Recognoscirung die Aufnahme der Fläche bewirkt und dieselbe sorgfältig nivellirt. Hienach wird sich die Richtung des Hauptkanales und der aus diesem abzuleitenden Zuleitungsgräben ergeben. Besonders ist auf die Menge des zur Verfügung stehenden Wassers Rücksicht zu nehmen, um nach dieser die Ausdehnung der anzulegenden Bewässerung bestimmen zu können. Die Wassermenge muss hauptsächlich während der Zeit der grössten Dürre beobachtet werden, denn gerade zu dieser Zeit muss die Bewässerung ihren Zweck vollkommen erfüllen. Selbst bei geringer Wassermenge kann man durch einen möglichst sparsamen und durch wiederholten Gebrauch grosse Erfolge in nieder gelegenen Flächen erzielen.

Die nöthigen Anlagen zu einer Bewässerung sind höchst einfach; sie bestehen nur in kleinen Gräben und niederen Dämmen; die Stauwerke oder die Schütze, welche man zuweilen dabei benutzt und die zur Vermittlung des Ein- und Ablasses des Wassers dienen, sind wegen der geringen Dimensionen sehr einfache Bauwerke.

Die Bewässerung der Ländereien findet im Allgemeinen durch *Ueberstauung*, d. i. durch *Ueberschwemmung*, oder durch *Ueberrieselung* statt. Die erstere tritt mehr in trockenen Klimaten beim Getreidebau ein, wie in Italien, im südlichen Frankreich, in Egypten, obschon man sie häufig auch bei Wiesen anwendet. Die letztere Art der Bewässerung beschränkt sich allein auf die Wiesenkultur.

Sowohl bei der Ueberstauung als bei der Ueberrieselung wird entweder die ganze, oder ein Theil der disponiblen Wassermenge auf den höchsten Punkt des Geländes geführt, von wo aus es nach der zu bewässernden Fläche hin gleichmässig verbreitet

und nach vollzogener Wässerung wieder abgeleitet wird.

Bei der *Ueberstauung* wird die Fläche in geeigneter Jahreszeit öfter ganz unter Wasser gesetzt, und bleibt so lange damit bedeckt, als es zu einer starken Durchnässung des Bodens nöthig ist. Hiebei werden auch die erdigen Theilchen, die im Wasser enthalten sind, niederschlagen, welche zur Befruchtung wesentlich beitragen. Ausserdem erfolgt bei den *Stauwiesen* die Ueberschwemmung gewöhnlich im November, und wenn diese eine tiefe Lage haben, trachtet man, sehr trübes Wasser dazu zu benutzen. Der Ablass dieses Wassers, welches in der möglichst grössten Höhe erhalten werden soll, geschieht zur Zeit, in welcher die grösste Kälte vorüber ist. Besonders tief gelegene Wiesen überschwemmt man im Winter mehrmals, d. h. man benutzt jedes Trübwasser, um ihre Erhöhung zu befördern.

Die Ueberstauung verlangt, dass das Wasser so hoch übergeleitet werde, dass die höchsten Stellen der Wässerungsfläche einige Zolle hoch bedeckt werden können. Diese Fläche wird mit einem Damme eingefasst, dessen Krone horizontal ist. Der Eingang des Zuleitungsgrabens ist durch eine Schleuse zu öffnen und zu verschliessen, ebenso auch der Ausgang des Abzugsgrabens, der im tiefsten Punkte der Fläche zu liegen kommt. Auf der Wiese selbst werden die tiefsten Stellen mit Abzugsgräben versehen, die sich alle in einen Hauptentwässerungsgraben vereinen, der nach der Ausgangsschleuse führt. Ist die ganze Fläche von bedeutender Ausdehnung und hat sie etwas Gefälle, so bringt man sie nicht unter einen Stau, sondern theilt sie in einzelne Flächen ab, die durch kleine Dämme von einander getrennt sind. In diesen Dämmen sind kleine Schleusen angebracht, damit bei Wassermangel die einzelnen Flächen nach einander überschwemmt werden können. Kleinere Erhöhungen in der Wiese werden abgegraben und die Vertiefungen damit ausgefüllt, wobei jedoch die gute Erde auf die Oberfläche zu liegen kommen muss.

Dass ein Theil von Egypten schon seit dem Anfange der historischen Zeit durch Ueberschwemmung der natürlichen Anschwellungen des Nils eben so bewässert wurde, wie dies noch heute geschieht, beweist, dass diese Art der Bewässerung schon im frühesten Alterthume bekannt war. Der Nil theilt sich von Dendera bis Kairo, eine Strecke von 70 bis 80 Meilen, in zwei Arme, welche in 1 bis 2 Meilen Entfernung von einander fliessen. Der westliche Arm, der sogenannte Josephskanal, 300 Fuss breit, ist vielfach durchdämmt und mit dem 2000 Fuss breiten östlichen Arme, dem eigentlichen Nilstrome, durch viele kleine Kanäle verbunden. Durch die letzteren werden die gebildeten Bassins vom östlichen Hauptarme gefüllt, um so die dazwischen liegenden Landstrecken inundiren zu können. Das Steigen des Nils beginnt im Sommersolstitium und erreicht Mitte September die grösste Höhe von 25 Fuss über dem kleinsten Wasser. So füllen sich nach und nach die treppenförmig hintereinanderliegenden Bewässerungsbassins, und im Oktober werden die Dämme durchstochen, um das Wasser, nachdem es seinen befruchtenden Schlick abgesetzt, abzulassen, worauf die Aussaat beginnt.

Die Bewässerung durch Ueberschwemmung ist in der Lombardei am meisten ausgebildet. Das Wasser der zahlreich von den Alpen herabkommenden Flüsse wird zu diesem Zwecke so vollständig benutzt, dass man im Sommer während der Bewässerungszeit nicht einen Tropfen Wasser in den Flussbetten bemerkt. Das im allgemeinen ganz ebene Terrain neigt sich unmerklich gegen den Po zu. Wehre, welche in die Flüsse eingebaut sind, stauen das Wasser und leiten es in Hauptkanäle, die sich am Fusse der Anhöhe auf der oberen Seite des ebenen Terrains hinziehen. Aus diesen fliesst das Wasser in zahlreiche Zuleitungsgräben ab, welche der allgemeinen Neigung des Terrains folgend eine Richtung von Norden nach Süden haben und auf beiden Seiten von niederen Erddämmen eingeschlossen sind, welche die einzelnen Felder begrenzen. Jedes Feld ist ringsum eingedämmt und eine kleine Schütze gestattet auf der oberen Seite den Eintritt des Wassers in dasselbe. Eine andere Schütze im Graben, dicht unterhalb der vorhergehenden, staut das Wasser in diesem auf, das nun durch das Oeffnen der ersteren etwa 3 Fuss 6 Zoll hoch in das zu bewässernde Feld treten kann. Ist diess erfolgt, so wird die Einlassschütze geschlossen, die Stauschütze im Graben geöffnet und beim folgenden Felde derselbe Vorgang wiederholt. Nach kurzer Zeit hat sich alles Wasser in den Boden eingezogen und die Getreidesaaten wachsen üppig empor. Die Ueberschwemmung wird öfter wiederholt, bis das Getreide zur Reife kommt. Gewöhnlich ist noch eine zweite Schütze an der unteren Seite des Feldes angebracht, durch welches das Wasser besonders nach starken anhaltenden Regen abgelassen werden kann. Eine gleichmässige Vertheilung der Wassermenge des Hauptkanals unter alle Zuleitungsgräben, ist eine wesentliche Bedingung dieses Bewässerungssystems. Zu diesem Zwecke strömt das Wasser durch gleich weite Röhren aus dem Kanale in die

Gräben, und diese Röhren sind so gelegt, dass sie beim kleinsten Wasserstand im Kanale sämmtlich einem gleichen Wasserdrucke ausgesetzt sind. Ein eigenes Aufsichtspersonal regulirt hiezu nicht nur alle Schützen, die es unter Verschluss hat, sondern wacht auch über die gute Erhaltung der Werke.

Die *Ueberrieselung* beschränkt sich, wie schon gesagt, allein auf die Wiesenkultur. Hiebei wird über die Wiesenfläche eine kräftige Strömung in möglichst gleichmässiger Verbreitung geführt, welche jedoch so nieder ist, dass sie keineswegs den Rasen bedeckt, sondern dass die Grasblättchen überall über das Wasser hervorragen und man letzteres nur dazwischen durchschimmern sieht. Damit die darüber geleitete Wasserschicht eine gleichmässige Stärke habe, muss die Bodenfläche möglichst eben sein. Die Ueberrieselung ist der Ueberstauung unbedingt vorzuziehen und kann, wenn die Gefällsverhältnisse der zu bewässernden Fläche geeignet sind, immer mit Vortheil angewendet werden. Ein allgemeines Gefälle von nicht weniger als ein Procent ist hiezu nothwendig. Mittels der Ueberrieselung kann man mit wenig Wasser eine grosse Fläche zu jeder beliebigen Zeit bewässern; die Anlage ist im Allgemeinen eine sehr einfache und fast überall, in der Ebene wie im Gebirge, ausführbar.

Man unterscheidet die *natürliche Ueberrieselung* und den *Kunstbau* oder die *künstliche Ueberrieselung,* je nachdem die hiezu nothwendige, gleichmässig geneigte Fläche von der Natur aus geboten ist, oder erst künstlich hergestellt werden muss.

Bei der *natürlichen Ueberrieselung* handelt es sich gewöhnlich darum, einen Bach oder das Wasser höher liegender Quellen, oder das Abwasser aus Höfen, Dörfern u. s. w., das viele nahrhafte Bestandtheile, besonders nach heftigen und anhaltenden Regen mit sich führt, dadurch zu benutzen, dass man es auf den höchsten Punkten der ganzen Fläche möglichst gleichförmig zu verbreiten sucht, von wo aus es über die geneigte Fläche rieseln wird. Oft legt man mehrere Zuleitungsgräben unter einander an, von welchen die tieferliegenden auch das aus den oberen herabrieselnde Wasser aufnehmen und zur Ueberrieselung der nächst unteren Fläche dienen.

Der *Kunstbau* oder die *künstliche Ueberrieselung,* belässt die zu bewässernde Fläche nicht in ihrer natürlichen Gestalt, sondern baut sie durchgehends um und zerlegt sie in einzelne, vollkommen planirte Ebenen, die mit den nöthigen Gräben sowohl zur Herbeischaffung als zum Abzuge des Wassers durchzogen werden.

Man unterscheidet hiebei den *Hangbau*, wo die Wiese eine durchgehends sanft geneigte Ebene bildet, deren oberer Rand vom Zu-, der untere vom Ableitungsgraben begrenzt ist; den *Rückenbau,* wo die Oberfläche in Beete (Hänge) oder Rücken gebildet worden ist, auf deren Kämmen der Zuleitungsgraben liegt, während am Fusse der Abdachungen der Entwässerungsgraben sich befindet; endlich den *zusammengesetzten Bau,* wo Hang- und Rückenbau in inniger Vereinigung mit einander abwechseln.

Bei dem *Hangbau* erhält der Hang der zu berieselnden Fläche ein Gefälle von $^1/_{12}$ bis $^1/_{18}$; nur ausnahmsweise darf das Gefälle $^1/_{24}$ betragen. In der Fig. 375a, b und c, Taf. III ist der Hangbau dargestellt. Jedes Beet soll eine gleichförmige Ebene bilden und wenn es thunlich, sollen auch grössere Abtheilungen des Hanges in einer solchen liegen. Das Wasser tritt aus dem Hauptzuleitungsgraben durch kleine Einlässe d, d, d, in das erste Wässerungsgräbchen b; nach dessen Anfüllung fliesst es über das horizontale untere Ufer des Grabens, und indem es das erste Beet überrieselt, gelangt es zu dem zweiten Wässerungsgräbchen b, welches sich ebenfalls bis zum Ueberlaufen füllt, worauf in derselben Weise nach und nach sämmtliche zwischen den Wässerungsgräbchen gelegenen Beete des ganzen Hanges überrieselt und auch die Gräben b selbst angefüllt werden. Nach Ueberrieselung des letzten und am tiefsten gelegenen Beetes gelangt das Wasser in den Entwässerungsgraben m m, durch welchen es wieder abgeleitet wird. Die mit c c bezeichneten Gräben, Transport- oder Längengräbchen, haben die Bestimmung, den Wässerungsgräbchen b, b frisches Wasser zuzuführen, und Rasenstücke, welche in den Kreuzungspunkten eingestellt sind, bewirken die Regulirung des Wasserzuflusses. Der Wasserspiegel in dem Zuleitungsgraben muss wenigstens um $0.^{12}$ bis $0.^{15}$ Meter höher liegen, als die untere Uferkante des ersten Wässerungsgräbchens b.

Ein Hangbau kann auch zur wiederholten Benützung des Wassers eingerichtet werden. In solchen Fällen besteht der Hang aus mehreren, unter einander liegenden Hauptabtheilungen. Jede derselben besteht aus mehreren Beeten. Die erste Hauptabtheilung erhält entweder aus dem Hauptzuleitungsgraben oder aus dem Vertheilungsgraben ihr Wasser, welches, nachdem es die Wässerungsgräbchen gefüllt und die Beete derselben überrieselt hat, am Fusse des untersten Beetes von einem Entwässerungsgraben aufgenommen, und seitwärts des Hanges einer tiefer liegenden Hauptabtheilung desselben Hanges, z. B.

der dritten zugeführt wird, deren Beete es überrieselt. Sodann wird dieses Wasser ebenso der fünften Hauptabtheilung zugeführt. Die zweite Hauptabtheilung erhält durch einen besonderen Zuleitungsgraben das Wasser, welches, nachdem es die Beete derselben überrieselt hat, ebenso wie früher beschrieben, der vierten Hauptabtheilung u. s. f. zugeführt wird.

Ueber die bei einem Bewässerungssystem nothwendigen Gräben, welche durch verschiedene Stauvorrichtungen, von der Schleuse bis zu einem Brett oder Rasenstück herab, regulirt werden, ist folgendes zu bemerken:

Der Hauptzuleitungsgraben hat den Zweck, das zur Bewässerung bestimmte Wasser aufzunehmen und es den höchsten Stellen der Wiesenfläche, so weit es das Niveau erlaubt, so zuzuführen, dass der Wasserspiegel dieselben beherrscht, und zwar wenigstens um 0.12 bis 0.15 Meter. Seine mögliche Höhe und Richtung wird durch das Nivellement bestimmt. Sein Querprofil muss mehr breit und flach, als schmal und tief sein. Die Ausmasse desselben bestimmen sich nach der Wassermasse, welche in der Sekunde abfliessen soll und nach dem Gefälle, das nur sehr geringe sein darf, und zwar etwa 0.05 Procent. Bietet die Natur des Geländes kein solch geringes Gefälle, so muss man dies durch Einlegen von Schwellen zu erlangen trachten. Im Allgemeinen nimmt man 50 bis 70 Rieseltage im Jahre, und für einen Morgen $= 0.36$ Hektare $= 1195.15$ Quadrat Klafter mindestens 1 bis 2 Kubikfuss per Sekunde jedesmalige Wassermenge an; steht mehr zur Verfügung, so ist es bis zu einem gewissen Mass um so besser. Kann das Wasser wiederholt benützt werden, so reicht diese Menge für die zwei- bis dreifache Fläche aus.

Der Hauptabzugs- oder Hauptentwässerungsgraben muss, da er nicht nur den Zweck hat, das Wässerungswasser, sondern auch das Quellwasser aufzunehmen und wegzuführen, die tiefste Gegend der Wiese in seinem Laufe durchschneiden. Das Profil dieses Grabens ist mehr schmal und tief, er erhält ein Gefälle von mindestens 0.1 bis 0.2 Procent. Seine Ufer sind nicht eingedämmt, sondern gleich hoch mit dem Gelände und selbst in dieses eingeschnitten. Die Wassermenge für diesen Graben wird um $1/3$ kleiner angenommen als die des Hauptzuleitungsgrabens.

Zuleitungsgräben führen das Wasser für eine gewisse Wiesenabtheilung, welche vom Hauptzuleitungsgraben entfernt liegt, den Wässerungsgräbchen zu. Bei entsprechend geneigter Lage können auch die letzteren Wasser in Zuleitungsgräben abgeben. Diese erhalten wenigstens 0.2 Procent Gefälle. Ihre Grösse richtet sich nach der Wassermenge, aber man macht sie in der Regel etwas grösser, um etwaigen Wasserüberschuss benützen zu können. Sie werden auf beiden Seiten über das Gelände etwa 0.06 bis 0.09 Meter erhöht und in der Regel 0.6 bis 0.9 Meter tief gemacht. Durchschneiden sie ein höheres Gelände, so können sie unter Umständen auch zur Entwässerung benützt werden, in welchem Falle ihre Ufer in gleicher Höhe mit dem Gelände belassen werden.

Vertheilungsgräben, welche meistens beim Rückenbau und nur sehr selten beim Hangbau vorkommen, entnehmen das Wasser durch Einlässe aus dem Hauptzuleitungsgraben, und theilen es den einzelnen Wässerungsgräbchen, welche in sie einmünden, gleichmässig zu. Die Ufer sind um 0.03 bis 0.06 Meter höher als die der letzteren, und wenigstens um 0.12 Meter tiefer als der Wasserspiegel des Hauptzuleitungsgrabens. Die Tiefe darf nicht über 0.18 Meter betragen; die Breite richtet sich nach Massgabe der zu bewässernden Fläche. Werden sie kurz, so werden sie horizontal angelegt; bei grösserer Länge, die jedoch nicht 240 bis 300 Meter betragen soll, ist ein Gefälle von 0.1 Procent angemessen. Die Sohle der Vertheilungsgräben muss mit jenen der Wässerungsgräben, die von den ersteren ausgehen, im gleichen Niveau oder höher stehen, damit alles Wasser in diese abfliessen kann.

Die Transport- oder Längengräbchen kommen nur beim Hangbau vor und haben den Zweck, den Wässerungsgräbchen das Wasser zuzuführen und dasselbe wieder nach bewirkter Bewässerung abzuleiten. Sie gehen von dem obersten Wässerungsgräbchen oder von dem Vertheilungsgraben aus und münden in einen Abzugsgraben, d. i. entweder in den Hauptentwässerungsgraben, oder in andere Entwässerungsgräbchen, wie sie meistens nur bei dem Rückenbau vorkommen, und welche erst das Wasser dem Hauptentwässerungsgraben zuleiten. Beim Kunstbau sind die Längengräbchen meist parallel und geradlinig. Im trockenen Boden beträgt ihre Breite 0.24 Meter, die Tiefe 0.09 bis 0.12 Meter, im feuchten Boden aber jene 0.27 Meter und diese 0.15 Meter.

Die Wässerungsgräbchen endlich müssen horizontal sein. Im trockenen Boden erhalten sie 0.09 Meter, im feuchten 0.12 Meter Tiefe; ihre Breite ist beim Rückenbau am Anfange 0.3 Meter, am Ende 0.21 Meter; beim Hangbau 0.24 Meter. Ihre Ufer müssen etwas tiefer liegen als die des Vertheilungsgrabens. Beim Hangbau sollen die Ufer mit der

Sohle des Zuleitungsgrabens im Niveau stehen. Beim Rückenbau heissen diese Gräbchen auch Rückengräbchen.

Die Richtung der Gräben soll einerseits möglichst der geraden Linie, anderseits aber den örtlichen Verhältnissen und der Bodenbildung angepasst werden. Nur in der Ebene oder an wenig und ganz gleichförmig geneigten Hängen wird sich die gerade Linie festhalten lassen, ohne zu einem vollständigen Umbau der Wiese schreiten zu müssen.

Der *Rückenbau* eignet sich im Allgemeinen für Flächen, welche kein oder nur wenig Gefälle haben. Man unterscheidet zwei Arten des Rückenbaues: den schmalen Rückenbau und den breiten Rückenbau.

Schmale Rücken bauen sich am leichtesten auf horizontalem Boden, weil hier der Abtrag der Entwässerungsgräben den Auftrag der Bewässerungsgräben ausgleicht, und die Erde mit dem Spaten gleich auf die entsprechenden Stellen überworfen werden kann.

Während bei dem Hangbau nur ein Hang besteht, werden bei dem Rückenbau zwei Beete (Hänge) mit einander verbunden, welche einen Rücken bilden; bei ersterem wird man in der Regel wenig oder gar nichts an den örtlichen Verhältnissen ändern können; bei letzterem sucht man, wenn es ohne grosse Kosten ausführbar ist, dem Rücken eine Richtung von Norden nach Süden zu geben, damit beide Theile von der Sonne gleichmässig getroffen werden. Gewöhnlich ist aber die Richtung des Vertheilungsgrabens gegeben, und man legt in diesen Fällen ohne Rücksicht auf die Weltgegend den Rücken normal auf dieselbe. Das Gefälle eines Hanges, beziehungsweise eines halben Rückens, richtet sich nach der Breite desselben und beträgt:

für eine Breite des Rückens von 3.0 Meter,
ein Gefälle von 4.2 bis 5.5 Procent,
für eine Breite des Rückens von 4.5 Meter,
ein Gefälle von 3.7 bis 4.6 Procent,
für eine Breite des Rückens von 6.0 Meter,
ein Gefälle von 3.5 bis 4.2 Procent.

Diese Gefälle, und oft noch grössere, werden vorzugsweise in Norddeutschland angewendet, während man in Süddeutschland selten über 2 bis 3 Procent zu gehen pflegt, weil das Wasser bei diesem geringen Gefälle nicht so rasch abfliesst und mehr Schlamm zurücklässt. Bei dem schmalen Rückenbau ist die Breite einer Rückenfläche in der Regel gleich 3 Meter; die Länge derselben ist 2 bis 2.5 Meter länger als die Länge der auf dem Rücken befindlichen Wässerungsgräbchen, welche zur Ueberrieselung der Seitenflächen dienen, und wechseln je nach örtlichen Verhältnissen zwischen 30 und 75 Meter.

Fig. 376 a, b und c, Taf. III stellen im Grundriss, im Längen- und Querprofile einen schmalen Rückenbau von 2 Terrassen dar. e ist der Zuleitungsgraben, b, b sind die Vertheilungsgräben, c, c die Rücken mit den Wässerungsgräbchen, d, d die Abzugsgräbchen, welche das Wasser nach der Ueberrieselung in den Entwässerungsgraben f führen. Sämmtliche Wässerungsgräbchen auf dem Rücken sind ihrer ganzen Länge nach horizontal, so wie auch alle zu einer Terrasse gehörenden im gleichen Niveau. Die Abzugsgräben haben ein kleines Gefälle. Die Rückengräbchen der ersten Terrasse, so wie der hiezu gehörige Vertheilungsgraben b, das heisst, die Ufer derselben, liegen mit der Sohle des Zuleitungsgraben a in gleicher Höhe, so dass alles Wasser aus letzterem durch die Einlässe in den Vertheilungsgraben und in die Rückengräbchen fliessen kann. Die Rücken der zweiten Terrasse, so wie das untere Ufer des zweiten Vertheilungsgrabens liegen 0.06 Meter tiefer als die Bordlinien der Abzugsgräben der ersten Terrasse an ihren Mündungen. Auf diese Weise überrieselt dasselbe Wasser zwei Rückenflächen hinter einander.

In ähnlicher Weise wie der Hangbau, kann auch der Rückenbau mit wiederholter Benützung des Wassers hergestellt werden. Die erste Terrasse oder Abtheilung erhält hiebei ihr Wasser wie früher; der Entwässerungsgraben dieser Abtheilung aber führt das Wasser seitwärts der Rücken der dritten Abtheilung zu u. s. f. Die zweite Abtheilung erhält jedoch ihr Wasser durch einen besonderen Zuleitungsgraben, das wieder durch diesen Entwässerungsgraben der vierten Abtheilung u. s. f. zugeführt wird.

Sind die einzelnen Rückenflächen breiter als 6 Meter, so werden sie wie beim Hangbau mit kleinen horizontalen Wässerungsgräbchen versehen; man nennt diesen Bau den breiten Rückenbau. Fig. 377 a, b und c, Taf. III zeigt einen solchen. Die Wässerungsgräbchen parallel mit den Rücken- und Abzugsgräben, sind wie beim Hangbau durch Transportgräbchen f, f mit den Rückengräben c, c und mit den Abzugsgräben d, d in Verbindung. a ist der Zuleitungsgraben, b der Vertheilungsgraben und h der Entwässerungsgraben. Die Breite der Rückenfläche ist in der Figur mit 9 Meter angenommen; breitere Flächen kommen wohl nicht vor, sie würden wenigstens den Charakter des Rückenbaues verlieren.

Ob der Hangbau oder der Rückenbau vorzuziehen sei, darüber herrschen sehr verschiedene Ansichten. Da der Rückenbau streng genommen doch

nichts anderes als ein Hangbau ist, so dürfte doch nur die Oertlichkeit für die Anwendung des einen oder des andern den Ausschlag geben. Es gibt Oertlichkeiten, wie im steilen Gebirge, wo man auf den ersten Blick die Nothwendigkeit des Hangbaues erkennt, und solche, wie in der Ebene, wo man sich ohne Bedenken für den Rückenbau entscheiden wird. Zwischen beiden werden aber Flächen mit ungleichmässigem Gefälle vorkommen, von welchen sich ein Theil besonders für den Hangbau, und der andere besonders für den Rückenbau eignet, und man wird beide in inniger Vereinigung abwechseln lassen, was *zusammengesetzter Bau* heisst. Durch Fig. 378, Tafel III ist ein zusammengesetzter Bau dargestellt. A ist der Rückenbau, B der Hangbau. Zu einer wiederholten Benützung des Wassers wird hier meist Gelegenheit geboten. Fig. 362, Taf. I zeigt die nothwendigen Herstellungen zur Bewässerung einer Wiesenfläche innerhalb eines bestimmt begrenzten Eigenthums und nach Massgabe der vorhandenen Verhältnisse. AB ist ein Bach, CD eine Quelle; beide sind Hauptzuleitungsgräben; AB ist zugleich auf der Strecke AE Hauptabzugsgraben für die ganze Fläche, während GJA der Abzugsgraben für den vorderen Theil ist. Vom Bache AB sind die Zuleitungsgräben EF und EH abgeleitet, welche von F nach G und von H nach J fortgesetzt, aber auf dieser letzteren Strecke blosse Wässerungsgräben sind. Von EH geht der für den Hang T dienende kleinere Zuleitungsgraben KL aus, welcher sein Wasser an das mit ihm parallel laufende Wässerungsgräbchen abgibt, in welchen 12 Einlässe führen. Von der Quelle ist der Zuleitungsgraben DM abgezweigt; von diesem laufen zwei kleine Zuleitungsgräben de und Mf aus, welche ihr Wasser auch in den Graben EG abgeben können. Die Wässerungseinrichtung ist nun folgende: Von DM werden die unter einander liegenden, durchschnittlich 6 Meter breiten Hänge N, O, P, Q, wovon N und O aus drei, P aus zwei Theilen bestehen, Q aber für sich ist, bewässert. N und O haben Be- und Entwässerungsrinnen; das Abwasser von P geht in den Graben de und in die Bewässerungsrinne von Q, so wie auch in den Graben GE, der auch das von Q aufnimmt. Der Graben de kann auch mit frischem Wasser versehen werden. Vom Wässerungsgraben FG, welcher noch durch das Abwasser der oberen Partie verstärkt wird, werden die regelmässigen Rücken R und durch den Zuleitungsgraben EF, werden wegen der unregelmässigen Bodenbildung die Rücken R′ mit Hilfe von Wässerungsgräbchen bewässert; ebenso verhält es sich mit HJ und EH bei den Rücken S und S′. Die regelmässigen Rücken sind 12 Meter lang und 9 Meter breit, die unregelmässigen haben theils grössere, theils kleinere Dimensionen. Der Hang T hat 6 Meter Breite.

Alle diese Anlagen des Kunstbaues erfordern eine sorgfältige Instandhaltung und Pflege, ohne welche sie bald wieder verwildern würden. Alle Beschädigungen an den Anlagen, Schleusen u. s. w. müssen von den hiezu bestimmten Wiesenaufsehern sogleich reparirt werden. Vor der Hauptwässerung im Herbste müssen alle kleineren Gräben, besonders Transport- und Wässerungsgräben gereinigt werden. Bei den grösseren Gräben ist das Ausräumen alle zwei oder drei Jahre erforderlich. Der hiedurch gewonnene Schlamm dient zum Ausfüllen der Vertiefungen und ist in der Regel ein sehr gutes Material zur Düngung. Bei Wassern, die viel Schlamm mit sich führen, erhöht sich der Boden so sehr, dass die Bewässerung zuletzt nicht mehr gehörig bewirkt werden kann. Will man dann die Wiese als solche erhalten, so bleibt nichts übrig, als sie abzuheben. Zu diesem Behuf wird der Rasen abgeschält, der Boden bis auf eine gewisse Tiefe abgetragen, und die Fläche nach geschehener Lockerung und Planirung wieder mit Rasen bedeckt. Der Abtrag gibt eine vorzügliche Düngung für Aecker, Reben u. s. w. Eine derartige Abhebung ist in manchen Gegenden alle 10 bis 20 Jahre nothwendig.

Von der richtigen Wässerung hängt hauptsächlich der Ertrag einer Wiese ab. Wenn eine solche nicht durchgehends mit Rasen gedeckt werden konnte, darf im Anfange nicht zu stark gerieselt werden, weil sonst ein Abschwemmen des Samens, ja auch des Bodens erfolgen könnte; doch muss die Wiese so feucht erhalten werden, dass die Keimung befördert und das Gras anwachsen kann. Erst wenn dasselbe sich bewurzelt und eine Höhe erreicht hat, dass es nicht mehr vom Wasser niedergelegt werden kann, darf bei kühlem Wetter öfter, aber nie zu stark, gerieselt werden.

III. Abschnitt.

Die Kanäle im Allgemeinen.

§. 10.

Künstlich angelegte Wasserstrassen nennt man *Kanäle.* Sie sind entweder unter dem natürlichen Erdhorizont vertieft, d. h. das Wasser befindet sich in ausgehobenen Gräben, oder es kann das Wasser über dem Erdhorizonte durch Erd- oder Mauerwerke eingedämmt werden. Um mit einem Kanale die nothwendigen Höhen zu erklimmen und, wenn es nothwendig wird, Wasserscheiden zu übersetzen, werden die einzelnen horizontalen, aber in verschiedenen Höhen liegenden Kanalstrecken durch Kammerschleusen verbunden, welche zum Uebergang aus einer tieferen in eine höhere Strecke und umgekehrt dienen.

Kanäle dienen entweder:

1) um eine Unterbrechung einer natürlichen Wasserstrasse, d. i. eines schiffbaren Flusses, zu beheben; oder

2) um gefährliche Stellen z. B. Wasserfälle, Felsbänke, Klippen (wenn diesen nicht mit geringeren Kosten durch eine Flusskorrektion zweckentsprechend abgeholfen werden kann) bei einem sonst schiffbaren Flusse zu umgehen, oder

3) um einen unregelmässigen Flusslauf abzukürzen und ein sicheres Fahrwasser zu gewinnen;

4) um auch Gegenden, denen der Vortheil schiffbarer Flüsse versagt ist, eine gewinnbare Schifffahrt zu erschliessen, und

5) um Wasserstrassen selbst in höher gelegene Gegenden zu verpflanzen, ja selbst über Wasserscheiden fortzuführen, um so verschiedene Flussgebiete und sofort auch Meere zu verbinden.

Orte, die von schiffbaren Flüssen ganz entlegen sind und von dem Schifffahrtsverkehr ganz ausgeschlossen zu sein scheinen, können durch Kanäle verbunden werden.

Die Kanalschifffahrt unterscheidet sich von der Flussschifffahrt dadurch, dass erstere im stehenden oder fast unmerklich strömenden Wasser ausgeübt wird, demnach die Schiffe nach beiden Richtungen gezogen werden müssen, während dies bei der Flussschifffahrt nur nach einer Richtung nothwendig ist. Aber die Vortheile der Kanalschifffahrt gegen die Flussschifffahrt sind überwiegend, wenn man die Sicherheit, die Gleichmässigkeit des Wasserstandes in Kanälen, dann die viel grössere Bequemlichkeit des Leinenzuges in Betracht zieht. Beim Kanale liegt der Leinpfad stets neben dem Fahrwasser, scharfe Krümmungen kommen nur selten vor und wenn welche vorhanden sind, so sind sie leichter zu befahren als in einem Flusse, weil keine Strömung stattfindet, welche selbst auf regulirten Flüssen die Bergfahrt oft sehr beschwerlich macht.

Der grosse Vortheil des Wassertransportes gegen den Landtransport ergibt sich aus der einfachen Vergleichung, dass ein Pferd auf guten Wegen durchschnittlich 20 Centner, auf einer horizontalen Schienenbahn etwa das zehnfache, bei einer Steigung von $^1/_{240}$ nur das fünffache, auf engen Kanälen, wo das Wasser nicht gehörig ausweichen kann, an 600 Centner, auf breiten Kanälen 1200 bis 1500 Centner ziehen kann. Kanäle bieten daher ein Hauptmittel zur Erleichterung des Verkehrs, zur Verwerthung der Landesprodukte, zur Hebung der Industrie und des Wohlstandes. England verdankt seine Wohlhabenheit, seine commercielle und industrielle Entwickelung, besonders der Erleichterung des inneren Verkehrs, und dieser wurde namentlich durch Kanäle, welche alle grösseren Ströme und die meisten Häfen

mit einander verbinden, noch vor Einführung der Eisenbahnen hergestellt.

Die Kanalschifffahrt hat jedoch mehrere Uebelstände und zu diesen gehören vor allem: die Unterbrechung bei vorkommenden Reparaturen, namentlich jener an den Schleusen. Es wird bei Besprechung der Konstruktion der Kammerschleusen gesagt werden, in welcher Weise man sich bemühen muss, dass dergleichen Reparaturen so selten als möglich eintreten und wie man die Dauer derselben auf die kürzeste Zeit beschränkt. Dennoch kommen Reparaturen entweder an den Kanalstrecken oder an den Kammerschleusen fast alle Jahre vor und man muss trachten, diese Reparaturen, wenn es nach den Verhältnissen des Kanals angeht, zu jener Zeit auszuführen, wo die Kanalschifffahrt durch andere Umstände, z. B. durch Mangel an Speisewasser, oder durch ein zu tiefes Herabsinken des Wasserspiegels in den oberen Kanalstrecken (welches zur Zeit der grössten Dürre bei manchen Kanälen eintritt) unterbrochen wird. Ein anderes Hinderniss der Kanalschifffahrt, namentlich in den nördlichen Ländern, ist das Eis. Wenn auch dasselbe zugleich die Schifffahrt der anschliessenden Ströme unterbricht, so ist der Nachtheil des Eises für die Kanalschifffahrt dennoch besonders hervorzuheben, weil in den Flüssen durch die Strömung und durch das Hochwasser des Frühjahrs das Eis viel früher gehoben und abgeführt wird, als es von den Kanälen verschwindet; in diesen erlangt es eine grössere Stärke und vergeht oft erst nach mehreren Wochen, während die Schifffahrt auf den Strömen schon in Thätigkeit ist.

Sowohl die Kanal- als auch die Binnenschifffahrt haben jetzt nicht mehr jene Wichtigkeit, als zur Zeit, wo noch keine Eisenbahnen bestunden. Der Binnenverkehr übergeht grösstentheils auf die Bahnen, und die Kanäle haben nur den vorherrschenden Zweck, um aus einem Meere nach dem andern kürzere Uebergänge zu bilden, wie auch die Verbindung entlegener Seehäfen mit Haupthandelsplätzen zu bilden. Allerdings gibt es Kanäle, welche keine Eisenbahnen zu ersetzen im Stande sind, und wenn auch an ein Aufgeben nur halbwegs wichtiger Kanalstrecken nicht zu denken ist, so dürften doch, ausserordentliche Fälle ausgenommen, neue Kanalanlagen dermalen nicht vorkommen, weil die Eisenbahnen bei gewöhnlichen Verhältnissen dieselben stets verdrängen werden, welche die Förderung viel schneller, regelmässiger und ohne Unterbrechung, die bei den Kanälen durch Eis, Hochwässer u. s. w. eintreten, bewirken. In Gebirgsgegenden ist die Herstellung eines Kanals mit weniger Unkosten verbunden als eine Eisenbahn; in ganz ebenem Terrain findet aber das umgekehrte Verhältniss statt. Die Instandhaltung eines Kanals ist jedoch viel billiger, als jene einer Eisenbahn. Dasselbe ist auch mit den Betriebskosten der Fall.

In England, Frankreich, Holland, Russland und in den vereinigten Staaten Nordamerika's finden sich weit verzweigte Kanalsysteme; in Deutschland beschränken sie sich meist auf kurze Verbindungen schiffbarer Flüsse, obschon auch hier bereits im vierzehnten Jahrhundert dergleichen Anlagen zur Ausführung kamen.

Bezüglich der wichtigsten Kanalverbindungen Englands sind zu bemerken: der Bridgewater-Kanal, dessen Projekt im Jahre 1737 von Brindley entworfen, dessen Ausführung 1759 vom Parlament genehmigt und 1776 beendigt wurde. Derselbe beginnt bei Manchester, endigt bei Runcorn am Mersey und ist 8 deutsche Meilen lang. Eine Abzweigung dieses Kanals zieht sich über Worsley nach Leigh und ist auf einer massiven Brücke über den Irwell geführt. Mittels zehn Schleusen überwindet der Kanal ein Gefälle von 80 Fuss.

Der Leeds-Liverpool-Kanal, 1779 concessionirt, verbindet die beiden Städte, nach welchen er benannt ist, und hat in seiner Länge von nahe 27 deutschen Meilen 91 Schleusen. An diese beiden grösseren Kanäle schliessen sich eine Menge kleinerer Kanäle an, welche theils zur Verbindung der schiffbar gemachten Flüsse unter einander dienen, theils streckenweise zur Seite derselben liegen, so dass sie von der Grenze Schottlands bis an die Südküsten Englands ein vielfach verzweigtes Netz von Wasserstrassen für eine kleinere Schifffahrt darstellen. Der Lancaster-Kanal, bei Houghton beginnend, erreicht die Küste bei Preston, endigt bei Kendal und ist 16 ½ deutsche Meilen lang. Der Chesterfield-Kanal beginnt am Trent bei Stockwith und zieht sich in der Länge von 10 deutschen Meilen bis Chesterfield, wo sich an ihn der Ellesmere-Kanal von 13, und der Montgomery-Kanal von 6 deutschen Meilen anschliesst. Die beiden letzteren Kanäle liegen in Gebirgsgegenden und sind nur für die kleinere Schifffahrt eingerichtet; doch sind sie ihrer Brückenkanäle so wie ihrer eigenthümlichen Schleusen wegen in technischer Beziehung wichtig.

In der Nähe von Birmingham bilden die Kanäle Englands, welche den Süden mit dem Norden verbinden, einen vielfach verzweigten Knotenpunkt. Der Grand-Trunk oder der Trent-Mersey-Kanal beginnt

bei Breston und endigt an der Einmündung des Derwent in den Trent, von wo ab dieser Fluss bis zu seiner Mündung in den Humber schiffbar ist. Er wurde von 1766 bis 1777 erbaut, ist 20 deutsche Meilen lang und hat 91 Schleusen. Der Strafford-shire-Worcestershire-Kanal verbindet den Grand-Trunk bei Haywood mit dem schiffbaren Severn bei Stourport; er ist 10 Meilen lang und hat 44 Schleusen. Der Gloucester- und Leominster-Kanal verbindet den Severn mit dem Inneren von Wales. Der Coventry-Kanal mit einer Länge von 7 deutschen Meilen verbindet den Trent-Mersey-Kanal mit Coventry. Von hier beginnt der Oxford-Kanal; dieser ist 18 Meilen lang, hat 42 Schleusen und dehnt die Schifffahrt bis zur Themse bei Oxford aus. Aus diesem zweigt sich bei Braunston der Grand-Junction-Kanal ab, der in der Nähe von London in die Themse mündet; er ist 22 deutsche Meilen lang und hat 98 Schleusen von grösserer Weite. Der Paddington- und der Regents-Kanal reicht bis in das Innere von London und sogar bis zum schiffbaren Lea-Flusse, welcher unterhalb London in die Themse mündet.

Der Kennet-Avon-Kanal verbindet die Themse mit dem Severn; er ist 12 deutsche Meilen lang und mit 80 grösseren Schleusen versehen.

Die Verbindung der Themse mit Portsmouth wurde in den Jahren 1813 und 1819 durch den Wey- und Arun-Kanal und durch den Portsmouth-Kanal hergestellt. Ersterer beginnt im Wey, einem Nebenflusse der Themse; beide zusammen sind über 6 deutsche Meilen lang und haben 27 Schleusen.

Der Forth- und Clyde-Kanal, wie auch der Caledonische Kanal in Schottland, verbinden die Nordsee mit der Irischen See und sind zum Durchgange von kleineren Seeschiffen eingerichtet. Der erstere derselben wurde in den Jahren 1768 bis 1790 erbaut, ist 7 ½ deutsche Meilen lang, beginnt bei Grangemouth am Frith of Forth und endigt in der Bucht bei Clyde unterhalb Glasgow; er hat 39 Schleusen und eine Wassertiefe von 10 Fuss. Der Caledonische Kanal, für grössere Schiffe bestimmt, wurde von 1803 bis 1822 erbaut. Seine Tiefe ist 15 Fuss und seine Breite im Wasserspiegel ist 120 Fuss. Er beginnt in der Nähe von Inverness am Murray-Frith, verbindet die Kette von Seen, die sich bis zum Loch-Eil hinzieht, hat 28 Schleusen und eine Länge, so weit er gegrabener Kanal ist, von 5 deutschen Meilen.

In Frankreich sind viel früher als in England schiffbare Kanäle ausgeführt worden.

Der Kanal du Midi, auch der Kanal von Languedoc genannt, verbindet die Garonne mit den Flüssen Aude, Orbe und Hérault, die sich sämmtlich in das mittelländische Meer ergiessen; er wurde schon in den Jahren 1668 bis 1684 erbaut, hat eine Länge von 32 deutschen Meilen und 99 Schleusen, die ein Gefälle von 803 Fuss überwinden. Der Kanal du Centre verbindet die Rhone mit der Loire, er erstreckt sich von Digoin an der Loire bis Châlons an der Saône, hat eine Länge von 15 ½ deutschen Meilen und sein Gefälle von 666 Fuss ist auf 81 Schleusen vertheilt. Der Kanal von Bourgogne beginnt bei Pont sur Yonne an der Yonne und endet bei St. Jean de Losne an der Saône, verbindet demnach die Seine mit der Rhône; er ist 32 deutsche Meilen lang, hat ein Gefälle von 1593 Fuss und 195 Schleusen. Der Rhône-Rhein-Kanal beginnt in der Nähe der Mündung des Kanals von Bourgogne bei St. Symphorien an der Saône, verfolgt den nicht schiffbaren Doubs, in dessen Bett er zum Theil verlegt ist, und tritt sonach in das Thal der Ill, in die er bei Strassburg mündet. Seine Länge beträgt 43 deutsche Meilen, sein Gefälle 1191 Fuss und wird mit 172 Schleusen überwunden. Er steht bei Hüningen mittels eines Seitenkanals mit dem Oberrhein in Verbindung. Unterhalb seiner Mündung bei Strassburg ist die Ill bis zum Rhein kanalisirt.

Die Verbindung der Loire und Seine ist durch die Kanäle von Nivernais, du Loing, Orléans und Briare hergestellt, doch nur für kleinere Schiffe, da die Schleusen nicht über 15 Fuss weit sind. Oberhalb der Mündung des Kanales von Briare ist die Loire nur bei gewissen Wasserständen schiffbar, daher man von hier ab einen Seitenkanal angelegt hat (Canal latéral à la Loire).

Die Seine steht mit der Maas sowohl durch den Ardennen-Kanal als auch durch den Sambre-Kanal in Verbindung. Der erstere beginnt bei Neufchatel an der Aisne, einem schiffbaren Nebenflusse der Oise, und endigt bei Donchery an der Maas; er ist 12 ½ deutsche Meilen lang und sein Gefälle von 432 Fuss ist auf 45 Schleusen vertheilt. Der Sambre-Kanal beginnt bei la Fère an der Oise und endet bei Landrecy an der Sambre, einem Nebenflusse der Maas.

Der Crozat-Kanal verbindet die Oise mit der Schelde; er beginnt bei Chauny an der Oise, endet bei St. Quentin an der Somme und wird gegenwärtig nur als ein Theil des Kanals von St. Quentin angesehen, der ihn bis Cambray an der Schelde fortsetzt. Der Crozat-Kanal ist 5 ½ deutsche Meilen lang und

sein auf 13 Schleusen vertheiltes Gefälle beträgt 100 Fuss. Der eigentliche Kanal St. Quentin ist 7 deutsche Meilen lang, hat 22 Schleusen und ein Gefälle von 153 Fuss. Dieser Kanal zeichnet sich durch sehr lange unterirdische Kanalstrecken aus, welche in mehrfacher Beziehung der Schifffahrt in hohem Grade hinderlich sind.

Der Ourcq-Kanal beginnt bei Mareuil, wo er vom Flusse Ourcq gespeist wird, und endet in dem Bassin la Vilette vor dem Thore Pantin bei Paris. Derselbe dient gleichzeitig zur Speisung der Wasserleitungen von Paris. Das Bassin la Vilette ist zugleich Speisebassin für die Kanäle von St. Martin und von St. Denis, die beide von demselben nach der Seine führen. Diese beiden Kanäle haben Schleusen von 24 Fuss Weite und können demnach von Schiffen befahren werden, die bis Paris heraufkommen.

Der Marne-Rhein-Kanal wurde in jüngster Zeit ausgeführt und ist einer der grössten und interessantesten Kanäle. Er beginnt bei Vitry an der Marne und endet bei Strassburg, hat eine Länge von 42 deutschen Meilen und 180 Schleusen. Dieser Kanal durchschneidet auf seinem Wege die Stromgebiete der Maas, der Mosel und der Saar, und überschreitet diese drei Flüsse auf imposanten Brücken-Kanälen. Diese Verhältnisse machten es unmöglich, den Kanal, wie es sonst allgemein geschieht, mit einer einzigen Scheitelstrecke zu versehen, und ihn von dieser nach beiden Seiten abfallen zu lassen. Er hat demnach zwei Scheitelstrecken erhalten; die erste liegt zwischen den Städten Ligny und Void, d. i. zwischen der Ornain und der Maas; die zweite Scheitelstrecke liegt zwischen Saarburg und Pfalzburg, d. i. zwischen der Mosel und der Zorn. Beide liegen mehr als 800 Fuss über dem Meeresspiegel und befinden sich in wilden Berggegenden, wodurch die Ausführung ungemein erschwert wurde. Der Kanal musste auf lange Strecken unterirdisch gelegt und in engen, von schroffen Felswänden eingeschlossenen Thälern herabgeführt werden. In der Richtung von Westen nach Osten steigt er $814._9$ Fuss, und fällt $685._2$ Fuss; sein ganzes Gefälle beträgt daher $1500._1$ Fuss, und dieses ist, wie schon gesagt, auf 180 Schleusen vertheilt.

Belgien hat gleichfalls eine grosse Anzahl Schifffahrtskanäle, von denen einige schon aus dem dreizehnten Jahrhunderte herrühren. Wichtig sind die Kanäle in der Nähe der Nordseeküste, welche sich im Anschlusse an Calais und Dünkirchen über Furnes, Nieuport, Ostende und Brügge bis nach Sluys hinziehen. Sie stehen mit der Schelde bei Gent in schiffbarer Verbindung, und von hier führt ein anderer Kanal nach Terneuzen an der weiten Mündung der Wester-Schelde. Eine andere wichtige Kanalanlage ist die von Mastricht nach Herzogenbusch, die eigentlich ein Seitenkanal der Maas ist, obgleich sie sich stellenweise sehr weit vom Strome entfernt.

In Holland gibt es verhältnissmässig die meisten Schifffahrtskanäle. Grossentheils liegen sie in der weit ausgedehnten Niederung, welche von den vielfach verzweigten Mündungen des Rheins, der Maas und der Schelde sich gebildet hat. Diese Kanäle sind zum Theil nichts anders als Entwässerungsgräben, die man zur Trockenlegung der eingedeichten Niederungen ohnedies ausführen musste, dabei sind sie aber durchwegs zur Schifffahrt benützt und ersetzen in vortheilhafter Weise die wenig zahlreichen Chausseen. Wie bei den Flüssen selbst, in ihrem unteren Laufe, befindet sich auch bei ihnen das Niveau grossentheils über dem Erdhorizonte. Wegen ihrer grossen Dimensionen verdienen erwähnt zu werden: der nordholländische Kanal und der Kanal von Voorne. Der erste ist für Kriegs- und die grössten Kauffahrtei-Schiffe bestimmt. Er beginnt am nördlichen Ufer des Y gegenüber von Amsterdam und endigt auf der Spitze Nordhollands im Hafen Nieuwendiep neben dem Helder. Seine Anlage wurde 1819 begonnen und 1825 beendet. Dessen Länge beträgt etwa 10 deutsche Meilen. Im Wasserspiegel ist er 120 Fuss breit und seine Tiefe beträgt 18 Fuss. Er hat drei vollständige zwischen 50 und 54 Fuss breite Schiffsschleusen: an jedem Ende eine und eine dritte bei Purmerend. In seiner ganzen Länge ist der Wasserstand unter dem Meeresspiegel gehalten. Das beim Durchschleusen der Schiffe eintretende Wasser kann daher aus der südlichen Kanalstrecke nur durch Schöpfmaschinen entfernt werden, während es aus der nördlichen zur Zeit der Ebbe von selbst abfliesst. Der Kanal von Voorne verbindet die Maas unterhalb Rotterdam mit dem Haringvliet neben Hellevoetsluis, und ermöglicht, dass die grössten Kauffahrteischiffe trotz der seichten Mündung der Maas nach Rotterdam gelangen können. Dieser nur etwas über eine deutsche Meile lange Kanal ist in der Oberfläche 118 Fuss breit und 18 Fuss tief. An jedem Ende ist er mit einer 35 Fuss breiten Kammerschleuse versehen.

Die Kanal-Anlagen Deutschlands gestatten nicht im Entferntesten einen Vergleich mit jenen von Eng-

land, Frankreich oder Amerika. Eine der bedeutenderen Anlagen, die aber, wie es scheint, nie vollendet wurde oder sehr bald in Verfall gerieth, war der im Jahre 1626 begonnene Verbindungskanal der Maas und des Rheins, den Elisabeth, die Statthalterin der Niederlande, um den empörten Provinzen den Rheinhandel zu entziehen, beginnen liess. Er fängt bei dem Städtchen Rheinberg an, zieht sich bei Geldern in der Nähe Walbecks vorbei, und endet bei Arssen an der Maas, etwa 1 ½ Meilen unterhalb Venloo. Seine Länge beträgt 4 ½ Meilen. Ein anderer später gebauter Kanal, der gleichfalls die Maas mit dem Rhein verbinden sollte, wurde zu Anfang dieses Jahrhunderts unter Napoleon I. begonnen, aber nicht beendigt. Er wird gewöhnlich der Nord-Kanal genannt, mündet bei Venloo in die Maas und bei Grimlinghausen in den Rhein. Der Max-Clemens-Kanal oder der Münstersche-Kanal wurde gleichfalls nie vollendet, aber doch benützt. Er sollte von Paderborn über Münster bis zur Vechte reichen, doch erhielt er eine viel geringere Ausdehnung, und zwar von Münster an der Ems bis Maxhaven.

Der Schleswig-Holsteinsche Kanal, oder Eyderkanal, verbindet die sich bei Tönning in die Nordsee ergiessende Eyder mit dem Kieler Busen, d. i. die Ostsee mit der Nordsee. Er ist einer der wichtigsten Kanäle Deutschlands und hat solche Dimensionen, dass er von kleineren Seeschiffen befahren werden kann. Im Kieler Busen beginnend, steigt er mittels dreier Schleusen 25 Fuss bis zur Wasserscheide, wird in der bei zwei Meilen langen Scheitelstrecke durch den Flemhuder See gespeist, und senkt sich auf der westlichen Seite etwa 20 Fuss tief bis zur Eyder in der Nähe von Rendsburg. Die Länge dieses Kanals beträgt 5⅔ deutsche Meilen, während die Eyder unterhalb Rendsburg noch bei 12 Meilen lang ist. Die Tiefe desselben ist 9 ½ Fuss, seine Sohle ist 49 Fuss breit und die Schleusen sind 25 Fuss breit und 107 Fuss lang. Dieser Kanal wurde 1777 begonnen, 1782 in seinen Haupttheilen beendet und 1785 bereits befahren.

In der allerneuesten Zeit wurde das Projekt zur Herstellung eines für die grössten Fahrzeuge bequem zugänglichen Schifffahrtskanales zwischen der Nordsee- und Ostseeküste viel besprochen.

Die Lippe ist in den Jahren 1818 bis 1830 durch Erbauung von 12 Schleusen und in Zwischenstrecken durch ausgedehnte Regulirungsarbeiten schiffbar gemacht worden. Die oberen 9 Schleusen haben nur 14 Fuss, während die drei unteren 20 Fuss Weite haben; diese verschiedene Weite hat sich jedoch nicht als zweckmässig erwiesen.

Wichtiger in commercieller Beziehung ist die Schiffbarmachung der Ruhr. Die Schifffahrt, welche sich beinahe ausschliesslich auf den Kohlentransport beschränkt, beginnt unterhalb der Fähre bei Witten und kann bis Ruhrort an der Mündung in den Rhein betrieben werden. In dieser Strecke hat der Fluss eine Länge von nahe 10 Meilen und ein Gefälle von 173 Fuss, welches sich durch eingebaute Wehre (Schlachten) auf einzelne Stellen concentrirt, wodurch der Fluss zugleich auch zum Betriebe verschiedener Werke nutzbar gemacht wurde. Bei Einrichtung der Schifffahrt erbaute man neben jedem Wehre eine Schleuse. Es befinden sich gegenwärtig an der Ruhr 14 Schleusen, welche zusammen 76 Fuss Gefälle haben. Ausserdem wurden noch ausgedehnte Stromregulirungen vorgenommen, wodurch sich die Verhältnisse der Schifffahrt wesentlich gebessert haben. An der Mündung der Ruhr bei Ruhrort befinden sich zwei grosse Häfen für 600 Schiffe mit den entsprechenden Ladeplätzen und Kohlenmagazinen umgeben, und ein ähnlicher Hafen ist auch am linken Ufer der Ruhr bei Duisburg.

Die Lahn hat ihrem ganzen Charakter nach mit der Ruhr einige Aehnlichkeit, jedoch ist bei ersterer das Gefälle ein grösseres und die Wassermenge eine geringere. Seit dem Jahre 1842 ist sie bis Giessen schiffbar gemacht und sind seitdem viele Schleusen erbaut worden, so dass die Schifffahrt gegenwärtig bis Wetzlar heraufgehen kann. Eine unterirdische Kanalstrecke bei Weilburg, welche eine Serpentine abschneidet und die Schiffe durch den hohen Bergrücken durchführt, ist besonders wichtig.

Der in neuerer Zeit ausgeführte Donau-Main- oder Ludwigskanal ist von besonderer Wichtigkeit; er verbindet die Regnitz mit der Altmühl, also den Rhein mit der Donau. Schon Karl der Grosse soll im achten Jahrhunderte eine ähnliche Verbindung, durch die Fossa Carolina, die man neben dem Dorfe Graben heute noch sieht, hergestellt haben. Die Quellen der Altmühl und der fränkischen Rezat, eines Nebenflusses der Regnitz, liegen nahe bei einander und beide fliessen anfangs ziemlich parallel in östlicher Richtung. An einer Stelle, wo sie sich bis auf eine Viertelmeile nähern, ist damals der zwischenliegende Erdrücken durchstochen worden, und dieser jetzt ganz verfallene und verwachsene Graben soll die schiffbare Verbindung der beiden grössten Ströme Deutschlands gebildet haben. Es muss aber bezweifelt werden, ob auch nur kleine Fischerkähne in den

beiden Bächen mit Leichtigkeit herauf- und herabgeführt werden konnten. Pechmann, der das Projekt des jetzigen Kanals entwarf und denselben auch erbaute, wählte deshalb eine andere und zwar eine 18¾ Meilen lange Linie, die jedoch eine geringere Erhebung der Scheitelstrecke und zugleich eine bedeutende Abkürzung der ganzen Schifffahrtslinie ergab. Mit Einschluss der beiden durch Schleusen-Anlagen schiffbar gemachten Flussstrecken, vom Krahne in Bamberg bis zur Donau bei Kehlheim, beträgt die Länge des ganzen Schifffahrtsweges 23 Meilen. Es liegen darin 91 Schleusen, und das Gefälle im nördlichen Abhange beträgt 630, im südlichen dagegen 273 Fuss. Der Kanal ist in der Sohle 34 Fuss breit und hält 5 Fuss Wasser. Die Schleusen sind 16 Fuss weit und zwischen den Thoren 117 Fuss lang. Vor den eigentlichen Unterthoren befindet sich jedesmal ein drittes Thorpaar, wodurch man die Schleusenkammern auf 97 Fuss abkürzen kann. Eine Actien-Gesellschaft bestritt die Baukosten, während die Regierung die Ausführung übernommen hatte. Im Jahre 1778 wurde ein kleiner Schifffahrtskanal vollendet, der die Stadt Frankenthal in der Pfalz mit dem Rheine verbindet. Er ist nur etwas über eine halbe Meile lang, hat über sieben Schiffsschleusen von solchen Dimensionen, dass die kleineren Schiffe des Oberrheins ihn befahren können.

Von Flüssen, welche durch Schleusen schiffbar gemacht wurden, sind noch die Saale, die Havel und die Spree zu erwähnen. Die Saale ist von der Mündung der Unstrut bis zur Elbe mit 17 Schleusen versehen, von denen die 7 oberen bis Merseburg bei 18 Fuss weit und bei 156 Fuss lang sind. Die 11 Schleusen der Unstrut von Artern bis zur Saale haben dieselben Dimensionen. Die 10 folgenden Schleusen der Saale sind grösser. Die Havel ist einer der bedeutendsten Nebenflüsse der Elbe; sie ist von der Mecklenburgischen Grenze ab schiffbar und theils selbst mit mehreren Schleusen versehen, theils steht sie mit einer Menge kleinerer und grösserer Schifffahrtskanäle in Verbindung, wovon, besonders die grösseren, wichtige Communikationen mit der Oder und Elbe herstellen. Die Spree, ein Nebenfluss der Havel, ist weit aufwärts schiffbar, stellt den Schifffahrtsweg nach Berlin her, und ist auch hinsichtlich der Verbindung zur oberen Oder von grosser Wichtigkeit. Die Spree ist mit weit ausgedehnten Seen und anderen schiffbaren Flüssen verbunden; auch schliessen sich mehrere kleinere Kanäle an sie an.

Durch den Mühlroser oder Friedrich-Wilhelms-Kanal wurde unter der Regierung des grossen Churfürsten, dessen Name der Kanal trägt, die Spree mit der Oder verbunden. Derselbe tritt 10 Meilen oberhalb Berlin aus der Spree, steigt mittels zweier Schleusen 12 Fuss hoch und fällt wieder, indem er die Schlaube, einen Nebenfluss der Oder, verfolgt, von Mühlrose 60 Fuss tief mittels acht Schleusen in der Nähe von Brioskow in einen alten Arm der Oder, der bei Lossow, etwa eine halbe Meile oberhalb Frankfurt, in den Hauptarm der Oder mündet. Das wichtige Kanalnetz zwischen der Elbe und der Oder setzt sich auch weiter ostwärts fort. Bei Küstrin mündet in die Oder die schiffbare Warthe, in welche sich oberhalb Landsberg die Netze ergiesst. Diese ist bei Nackel schiffbar, wo der Bromberger Kanal beginnt, der die Netze mit der Brahe und Weichsel verbindet. Der untere Theil der Brahe, von Bromberg abwärts, ist durch Stromregulirungen schiffbar gemacht.

Auf der Weichsel selbst ist bis heute nicht viel zur Erleichterung der Schifffahrt geschehen, und dieser Fluss, mit einem beinahe eben so grossen Flussgebiete als der Rhein, kann bei anhaltender Dürre wegen Mangels an Fahrtiefe nicht beschifft werden. Bei etwas höherem Wasserstande dagegen, besonders im Frühjahre, eröffnet sich eine ziemlich lebhafte Schifffahrt.

Zu erwähnen sind noch: der Kanal, welcher die Verbindung zwischen Danzig und Elbing herstellt; der Kraffohl-Kanal, der von der ungetheilten Nogat ausgeht und sich unterhalb Elbing in den Fluss gleichen Namens ergiesst; das Kanalsystem am Pregel, ohne Schiffsschleusen, welches eine Verbindung mit dem Memelstrom herstellt, ohne das zwischenliegende Kurische Haff zu berühren.

Der Elbing-Oberländische Kanal, dessen nähere Beschreibung später folgt, stellt die schiffbare Verbindung zwischen dem Drausensee bei Elbing und den Oberländischen Seen bei Mohrungen und Ostenrode her.

Der Finow-Kanal führt von Neustadt-Eberswalde durch die Finow nach Liebenwalde an der Havel, und verknüpft demnach die Oder mit der Elbe. Schon 1603 begonnen, aber erst 1749 vollendet, ist er 6 Meilen lang, über 40 Fuss breit und hat 17 Schleusen. Von der Havel unterhalb Liebenwalde führt der gegen 5 Meilen lange Ruppiner-Kanal durch den Rhin wieder an die Havel, wodurch kleine Schiffe den grossen südwärts gekehrten Bogen der Havel zu vermeiden vermögen. Der Plauen'sche Kanal,

4½ Meilen lang, 1743 bis 1745 angelegt, führt aus der Havel bei Brandenburg an die Elbe, die er bei Parey erreicht. Als die älteste unter den vollendeten Kanalisirungen in Deutschland ist jene der Stecknitz zu erwähnen, welche im Jahre 1391 von den Lübeckern hergestellt wurde; sie hat 15 Schleusen und verbindet die Trave mit der Elbe.

In Oesterreich ist vermöge der orographischen Gliederung dieses Landes, welche sich nach Höhe und Massenhaftigkeit zunächst an jene der iberischen, apenninischen, balkanischen und skandinavischen Halbinsel, dann an das Hochland der Schweiz reiht, die Anlage grosser Stromverbindungen durch Kanäle wenig denkbar. Das weitere Tiefland ausgenommen, beschränken sich die Wasserbauten meist nur auf Regulirung der Flüsse, wozu hie und da ein Entwässerungs- oder ein Flossgraben kommt. Nur in Ungarn und Venetien finden sich einige bedeutendere Bauten. Am namhaftesten erscheinen folgende:

Der Neustädter Kanal, zum Theil von der Leytha bewässert, 28 Fuss breit, 4 Fuss tief, wenig benützt, führt von Neustadt nach Wien. Der Sarviz-Kanal in Ungarn hat trotz seiner namhaften Länge doch nur insoferne Bedeutung, als er zur Entwässerung ausgedehnter Sumpfstrecken dient. Weit wichtiger ist der Franzenskanal in der Wojwodina, welcher aus der Donau in die Theiss führt; er ist 14¾ Meilen lang, 48 Fuss breit, 8 Fuss tief und fast ohne alles Gefälle. Der Begakanal ist erst in seiner unteren Erstreckung (gegen die Donau hin) schiffbar.

Namhafte Kanäle finden wir in dem Tieflande der Provinz Lombardo-Venetien. Sie sind eigentlich zur Mehrzahl Flussarme, welche, wie die Hauptströme selbst, durch Kunstbauten kanalisirt sind; sie haben meist ein sehr geringes Gefälle, sind aber theilweise über die Erdsohle aufgedämmt. Als einige der beträchtlichsten führen wir hier an: der Tartaro, der bis in die Gegend von Ostiglia ein wenig bedeutender Bach ist, sich aber von da an den Sümpfen der Valli grandi Veronesi zu einem Kanale von sehr beträchtlicher Tragfähigkeit erweitert. Bei Canda nimmt er den aus der Etsch kommenden Kanal Castagnaro auf und erhält von nun an den Namen Canal bianco; als solcher verzweigt er sich mehrfach mit dem Po della Maestra, dem Hauptstrome des Po, so wie mit der Etsch; zum Schlusse ändert der Canal bianco neuerdings seinen Namen, und mündet als Po di Levante in das Meer. — Einer der wichtigsten Kanäle jener Gegenden ist der Adigetto; er tritt bei Badia aus der Etsch, bleibt parallel zwischen dieser und dem Canal bianco, setzt sich mit beiden mehrfach in Verbindung, und geht mit seiner Hauptmasse unterhalb Adria in den Po di Levante über. Der Kanal Gorzone fliesst, nachdem er zwischen Este und Badia durch aufgenommene Flüsschen und Kanäle eine bedeutende Wassermasse gesammelt hat, der Etsch parallel nach Osten, tritt auf eine längere Strecke bis zur Berührung an letztere heran, strömt aber dann nordöstlich in die Brenta ab, die er bei Brondolo erreicht. Vom Bacchiglione aus der Gegend von Padua nach Südwesten hin geht der Kanal von Battaglia, Monselice und Este, welcher bei Este mit dem Gorzone sich verbindet; und aus der Mitte desselben, nämlich von Battaglia, führt der Canal di Pontelungo nach Osten in die Brenta bei Brondolo. Die im unteren Laufe durchaus kanalisirte Brenta geht mit einem geraden östlichen Arme bei Fusina in die Lagunen, mit dem weit längeren Hauptarme wendet sie sich von Dolo südwärts und geht bei Brondolo in das Meer. Dieser Hauptarm ist von einem mit ihm parallelen Kanale, dem Taglio nuovissimo, begleitet. Von den zahllosen Kanälen der Lagunen, dann von jenen, welche durch die Piave, Livenza, den Tagliamento und Isonzo von deren unterem Laufe aus entsandt und gespeist werden, können wir um so mehr schweigen, da sie keine Eigenthümlichkeiten und wenig Wichtigkeit für die Schifffahrt besitzen.

Sehr beträchtlich ist der Verkehr auf den Kanälen im Mailändischen, dann in den Gegenden zwischen dem Po, den Apenninen und dem adriatischen Meere. Doch sind auch sie, eines starken Gefälles entbehrend, gewöhnlich arm an Schleusenwerken, und nur, wo sie nahe dem Meere liegen, bemerkenswerth durch ihre beträchtliche Aufdämmung.

Unter allen Ländern Europa's ist, die Niederlande ausgenommen, keines hydrographisch so ausserordentlich begünstigt, als das grosse russische Reich. Von einem niedrigen Gebirgsknoten, dem Waldai-Plateau, gehen Ströme nach drei Meeren ab, und die grosse Wassermenge, das geringe Gefälle derselben, wie die Verzweigung ihrer selbst beträchtlichen Nebenflüsse spannen ein solches Wassernetz über die ungeheuren gewellten Flächen, dass es kaum irgend eines Kunstaufwandes bedurfte, um das Land von einer Grenze zur anderen für Schiffe gangbar zu machen. Mit Kanälen von geringer Steigung und von wenigen Meilen hat man alle vier Meere des europäischen Russlands mit einander verbunden, Meere, die auf 200 bis 300 Meilen in Luftlinie von einander entlegen sind. Nirgends hat der Kanalbau so kolossale Effekte mit so geringen Mitteln erzielen

können; aber auch hier fehlt es dem russischen Reiche nicht an eben so starken Schattenseiten, welche in diesem Gebiete als der lange, eisige Winter, die Armuth an Niederschlägen während des Sommers, und die mangelnde Regulirung der Strombetten zu bezeichnen sind.

Die Detaillirung der russischen Kanalbauten, welche der grossartigen und eigenthümlichen Erfindung entbehren, kann füglich übergangen werden.

Von den künstlichen Wasserstrassen Schwedens ist der Trollhätta-Kanal besonders merkwürdig. Um die berühmten, 112 Fuss hohen Wasserfälle der Götha-Elf zu vermeiden, ist nach sehr alten Entwürfen in den Jahren 1793 bis 1800 ein Kanal angelegt worden, welcher in einer Länge von 1/4 Meile acht Schleusen, jede 60 Ellen lang, und im Granitgebirge gearbeitet, aufweist. Ein neuerer Kanal, gebaut von 1839 bis 1844, eröffnet, indem er 34 Fuss breit und 18 Fuss tief ist, auch grossen Schiffen die Passage vom Kattegat in den Wenernsee.

IV. Abschnitt.

Der Kammerschleusenbau.

Von den Kammerschleusen im Allgemeinen *).

§. 11.

Kammerschleusen sind wasserdicht zu verschliessende Bassins, die zur Verbindung zweier neben einander in verschiedener Höhe liegenden und durch eine Stauvorrichtung getrennten Wasserspiegel eines Flusses, oder zweier ebenfalls in verschiedener Höhe liegenden Kanalstrecken dienen.

Jene Kammerschleusen, bei welchen der Drempel des Oberhauptes höher liegt, als jener des Unterhauptes, nennt man auch *Fallschleusen*, während jene, welche bestimmt sind, die Schifffahrtsverbindung zwischen zwei Flüssen mit gegenseitig wechselnden Wasserständen, oder zwischen Flüssen, Bassins u. dgl. mit der See zu ermöglichen, *Fluthschleusen* heissen.

Die Kammer, welche zum Eintreten der Schiffe dient, ist sowohl mit dem Ober- als mit dem Unterwasser in Verbindung und kann von beiden durch Thore getrennt werden. Das Schiff fährt von einer Seite in die Kammer, man schliesst sodann die Oeffnung, welche den Eingang bildete und stellt die Verbindung zwischen dem Wasser auf der anderen Seite und der Kammer her. In dieser hebt oder senkt sich nunmehr der Wasserspiegel, mit demselben zugleich das Schiff, bis die Niveaudifferenz auf derjenigen Seite aufgehoben ist, wohin das Schiff fahren soll, und wenn die Oeffnung nach dieser Seite frei gemacht wird, so kann das Schiff seinen Weg fortsetzen, indem das Gefälle des Wehres oder der Fallschleuse überwunden ist.

Kammerschleusen sind die wichtigsten Kunstbauten eines Kanals und ihre Erfindung gehört zu den wichtigsten und sinnreichsten, die im Gebiete des Wasserbaues gemacht worden sind. Holland und Italien nehmen diese Erfindung für sich in Anspruch. Belidor sagt: der berühmte holländische Ingenieur Simon Stevin sei der Erste gewesen, der im Jahre 1618 über Schiffsschleusen geschrieben und diesen Gegenstand als ganz neu dargestellt habe. Wiebeking dagegen behauptet, dass Kammerschleusen schon früher in Holland üblich waren. Nach seinen Angaben hat bereits Wilhelm II. im Jahre 1253 die Genehmigung zum Baue einer solchen Schleuse bei Sparndam ertheilt, und selbst im Jahre 1220 sollen schon Schleusen bei Amsterdam existirt haben. Anderseits hat man, vorzugsweise nach Firsi angenommen, dass die erste Schifffahrtsschleuse im Jahre 1481 an der Brenta in der Nähe von Padua erbaut worden sei. Es sollen nämlich daselbst zwei Brüder Dionisio und Pietro Domenico, Ingenieure im Venetianischen Staate, bei Bastia di Stra zu Piovego im genannten Jahre eine solche Schleuse erbaut haben. Sicher jedoch ist, dass Alberti im Jahre 1452 dem Papste Nicolaus V. ein Werk, die genaue Beschreibung einer Kammerschleuse enthaltend, überreichte.

Bei einer Kammerschleuse unterscheidet man drei Haupttheile: die beiden Stauvorrichtungen, von denen eine gegen das Oberwasser, die andere gegen das Unterwasser gekehrt ist, und den mittleren Raum, worin die Schiffe liegen, sobald sie gehoben und gesenkt werden sollen. Die ersteren nennt man die *beiden Häupter*, und zwar jenes gegen das Oberwasser gekehrte das *Oberhaupt*, das gegenüberstehende das *Unterhaupt* und letzteren Raum die *Kammer*. Die Fig. 379 a, b, c, Taf. IV. zeigen Grundriss, Längenschnitt und Profil einer massiven auf

*) Hagens Wasserbau.

Béton fundirten Kammerschleuse. A ist das Oberhaupt, B das Unterhaupt und C die Kammer.

Die *Häupter* müssen eine solche Weite erhalten, dass die grössten Schiffe, die durchgeschleust werden sollen, dieselben passiren können. Die Schleusenhäupter werden durch Thore, die sich gewöhnlich um vertikale Achsen drehen, geschlossen; wegen der grossen Oeffnung wendet man in den meisten Fällen zwei gegenüberstehende Thore an, die sich, wenn sie geschlossen sind, gegen einander stemmen, und aus dieser Ursache *Stemmthore* heissen.

In jedem der beiden Häupter unterscheidet man die *Thorkammern* a und b, in welchen die Thore sich bewegen. Oberhalb der *Thorkammerböden* liegen die *Vorböden* c und d und unterhalb derselben die *Hinterböden* e und f. Die Vorböden nebst dem dazu gehörigen Mauerwerke haben nur die Anbringung der Dammfalze zum Zweck, damit man bei vorkommenden Reparaturen der Thore die Thorkammer durch Einlegen von Dammbalken wasserdicht abschliessen kann. Die Hinterböden dienen nicht nur zu demselben Zwecke, sondern verstärken zugleich die Schwellen g und h, gegen welche die Thore sich lehnen, wenn sie geschlossen sind. Diese Schwellen nennt man *Drempel-* oder *Schlagschwellen.* Sie müssen über die Thorkammerböden in ihrer Höhe vorragen, damit die Thore sich dagegen lehnen können. Der *Abfallboden* i bildet bei Kanalschleusen den Uebergang vom Oberboden bis zum Boden der Schleusenkammer. Der Abfallboden ist verschiedenartig gestaltet; entweder ist er vertikal, oder bald mehr, bald weniger steil, und in seiner Grundrissform bald gerade, bald gekrümmt.

Das Oberhaupt erstreckt sich über den Vorboden, über die Thorkammer, über den Hinter- und Abfallboden fort, soweit die in der Figur angedeutete Verstärkung der Seitenmauern reicht.

Die Ausdehnung des Unterhauptes, in welchem man mit Ausnahme des Abfallbodens alle Theile des Oberhauptes wieder findet, ist gleichfalls durch die Verstärkung der Mauern bezeichnet. Die Thorkammern müssen eine grössere Breite haben als die andern Theile der Schleuse, damit die Thore, wenn sie geöffnet sind, nicht den Durchgang der Schiffe hindern. An beiden Seiten jeder Thorkammer befinden sich zur Aufnahme der geöffneten Thore die *Thornischen*, k und l, welche so tief sein müssen, dass von dem geöffneten Thore kein Theil vor die Flucht der Mauer vortritt. Jene abgerundete Kehle in der Thornische, in welcher sich die Wendesäule des Thores dreht und welche mit dem geschlossenen Thore einen wasserdichten Verschluss bilden muss, nennt man die *Wendenische.*

Bei kleinen Schleusen, die nur eine sehr geringe Breite haben, schliesst man die Oeffnung derselben auch durch ein einzelnes Thor, welches sich theils an die Wendenische, theils an den gegenüberstehenden Pfeiler, oder statt dessen an eine hölzerne Säule lehnt. Der Drempel, welcher bei Stemmthoren ein gleichschenkliges Dreieck bilden muss, bildet in diesem Falle eine gerade Linie. Wenn Stemmthore geschlossen sind, werden sie durch den Druck des Oberwassers an die Wendenischen, an die Schlagschwellen und an einander fest gepresst, wodurch der wasserdichte Verschluss bewirkt, aber das Oeffnen der Thore verhindert wird. Um sie öffnen zu können, muss man vorher den Niveau-Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser ausgleichen, wozu gewöhnlich *Oeffnungen in den Thoren,* die durch *Schütze* geschlossen werden, dienen. Manchmal stellt man zu diesem Zwecke kleinere, eigens überwölbte Kanäle in den Mauern der Häupter seitwärts der Thore liegend her, die einerseits über dem Thorkammerboden in die Kammer, und anderseits in die untere Kanalstrecke münden. Sie werden durch Schütze, Kegelventile oder Klappen in Wirksamkeit gesetzt.

Von den Theilen einer Kammerschleuse bedürfen die Thore am häufigsten der Reparaturen, und die erwähnten Dammfalze zum Einlegen von Dammbalken dürfen nie, weder im Vor- noch im Hinterboden, fehlen; nur wenn der Oberboden höher liegt als der gewöhnliche Stand des Unterwassers ist, sind Dammfalze im Hinterboden des Oberhauptes entbehrlich. Bei massiven Böden sind die Dammfalze auch in diese eingelassen, hingegen bei Schleusen mit hölzernen Böden liegt der unterste Dammbalken flach auf dem Boden, und man bringt darunter eine Spundwand nebst einem Holm an, um zu verhindern, dass das Wasser unter dem Bohlenboden durchdringe.

Die *Schleusenkammer* beginnt am Fusse des Abfallbodens und erstreckt sich bis zur untern Thorkammer. Der Vorboden des Unterhauptes gehört daher ebenso zu letzterem wie zur Kammer. Die Dimensionen der Kammer müssen den grössten Fahrzeugen, welche die Schleuse benützen sollen, entsprechen, d. h. sie müssen grösser sein, als die der Fahrzeuge, damit zwischen Schiff und der Mauer und den Thoren noch ein Spielraum bleibt, der eine freie Bewegung ermöglicht. Zu beiden Seiten der Schleusenkammer befinden sich zuweilen Treppen, damit man zu den in der Kammer befindlichen Schiffen herabsteigen könne.

Es gibt auch Kammern, in denen der Breite nach zwei Schiffe Platz finden; man nennt solche Schleusen *Doppelschleusen*. Sie sind manchmal für zwei grosse, oft aber nur für ein grosses und ein kleineres Schiff berechnet. Aber nicht immer kommen zwei Schiffe zugleich vor der Schleuse an; jedes einzelne muss entweder die Ankunft eines zweiten abwarten, oder allein durchgeschleust werden, in welch' letzterem Falle nicht nur ein grösserer Zeitverlust, als bei einfachen Schleusen, entsteht, sondern auch der Wasserbedarf ist ein viel grösserer. Die Häupter dieser Doppelschleusen sind natürlicher Weise nur für die Breite eines Schiffes bestimmt, und man hat die Häupter häufig in die Achse der Schleuse gerichtet, wobei aber der Nachtheil besteht, dass die Breite der Kammer grösser sein muss, als die der beiden Schiffe, weil das zweite Schiff beim Einfahren, wie ebenso das erste beim Ausfahren, eine schräge Stellung anzunehmen gezwungen ist. Um eine solche Verbreiterung zu vermeiden und also auch die Anlage-Kosten zu verringern, versuchte man, beide Schleusenhäupter auf die gleiche Seite der Achse zu legen und so die Schleuse selbst nur nach einer Seite hin zu verbreitern. Hiedurch entstand aber wieder der Nachtheil, dass dasjenige Schiff, welches zuerst in die Kammer eintrat, warten musste, bis das nachkommende ausgefahren war. Um die Streitigkeiten zu vermeiden, welche aus diesem Grunde zwischen den Schiffern zu entstehen pflegen, versetzt man die Häupter der Schleuse in der Art, dass jedes Haupt an eine Seite der Kammer zu liegen kommt, d. h. die Achsen der Häupter liegen nicht in einer Linie. Dasjenige Schiff, welches zuerst hineinfährt, muss sogleich seitwärts geschoben und dadurch vor die Oeffnung gebracht werden, durch welche es herausfährt; es verlässt somit zuerst die Schleuse. Die Fig. 380 a, b, c und d, Taf. IV. zeigen eine solche in der Oder bei Hohensaathen ausgeführte Schleuse.

Die gewöhnlichen Schleusen sind manchmal mit zwei Unterhäuptern versehen. Das letzte derselben ist so weit vom Oberhaupt entfernt, dass ein grösstes Schiff zwischen beiden Platz findet, dagegen befindet sich das zweite Unterhaupt etwas näher am Oberhaupte, schliesst sonach eine kürzere Kammer ab, die zum Durchschleusen kleinerer Schiffe benutzt wird. Zuweilen liegen zwei Schleusen, und zwar eine grosse und eine kleine, neben einander. In Holland findet man einige Schleusen von dieser Einrichtung, z. B. an den Eingängen des Nordholländischen Kanals; daselbst dient die grössere Schleuse für Kauffahrtei- und Kriegsschiffe, während die kleinere für gewöhnliche Kanalschiffe bestimmt ist. Diese Anordnung vermehrt zwar sehr die Erbauungskosten, aber der Vortheil ist nicht in Abrede zu stellen, dass bei dem gewöhnlichen Verkehre das Durchschleusen beschleuniget und erleichtert und der Wasserverbrauch vermindert wird.

Die Höhe der Schleusenmauern hängt vorzüglich von der Höhe des höchsten Wasserstandes ab, bei welchem die Schifffahrt noch ausgeführt werden darf. Bei manchen Flussschleusen befinden sich die Kammermauern nicht in gleicher Höhe; die Mauern des Oberhauptes sind höher, als die der Kammer und die des Unterhauptes, und sind durch Treppen mit einander verbunden. Bei Kanalschleusen liegen jedoch alle Kammermauern in gleicher Höhe, wodurch natürlich diese Treppen entbehrlich werden.

Vorzugsweise erfordert die richtige Anordnung der Höhenlage der verschiedenen Schleusentheile eine besondere Aufmerksamkeit. Sämmtliche Böden müssen so tief liegen, dass selbst bei dem niedersten Wasserstande und dem grössten Tiefgang der Schiffe unter dem Schiffsboden noch 0.3 Meter Wassertiefe vorhanden sind, damit die Schiffe anstandlos passiren können. Bei Flussschleusen ist es rathsam, die Böden noch etwas tiefer zu legen, als der niederste Wasserstand mit Berücksichtigung der Wassertiefe unter dem Schiffsboden bedingt, damit bei zufälligen Aenderungen des Flussbettes oder des Stromlaufes der nächstfolgenden Stromstrecke, wodurch ein noch niederer Wasserstand eintreten könnte, die Schifffahrt nicht unterbrochen werde. Die ermittelten Höhen bestimmen die höchsten Punkte der Schleusenböden, und die Thorkammerböden sind wegen der Schlagschwellen oder Drempel, die einen Absatz bilden, woran die Thore sich lehnen, noch tiefer zu legen. Der Vorboden des Unterhauptes und der Kammerboden liegen mit dem Unterdrempel und mit dem Hinterboden des Unterhauptes in gleicher Höhe. Der Vorboden des Oberhauptes liegt gewöhnlich in gleicher Höhe mit dem Thorkammerboden. Eine wesentliche Aenderung in der Höhenanlage des Oberbodens muss aber eintreten, wenn derselbe aus Holz ausgeführt wird. Damit dieses nicht dem häufigen Wechsel von Trockenheit und Nässe ausgesetzt werde, legt man den Oberboden der Schleuse bis unter das niederste Unterwasser und begrenzt den Oberkanal entweder durch eine Mauer, gegen welche sich die Erde lehnt, oder, wie Fig. 387, Taf. VI. zeigt, durch eine Holzeinfassung.

Die Oberthore erhalten in diesem Falle eine grössere Höhe, weil sie von dem vertieften Ober-

boden der Schleuse bis über das Oberwasser reichen müssen. Die Unterthore haben in allen Fällen, weil sie bei gefüllter Schleuse das Oberwasser absperren müssen, eine Höhe bis über den höchsten schiffbaren Oberwasserstand.

Für die Oberthore und das Oberhaupt genügt in vielen Fällen diese Höhe noch nicht; denn der höchste schiffbare Wasserstand liegt oft noch bedeutend unter dem absolut höchsten Wasserstande. Eine Durchströmung der Schleuse und des Kanals muss möglichst verhindert werden, demnach müssen die Oberhäupter und die Oberthore jener Schleusen, welche Kanalstrecken begrenzen, denen unter gewissen Verhältnissen grosse Wassermengen zugeführt werden, so hoch sein, dass sie diesem höchsten Wasserstande entsprechen. Damit aber das Wasser auch nicht von der Seite her der Schleuse zuströme, müssen wasserfreie Dämme sich an das Oberhaupt anschliessen. Wenn auch die Schleuse bei einem Durchströmen nicht sehr leidet, so werden doch die Kanalufer durch die Strömung angegriffen und es bilden sich besonders in der Schleuse Kies und Sandablagerungen, die vor der Schifffahrts-Eröffnung ausgebaggert werden müssen.

In Fällen, wo sehr selten ein hoher Wasserstand eintritt, werden über den gewöhnlichen Oberthoren noch besondere Thore, Fig. 388 a und b, Taf. VI, sogenannte *Sturmthore*, welche ein zweites Thorpaar bilden, angelegt. Sie lehnen sich gegen die unteren Thore, so wie diese gegen die Schlagschwellen. Solche Sturmthore und Erhöhungen des Oberhauptes kommen wohl nur bei See- und nicht bei Kanalschleusen vor, wo der Wasserspiegel der Kanäle immer auf gleicher Höhe erhalten wird. Das Unterhaupt der untersten Schleuse eines schiffbaren Kanals, welche die Verbindung mit einem Strome herstellt, muss offenbar die höchsten Wasserstände des letzten zurückhalten, wozu man das Unterhaupt mit einem zweiten Thorpaar, welches sich in entgegengesetzter Richtung öffnet, wie die Figur 381, Taf. V, herstellt. Diese Thore nennt man *Fluththore*. In manchen Fällen darf die Schifffahrt auch während des höheren Wasserstandes im Strome nicht unterbrochen werden und die Schleuse muss eben sowohl benützt werden können, gleichviel ob der Wasserstand im Strome, oder der im Kanale der höhere ist. Ein solches Bedürfniss tritt bei tief liegenden eingedeichten Niederungen häufig ein, oder wenn zwei Ströme mit einander verbunden werden sollen, welche zu verschiedenen Zeiten ihre höchsten Wasserstände haben, wie dies bei der Hafenschleuse in Mannheim der Fall ist. Die Schleusen enthalten in solchen Fällen in jedem Haupte zwei Thorpaare, die sich in entgegengesetzter Richtung öffnen.

Das Gefälle einer Schleuse bei Flüssen ist von dem des daneben liegenden Wehres abhängig. Bei Kanalschleusen beträgt gewöhnlich das Gefälle 1.8 bis 2.4, zuweilen auch 3.6 Meter. Es gibt auch Beispiele, dass durch Kanalschleusen ein Gefälle von 6 Metern sicher überwunden wurde. Bei grösserem Gefälle wendet man, wenn der Wasserzufluss ein genügender ist, gekuppelte Schleusen an; d. h. solche, wo zwei oder mehrere Schleusenkammern dicht hinter einander liegen und nur durch einzelne Häupter, ohne dazwischen liegende Kanalstrecken getrennt sind. Jedes Unterhaupt der einen Kammer ist zugleich Oberhaupt der nächstfolgenden, und am oberen Ende jeder einzelnen Kammer befindet sich demnach ein Abfallboden. Die Anzahl der Häupter einer gekuppelten Schleuse ist sonach nur um Eines grösser, als die der Kammern, und dies ist es, worin der Vortheil der gekuppelten Schleusen gegenüber den einfachen besteht. Die Anzahl der Kammern in den gekuppelten Schleusen ist sehr verschieden; in den meisten Fällen sind es nur zwei, doch kommen auch drei, vier und mehrere vor. Auf zwei sehr wichtigen Kanälen gibt es sogar achtfach gekuppelte Schleusen, nämlich auf dem Kanal du Midi neben Bezières und auf dem Caledonischen Kanale zwischen dem Loch Lochy und Loch Eil. Das Gefälle der ersteren beträgt bei 22 und das der letzteren bei 20 Meter.

Fig. 382 a und b, Taf. V, zeigt die Skizze einer amerikanischen Schleuse, die von Benj. Wright für den James River und Kanawha-Kanal in Virginien konstruirt wurde. Sie hat einen hölzernen Boden und massive Mauern. Der Oberdrempel ist mit dem Unterdrempel in gleicher Höhe; der Abfallboden fehlt ganz und vor der oberen Thorkammer ist eine senkrechte Fallmauer, welche die Sohle des Oberkanales stützt. Die Oberthore erhalten dieselbe Höhe, wie die Unterthore, was den Vortheil der möglichst tiefen Anbringung der Schützen-Oeffnungen gewährt, wodurch nicht nur verhindert wird, dass das Wasser beim Herabstürzen vom Abfallboden in das Schiff fliessen oder dieses stark bewegen kann, sondern die Füllung der Kammer auch viel schneller geschieht, weil die Druckhöhe eine grössere ist. Die Drempel sind nur mittels Schraubenbolzen am Boden befestigt. In Bezug auf Solidität ist diese Ausführungsart einer Schleuse durchaus nicht zu empfehlen.

Die Schleusenkammer *).

§. 12.

Man unterscheidet bei der Schleusenkammer die *Kammerwände* und den *Kammerboden*. Gewöhnlich sind die Kammerwände von Stein, häufig von Holz und selten von Gusseisen konstruirt.

Die Ausführung der Seitenwände aus Holz ist nicht sehr empfehlenswerth und nur, wenn das Bauholz in Massen vorhanden und wohlfeil ist, entschuldigt. Hölzerne Wände sind nicht wasserdicht. Das Wasser fliesst bei jedem Füllen und Leeren der Kammern in die Hinterfüllungs-Erde hinein und aus derselben wieder hervor, wodurch Erde fortgespült wird, was zu unaufhörlichen Einsenkungen des Bodens Veranlassung gibt. Dazu kommt noch, dass Reparaturen sehr häufig nothwendig werden, weil ein Theil des Holzwerkes durch die abwechselnde Nässe und Trockenheit sehr leidet. Bei Construction hölzerner Kammerwände macht man die Kammer so breit, wie die Thorkammer des Schleusenhauptes, d. h. man legt beide in eine Flucht, weil man zurücktretende Thornischen im Holzbau schwer herstellen kann. Hieraus entsteht der fernere Nachtheil dieser Construction, dass eine grössere Wassermenge jedesmal beim Füllen der Kammer erforderlich ist.

Die *hölzernen Kammerwände* werden gerade so, wie die Bohlwerke, construirt. Um nun dem vorerwähnten Nachtheile, dass das Holz wegen abwechselnder Nässe und Trockenheit bald zu Grunde geht und, wenn auch andere Holztheile noch ganz gut sind, dennoch die ganze Construction erneuert werden muss, wenigstens einigermassen zu begegnen, construiren die Holländer Schleusen mit aufgesetzten Wänden. Diese Wände sind durch eine Schwelle, welche in der Höhe des niedersten Wassers liegt, getrennt, wie Fig. 383 a und b, Taf. V, diese Anordnung in der Seitenansicht und im Querschnitte zeigt. Winkelbänder aus krummen Holzstücken, welche sich der Form der Schiffe nähern, stützen die unteren auf eine Schwelle aufgezapften Stiele, die oben eine ähnliche Schwelle verbindet, welche zugleich als Unterschwelle für die oberen Stiele der aufgesetzten Wand dient. Ein Holm krönt die Wand und die letzteren Stiele werden durch Erdanker gehalten. Man erreicht dadurch den grossen Vortheil, dass diejenigen Verbandstücke, welche am meisten leiden, sehr leicht und ohne dass die Schleuse trocken gelegt zu werden braucht, erneuert werden können.

Bestehen die Kammerwände aus Holz, so sind die *Kammerböden* auch immer *aus Holz* construirt; nicht selten werden aber auch bei massiven Kammerwänden hölzerne Böden hergestellt.

Die Kammerböden müssen möglichst wasserdicht hergestellt werden, weil im entgegengesetzten Falle bei dem wechselnden Wasserstande in der Kammer und dem des Grundwassers ein Durchquellen nach oben oder unten leicht eintreten kann, was ein Ausspülen unter der Schleuse und demnach grössere Uebelstände zur Folge haben könnte. Es sind Fälle vorgekommen, dass durch den Druck des Grundwassers der Kammerboden ein Heben, also einen aufwärts gerichteten Bruch gezeigt hat, wogegen es nie vorgekommen ist, dass Schleusenböden von oben nach unten eingebrochen wären. Aus dieser Ursache hatten einige ältere Baumeister vorgeschlagen, den Boden absichtlich nicht wasserdicht zu machen, wodurch aber die früher erwähnten Nachtheile entstehen, und es ist jedenfalls besser, mit der nothwendigen Festigkeit die grösstmögliche Wasserdichtigkeit der Schleusenböden zu verbinden.

Bei den holländischen Schleusen, wovon eine Construction des Bodens mit aufgesetzten Wänden in Fig. 383 a und b, Taf. V, ersichtlich ist, verwendet man die möglichste Sorgfalt, um einen wasserdichten Boden herzustellen. Dies zu erreichen, geben die Holländer vor allem dem Boden eine grössere Solidität, indem sie denselben auf darunter eingerammte Pfähle befestigen. Es ist einleuchtend, dass, wenn selbst Kammermauern auf dem Boden ruhen, diese Constructionsart dennoch mehr Sicherheit bietet, und zwar um so mehr, mit je mehr Pfählen der Kammerboden verbunden ist. Man stellt aus diesem Grunde die Pfähle unter dem Kammerboden so nahe aneinander, wie die Rostpfähle unter den Mauern. Die einzelnen Pfahlreihen werden durch Schwellen, welche auf die Längenrichtung der Schleuse normal gerichtet sind, mittels starker durchreichender Zapfen verbunden. In die sich nach oben erweiternden Zapfenlöcher werden, nachdem die Schwellen verlegt sind, Keile fest eingetrieben, Fig. 384 a, Taf. V. Diese Schwellen können auch über einem Pfahle gestossen werden. Bei grösseren Schleusen und beinahe jedesmal, wenn die Kammern massive Mauern haben, legt man darüber noch Langschwellen. Diese fehlen unter den Mauern niemals, wenn sie auch bei kleinen Schleusen im Kammerboden nicht vorkommen. Da die Langschwellen nur aufgekämmt sind, so ragen sie über dem Bohlenbelage, der auf den Querschwellen aufliegt, hervor, was der darauf zu stehen kommenden Kammermauer einen festeren Fuss verschafft. Um die Langschwellen, wenn sie unter dem Kammer-

*) Hagen's Wasserbau.

boden angebracht sind und daselbst den Bohlenboden tragen, in innige Verbindung mit den Pfählen zu bringen, wendet man verschiedene Mittel an. Ist die Besorgniss des Hebens nicht gross, so verbindet man die beiden Schwelllagen durch lange, starke, eiserne Bolzen, die mit Widerhaken versehen sind; zuweilen auch nur mit hölzernen Nägeln, die etwas schräge, und zwar je zwei in jeder Kreuzung, eingetrieben werden. In Fällen, welche mehr Vorsicht erfordern, stellt man die Pfähle in den einzelnen Reihen etwas weiter auseinander und bringt dafür noch Zwischenreihen von Pfählen an; man streckt hiebei die Schwellen nur über jede zweite Pfahlreihe, und diejenigen Pfähle, Fig. 384 b, Taf. V, welche auf diese Art nicht getroffen werden, dienen zur Befestigung der Langschwellen. Bei den Schleusen des Nordholländischen Kanals legte man die Quer- und Langschwellen so, dass jede Durchkreuzung derselben auf einen Pfahl traf, versah die Pfähle mit quadratischen Zapfen, die durch beide Schwellenreihen reichten, und trieb sie mit Keilen auseinander. Die holländischen Schleusen haben gewöhnlich einen doppelten Bohlenbelag und bis zur Höhe derjenigen Schwellen, welche den ersten Bohlenbelag tragen, wird der Raum mit gut gestampftem Thonschlage ausgefüllt. Hierüber nagelt man den ersten Bohlenbelag, aus 3- bis 4zölligen Bohlen bestehend, und damit derselbe wasserdicht sei, werden die Fugen ganz so wie die Schiffswände mit Werg gedichtet und mit heissem Pech ausgegossen, d. h. sie werden kalfatert. Um die Bohlen beim Auflegen möglichst fest aneinander zu pressen, bedient man sich in der Weise der Klammern und Keile, wie es die Fig. 384 c und d, Taf. V, zeigen. Auf diesen Bohlenbelag werden in den meisten Fällen noch Strekbalken gelegt, und zwar jedesmal in der Art, dass sie genau auf diejenigen Schwellen treffen, welche den ersten Belag tragen. Die Befestigung dieser oberen Schwellen an die unteren geschieht entweder Fig. 384 e durch Bolzen mit Widerhaken, oder durch Schraubenbolzen, oder endlich durch schwalbenschwanzförmige Dübel von Eichenholz, das Schlüsselstück genannt, die, um eingesetzt werden zu können, aus drei Stücken bestehen.

Die Fig. 383 a und b und Fig. 383, Taf. V, zeigen solche, oben beschriebene Kammerböden; darin werden die Felder zwischen dem oberen Balken und dem unteren Bohlenbelage mit Klinkern in Trassmörtel vollständig ausgemauert. Die Kammermauern werden unmittelbar darauf gestellt, während der Kammerboden noch einen zweiten Bohlenbelag erhält, der gleichfalls kalfatert wird.

Der hölzerne Boden der in Fig. 382 a und b, Taf. V, dargestellten Schleuse ist ein Rost, dessen Schwellen, 12 Zoll im Gevierten stark, aus Kieferholz bestehen und sich durch die ganze Breite der Schleuse und unter die Kammermauern erstrecken. Der lichte Zwischenraum der Schwellen beträgt 6 Zoll; jedoch unter den Schlagschwellen liegen sie unmittelbar nebeneinander. Der Raum zwischen je zwei Schwellen ist mit Puddle (Thon mit eingemengten Steinstücken) ausgefüllt. Darüber ist ein 2½ Zoll starker Bohlenbelag mit 9zölligen eisernen Nägeln genagelt, worauf die Kammermauern ruhen; der Kammerboden ist aber noch mit einem zweiten 2 Zoll starken Bohlenbelage so überdeckt, dass die Röste beider sich gegenseitig decken. Die durch die Breite der Schleuse eingerammten Spundwände verhindern das gleichmässige Setzen des Kammerbodens.

Die Fig. 386, Taf. V, zeigt die in Deutschland häufig angewendete Construction hölzerner Schleusenböden. Sie ruhen auf einem Pfahlroste, dessen Pfähle sowohl der Länge, als der Breite nach in Reihen stehen. Die Entfernung der Querreihen ist etwa 4 Fuss von Mitte zu Mitte, die der Längenreihen ist unter den Kammerböden grösser, als unter den Mauern, und beträgt unter dem Boden bei 5 Fuss. Spundwände pflegt man unter den Kammern nicht anzubringen, dagegen sind sie auf der äusseren Seite der Wände sehr zweckmässig, um die Quellen von aussen her abzuschneiden. Die Pfähle unter den Mauern werden durch Längen-Rostschwellen mit einander verbunden, die in der Längenrichtung der Mauer liegen; die Querschwellen des Rostes sind zugleich Grundbalken des Kammerbodens und so tief mit den Längen-Rostschwellen überkämmt, dass ihre oberen Flächen in einer Ebene liegen. Die Verbindung der Schwellen mit den Pfählen geschieht mittels des schon beschriebenen Grundzapfens oder mittels des Blattzapfens, in welch' letzterem Falle die Pfähle nicht in einer Linie einzurammen, sondern entsprechend zu versetzen sind, und zwar ähnlich wie bei den Wehren. Zwischen den Pfählen hebt man etwa 2 Fuss tief den Grund aus, und bringt statt diesen bis zur unteren Fläche des Bohlenbelages, sowohl unter den Mauern, als unter dem Kammerboden, einen festen Thonschlag ein. Der Bohlenbelag unter den Mauern liegt tiefer als derjenige, der den Kammerboden bedeckt. Dieser besteht gewöhnlich aus 4 Zoll starken Bohlen, die entweder stumpf, oder auch wohl mit halber Spundung zusammenstossen, mit eisernen Nägeln oder Dübeln befestigt werden, jedoch keine besondere Dichtung der Fugen erhalten.

Die *massiven Kammermauern* sind gewöhnliche Ufermauern, und es gelten für die Herstellung derselben und zur Bestimmung ihrer Dicke jene Regeln, welche bereits im §. 26 des Strombaues angegeben wurden. Eine sorgfältige Ausführung, besonders aber gutes Material sind bei solchen Mauern sehr zu empfehlen, weil sie durch den abwechselnden Wasserstand ohnedies bedeutend leiden. Am besten eignen sich zur Ausführung solcher Mauern Quader oder überhaupt Hausteine, die in hydraulischem Mörtel versetzt werden. Die Kosten sind in diesem Falle sehr bedeutend, und um diese zu vermeiden, wählt man zum Theil kleinere Steine, macht die Schichten nicht gleich hoch und sieht nur darauf, dass in einer Schichte die Steine gleiche Höhe haben. Man unterlässt auch die sorgfältige Bearbeitung, besonders der inneren und überhaupt aller Steine, und arbeitet, sobald der Mörtel erhärtet ist, die äussere Mauerfläche etwas nach.

In Ermangelung solchen Materials eignen sich auch gute Bruchsteine, welche lagerhaft und fest sind; gut ist es, wenn man solche Mauern mit Quadern verkleidet, obwohl die Mauern unbeschadet der Solidität ganz aus lagerhaften Bruchtseinen ausgeführt werden können.

Selbst aus gebrannten guten Ziegeln können die Schleusenmauern ausgeführt werden, wie dies in Holland, da dort die Bruchsteine selten, die Ziegel aber besonders gut sind und selbst dem Froste widerstehen, ganz gebräuchlich ist. Ueber die Brauchbarkeit der Ziegel zu diesem Zwecke muss man sich aber die volle Gewissheit verschaffen, weil es nicht an Beispielen fehlt, dass Mauern nach kurzem Bestande, weil die Ziegel ausgewittert und sich an grossen Stellen abgebröckelt haben, abgebrochen und neu aufgeführt werden mussten. Zuweilen verkleidet man solche Mauern mit Quadern. Es ist hiebei die sorgfältigste Arbeit erforderlich und man soll, wenn möglich, guten hydraulischen Mörtel, welcher weniger schwindet, verwenden, damit bei der ungleichen Anzahl der Fugen von Ziegel- und Quadermauerwerk die Setzung in beiden keine verschiedene sei. Jedenfalls ist eine solche Verkleidnng zweckmässig, weil man Ziegel, deren Güte man nicht genau kennt, nicht der Einwirkung des Wassers aussetzt.

Die *Profile der Kammermauern* sind verschieden. Bei gewöhnlichen Kanalschleusen haben die Mauern an der Vorderseite keine Böschung, weil diese die Breite der Kammern beeinträchtigen würde und auch die Kanalschiffe entweder vertikale, oder nahe vertikale Wände haben. Die Figuren 379, 380, 385, 386 und 390 zeigen solche Profile. — Ist dagegen die Schleuse für Seeschiffe bestimmt, so darf man, weil die Form der Schiffe eine andere ist, die Kammermauern in der Nähe des Bodens böschen oder sie in der Tiefe weiter vorgreifen lassen, wodurch sie an Stabilität bedeutend gewinnen und auch in schwächeren Dimensionen ausgeführt werden können. Fig. 389, Taf. VI, zeigt den Querschnitt einer in den letzteren Jahren ausgeführten Schleuse bei Meyton-Gate im Hafen zu Kingston-upon-Hull. Die Krümmung des unteren Theiles der Mauer setzt sich hier in der Wölbung des Bodens durch die ganze Breite der Schleusenkammer fort. Die Mauern sind aus Ziegel ausgeführt und im oberen Theile mit Quadern verkleidet. In England werden die Schleusenmauern durch Strebepfeiler verstärkt. Da die Kammermauern nicht nur häufig betreten, sondern auch über dieselben die Ketten und Taue bei dem jedesmaligen Durchgehen eines Schiffes gezogen werden, so ist es nöthig, dieselben mit hinreichend starken Deckplatten zu schützen.

Die *massiven Kammerböden* sind entweder horizontal, oder wenn man einen aufwärts gerichteten Druck befürchtet, als verkehrte Gewölbe hergestellt. Diese muss man aber in die Kammermauern eingreifen und gegen diese vollkommen sich stützen lassen, damit das Gewölbe hinlänglich starke Widerlager habe. Demnach muss das Gewölbe zuerst ausgeführt, sodann mit den bis zur Höhe der Anlaufsteine gleichmässig aufgeführten Kammermauern verbunden werden, worauf erst die letzteren aufgesetzt werden können. Besteht der Boden, über welchem die Schleuse gebaut werden soll, aus festem, wasserdichem Thone oder Lehm, so kann das Bodengewölbe direkt darauf gelegt werden, indem der natürliche Boden nach der cylindrischen Form abgeglichen wird, so dass er einen Lehmbogen bilde, auf dem man das Gewölbe aufmauern kann. Ist die Schleuse besonders gross oder der Baugrund Sand oder Kies, so muss die künstliche Fundirung auch unter dem verkehrten Gewölbe fortgesetzt werden, wie es Fig. 379 c, Taf. IV, zeigt. Daselbst ist nicht nur ein starkes Béton-Bett ausgeführt, sondern dieses ist auch in der Mitte 1½ und an den Seiten 2 Fuss hoch übermauert. Bei den Schleusen des Marne-Rhein-Kanals, die grösstentheils auf Kies gebaut sind, ist die Untermauerung aus Bruchsteinen in der Mitte des Kammerbodens 2 Fuss 4 Zoll stark. Das darauf ruhende Gewölbe besteht aus roh bearbeiteten Hausteinen, ist 11 Zoll stark und lehnt sich gegen eine vor die Mauer vortretende Quaderschicht, wie die Fig. 390, Taf. VI, zeigt. Bei grossen Schleusen muss man dem massiven Kammer-

boden eine bedeutende Stärke geben, die zuweilen 6 bis 7 Fuss beträgt.

Die in Fig. 389, Taf. VI, dargestellte Schleuse ist auf einen Pfahlrost fundirt, hat einen gewölbten Boden, der in der Mitte der Kammer unmittelbar auf einem Roste aufliegt. Das 2 Fuss 3 Zoll starke Gewölbe ist aus Ziegeln in Puzzolan-Mörtel ausgeführt und besteht aus drei concentrischen Bögen, die ohne Verband stumpf übereinander liegen. Die Pfähle des Rostes sind 5 Fuss Mitte zu Mitte entfernt. Unter den Rostschwellen, die auch einen Bohlenbelag haben, ist der Grund beiläufig 1 Fuss tief ausgebaggert und bis zur Oberfläche der Schwellen mit Bruchsteinen ausgemauert.

In manchen, jedoch sehr seltenen Fällen sind die Schleusenkammern gar nicht ausgemauert und nur, wie der Kanal selbst, durch Erdböschungen eingeschlossen. In solchen Fällen ist auch der Kammerboden kein künstlicher. Die Wasserconsumtion und der Zeitaufwand beim Füllen und Leeren der Kammern ist natürlich bedeutend grösser; ferner verursacht der häufige Wechsel des Wasserstandes auch das Abstürzen der Dossirungen. Bei solchen Schleusen, die nur ein geringes Gefälle haben, sind gewöhnlich auch die Häupter nur sehr nothdürftig ausgebaut.

Die Schleusenhäupter *).

§. 13.

Festigkeit und Wasserdichtigkeit sind bei Ausführung der Schleusenhäupter die zwei wesentlichsten Hauptbedingungen, denn sie müssen mit den Thoren dem Drucke des Oberwassers sicher widerstehen, und es darf sich auch nicht zur Seite unter dem Boden derselben Wasser durchziehen, das, abgesehen vom Wasserverluste, die Erde fortspülen und den ganzen Bau gefährden könnte. Die Oberhäupter müssen so hoch aufgeführt werden, dass sie die höchsten Anschwellungen, wenn diese auch sonst die Schifffahrt unterbrechen, abhalten, während die Unterhäupter nur dem Stande des höchsten schiffbaren Oberwassers zu entsprechen brauchen. In solchen Fällen, wenn der Wasserdruck ein übermässiger ist, pflegt man diesen der Sicherheit wegen auf beide Häupter zu vertheilen, indem man die Schleusenkammer zum Theil anfüllt.

Es gibt Häupter theils mit *massiven*, theils mit *hölzernen Böden* und *Wänden*. Nicht selten geschieht es, dass man, wie bei den Kammern, den Boden der Häupter aus Holz construirt, und die Wände aus massivem Mauerwerk herstellt. Die Fig. 382 a und b, Taf. V, zeigt eine solche einfache und leichte Herstellungsart. Der einzige Unterschied eines solchen Bodens gegen den Kammerboden besteht darin, dass unter den Drempeln die Rostschwellen unmittelbar neben einander liegen und sich gegen eine Spundwand lehnen. Der im Oberhaupte angebrachte zweite Boden, aus Balkenholz bestehend, hat vorzugsweise wohl nur den Zweck, die Schlagschwellen etwas zu heben und dadurch die Höhe der Thore zu vermindern. Die beiden Schlagschwellen a, sowie der Binder b sind durch starke eiserne Bolzen aufgenagelt, wie dies auch bei den englischen Schleusen, wo hölzerne Drempel vorkommen, geschieht. Daselbst pflegt unter dem Mittelbalken, der quer durch die Schleuse von einer Wendenische bis zur gegenüberliegenden reicht, eine Spundwand zu stehen, während auch meistens die Grundbalken nicht auf Pfählen ruhen, sondern nur einfache Schwellen eines liegenden Rostes sind. Der Bohlenbelag schliesst sich von beiden Seiten an die obere Fläche dieses Mittelbalkens an, indem er in Falze dieses letzteren eingreift; die Schwellen, welche den Anschlag der Thore bilden, sind mit Bolzen darauf genagelt. Bei 8 Fuss weiten Schleusen ist nur ein Thor vorhanden, und die Schlagschwelle besteht aus einem einzelnen Balken, welcher ganz auf dem Mittelbalken liegt; bei weiteren Schleusen, die für grössere Kanalschiffe gebaut sind, werden Stemmthore angewendet, wobei die Schwellen, welche, wie Fig. 391, Taf. VI, zeigt, gleichfalls nur auf den Mittelbalken gebolzt sind und keine weitere Unterstützung haben. Diese Construction ist jedoch nur für kleinere höchstens 15 Fuss weite Schleusen ausführbar.

In *Holland* bestehen die Schleusenböden nur aus Holz, und man ist daselbst sehr bemüht, sie in den Häuptern recht fest zu verbinden und möglichst wasserdicht zu machen. Die Schlagschwellen, welche in keiner unmittelbaren Verbindung mit den Spundwänden stehen, liegen gewöhnlich nur auf dem Boden auf. Die Anzahl der Spundwände beschränkt sich bei den gewöhnlichen Schleusen auf vier und sie sind sämmtlich nach der Quere gerichtet. An jedem Ende der Schleuse befindet sich eine und wieder eine unter jedem Drempel, nämlich unter dem Mittelbalken, der die Schlagschwellen unterstützt. Bei grossen Schleusen, welche die hohen Fluthen der See abhalten müssen, bringt man ausserdem unter den äusseren Dammfalzen eine Spundwand an. Die Spundwände erstrecken sich jedesmal über die Breite der Schleuse hinaus und treten auf jeder Seite noch 5 bis 10 Fuss vor, um auch hier die Bildung von Wasseradern zu ver-

*) Hagen's Wasserbau.

hindern; sie sind hinter den Schleusenmauern mit einem Fachbaume versehen und reichen nahe bis zur Höhe des Terrains hinauf. Das Durchquellen des Wassers unter dem Roste wird noch durch zwei Herdmauern verhindert, die nach Fig. 392 a und b, Taf. VI, 5 Fuss tiefer fundirt und oft durch Spundwände eingeschlossen sind. Diese Mauern liegen unter beiden Seiten der Schleusen-Eingänge. Der Mittelbalken, welcher über den Oberboden bis zur Höhe der Schlagschwelle hervorreicht, besteht aus hartem Holze und ist so lang, dass er 2 bis 3 Fuss von jeder Seite in die Schleusenmauer eingreift; auch ist er durch starke eiserne Bolzen, die bis zur Unterfläche beider Grundbalken reichen, an diese befestigt. Die Schlagschwellen sind entweder hochkantig, wie der Mittelbalken, und ruhen alsdann, gleich jenem, auf dem unteren Bohlenboden, oder sie haben eine geringere Höhe und liegen Fig. 392 b, Taf. VI, auf dem oberen Bohlenboden. Zur Unterstützung der Schlagschwellen gegen den Druck dient der Binder, der in der Mittellinie der Schleuse liegt. Sollte bei sehr breiten Thoren ein Einbiegen der Schlagschwellen zu besorgen sein, so wird jede derselben noch durch einen, auch wohl durch zwei Binder in gleicher Weise gegen den Mittelbalken gestützt. Um die Pfannen für die Achsen der Thore anzubringen, werden noch besondere Verbandstücke, Komplatte oder Pfannenträger genannt, beiderseits angebracht, welche in das Mauerwerk eingreifen und durch einen schwalbenschwanzförmigen Zapfen mit dem Mittelbalken verbunden sind; mittels gekerbter Bolzen werden sie an die Grundbalken befestiget. Die weitere Construction dieser Häupter, welche einfach und wohlfeil ist und für deren Solidität eine lange Erfahrung spricht, erklärt die Fig. 392 a und b; sie wurde zum Theil schon bei den Schleusenkammern besprochen.

Die in *Norddeutschland* übliche, noch von Eytelwein herrührende Construction der hölzernen Böden in den Schleusenhäuptern unterscheidet sich vorzugsweise von der vorbeschriebenen durch eine grössere Anzahl von Quer- und Längenspundwänden und durch grössere Vorsichten zur Sicherstellung des Baues. Die Fig. 393 a und b, Taf. VI, zeigen den Grundriss und Längenschnitt eines Unterhauptes einer solchen Schleuse. Darin sind fünf Quer- und zwei Längenspundwände; bei manchen Schleusen sind daselbst sogar vier Längenspundwände, so dass jede Mauer auf beiden Seiten von solchen eingeschlossen ist. Der Zweck dieser vielen Spundwände ist nicht nur, die Bildung der Quellen zu verhindern, welche einen grossen Wasserverlust und eine Unterspülung besorgen lassen, sondern ausserdem sollen diese Spundwände auch während des Baues den Wasserzudrang mässigen und bei besonders quelligem Boden zur Trennung der Baugrube in mehrere Theile dienen, die einzeln trocken gelegt und besonders fundirt werden können. Wenn auch dieser Zweck erreicht wird, so dürfte die Fundung oder eine nothwendige Trockenlegung in einer andern Weise billiger zu stehen kommen.

Die Querspundwände werden an folgenden Stellen angebracht:

1) am oberen Eingange in die Schleuse vor dem Vorboden des Oberhauptes;

2) zwischen dem Vorboden und dem Thorkammerboden des Oberhauptes;

3) unter den beiden Schlagschwellen;

4) unter dem Mittelbalken;

5) unter dem Abfallboden.

Im Unterhaupte wiederholen sie sich:

6) vor dem Thorkammerboden;

7) unter den Schlagschwellen;

8) unter dem Mittelbalken;

9) eine Spundwand im Hinterboden, die vorzugsweise dazu dienen soll, den Unterdrempel bis zur grösseren Tiefe vermauern zu können;

10) am unteren Ende, d. i. hinter dem Hinterboden des Unterhauptes.

Alle diese Querspundwände werden mit Fachbäumen versehen, die man nicht mit Bohlen überdeckt. Diese Fachbäume haben Falze, in welche die Bohlen eingreifen und welche mit eisernen Nägeln befestigt sind. Sämmtliche Fachbäume, also auch jene, welche die Längenspundwände überdecken, ruhen nicht allein auf Spundwänden, sondern liegen zugleich auf daneben eingerammten Pfählen, mit welchen sie mittels des Blattzapfens verbunden sind. An allen Stellen, wo zwei Spundwände zusammentreffen oder sich kreuzen, befindet sich ein stärkerer mit Nuthen versehener Pfahl, der Nuthpfahl genannt, Fig. 393 a, Taf. VI, in welchen die Spundwände eingreifen. Unter den Wendenischen, wo fünf Spundwände zusammentreffen, stehen sogar zwei solche Pfähle neben einander. Mit diesen Nuthpfählen wird die Fundirungsarbeit begonnen. Die Grundbalken unter den Häuptern sind ebenso wie unter der Kammer zugleich Zangen des Rostes und werden nicht nur auf die Rostschwellen, die sie treffen, sondern auch auf die Fachbäume der Längenspundwände aufgekämmt. In den Dreiecken zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken befinden sich keine Grundbalken; es werden hier nur die Belagsbohlen an den Falzen der Fachbäume und des

Binders befestigt, und die daselbst befindlichen Pfähle dienen zur Unterstützung der eben genannten Balken. Die Grundbalken unter den Häuptern liegen etwas näher aneinander, als in den Kammern.

Die Schlagschwellen oder die Drempel, woran sich die Thore lehnen, sind die wichtigsten Theile des Bodens der Häupter. Sie stützen sich zum Theil auf den Mittelbalken, der gleichfalls, jedoch in geringer Länge, den Anschlag, wogegen sich die geschlossenen Thore lehnen, wie Fig. 392 a und Fig. 394, Taf. VI, zeigt, bildet. Beide werden aus so hochkantigem Holze gemacht, dass nicht nur der Bohlenbelag des Thorkammerbodens in der Höhe der Grundbalken in sie eingefalzt wird, sondern dass sie ausserdem die ganze Höhe des Anschlages darstellen, welche gewöhnlich 9 Zoll beträgt. Gewöhnlich wählt man Eichenholz dazu. Sowohl der Mittelbalken, als die Schlagschwellen ruhen auf Spundwänden und werden ausserdem von dazwischen eingerammten Spitzpfählen unterstützt; ihre Verbindung mit den Spundwänden geschieht mittels Zapfen, die theils in der Höhe von 2 Zoll in der ganzen Länge der Spundwände eingreifen, theils aber in Abständen von 4 Fuss bis zur oberen Fläche der Fachbäume durchgreifen und, nachdem sie vorher gespalten worden, durch Keile auseinander getrieben werden. An die Fachbäume der Drempel schliessen sich sowohl in der Thorkammer, als am Hinterboden doppelte Bohlenbelage an, weshalb die Schlagschwellen, wie auch der Hauptbalken mit doppeltem Falze versehen sind, wie es die Fig. 394, Taf. VI, welche die Verbindung des Drempels im Grundrisse darstellt, zeigt. Die von den Spundwänden durchgreifenden Zapfen sind durch Schraffirung angedeutet. Die Pfanne, worin der untere Thorzapfen steht, ist in den Mittelbalken, welcher, wie schon erwähnt, auch einen Theil des Anschlages bildet, eingelassen, und die in Holland üblichen Pfannenträgen sind hier entbehrlich. Der Binder, auf den sich ebenfalls die Schlagschwellen stützen, setzt sich in der Höhe des Bohlenbelages der Thorkammer durch die ganze Länge derselben fort und ruht theils auf den Grundbalken, theils auf mehreren Pfählen, mit denen er mittels Bolzen und Blattzapfen verbunden ist.

Die Verbindung des Drempels muss möglichst fest sein, was durch sorgfältige Bearbeitung aller Theile und scharfes Aufpassen derselben erreicht wird. Die Zapfen der Spundwände, die Nuthen und die Zapfenlöcher werden gut getheert.

Der Boden jedes Hauptes wird unter dem Mittelbalken auf 7 Fuss Breite bis zu den äussersten Längenspundwänden ausgemauert; der übrige Theil des Rostes unter den Mauern wird aber nur mit Thon ausgeschlagen. Der Bohlenbelag ist gewöhnlich in der ganzen Ausdehnung der Häupter und so gelegt, dass die Bohlen der oberen Lage die Fugen der unteren decken; die Bohlen der unteren Lage sind gewöhnlich 3zöllig aus Kieferholz und die der oberen Lage 2zöllig aus Eichenholz. Die Bohlen jeder Lage sind gefalzt oder mit halber Spundung versehen.

Erhalten die Schleusenhäupter *massive Böden*, so ist die Fundirung derselben je nach Beschaffenheit des Baugrundes auch sehr verschieden.

In Norddeutschland ist es gewöhnlich, dass die massiven Schleusenböden eben so auf Pfahlrosten ruhen, wie die vorbeschriebenen hölzernen; auch wählt man für beide Constructions-Arten genau dieselbe Anordnung der Spundwände und legt eben so auch ganz gleich die Fachbäume. Die Fig. 395 a, b und c, Taf. VI, stellt das Oberhaupt der Brieskower Schleuse im Friedrich-Wilhelms-Kanal dar, die mehreren späteren Bauten als Muster diente. Man sieht hieraus, dass sechs Längen- und vier Querspundwände angebracht sind. Die ersteren schliessen nicht nur die Mauern von beiden Seiten ein, sondern sind auch an den äusseren Seiten doppelt, um ein Durchquellen des Wassers aus den Umläufen zu verhindern. Von den letzteren liegt eine vor dem Eingange der Schleuse, zwei befinden sich unter den Schlagschwellen und die vierte begrenzt den Abfallboden. Das Mauerwerk der Sohle ist 8 Fuss dick. Das Unterhaupt dieser Schleuse ist gleichfalls mit einem massiven Boden versehen, der jedoch in der Thorkammer nur 2 Fuss dick ist. Unter diesem befinden sich nur vier Längenspundwände, weil daselbst keine Umläufe vorhanden sind und die Schleuse durch Schützen-Oeffnungen entleert wird. Die Anzahl der Querspundwände ist dagegen eben so gross, wie die im Oberhaupte; die erste steht vor dem Thorkammerboden, zwei befinden sich unter dem Drempel und die vierte steht an dem unteren Eingange der Schleuse. Der Kammerboden derselben, genau so wie die Fig. 386, Taf. V, zeigt, ausgeführt, liegt um einen Fuss höher, als der Rost des Oberhauptes, und beide werden durch einen Fachbaum getrennt, dessen obere Fläche in gleicher Höhe mit dem Bohlenbelage des Kammerbodens sich befindet, damit die Wasseradern, welche zwischen der Mauer und dem Bohlenbelage des Rostes sich durchziehen, nicht unmittelbar in die Kammer treten können. In gleicher Weise trennt ein anderer Fachbaum den Boden der Schleusenkammer von dem Vorboden des Unterhauptes, dessen Rost um 3 Fuss tiefer liegt,

als der Boden der Kammer. Die Schlagschwellen werden durch grosse Werkstücke aus Granit gebildet, die einen horizontalen Bogen bilden, welchem die Seitenmauern als Widerlager dienen. Damit jeder einzelne Gewölbstein eine festere Lage erhält, endet er nicht beim Anschlage des Thores, sondern tritt in die Thorkammer ein und bildet dadurch einen Theil des Thorkammerbodens.

Bei den holländischen, französischen und englischen Schleusen, welche massive Böden haben und wegen ungenügender Festigkeit des Bodens auf Pfahlrosten stehen, ist die Anordnung viel einfacher. Es zieht sich oft der Rost ohne Unterbrechung in gleicher Höhe unter der ganzen Schleuse fort, besonders wenn auch die Kammer mit massiven Böden versehen ist, oder wenn der Oberboden ziemlich höher als der Kammerboden liegt. Der Rost unter den Häuptern ist häufig in grösserer Tiefe ausgeführt, als der der Schleusenkammer, und zwischen beiden befindet sich dann gewöhnlich eine Spundwand, während unter jedem Drempel eine solche in gerader Linie quer durch die Schleuse gezogen ist. Auch kommt es zuweilen vor, dass nur die Häupter auf Pfahlrosten fundirt sind, während die Schleusenkammern unmittelbar auf natürlichem Boden ruhen. Dies kann besonders in dem Falle stattfinden, wenn der Grund kiesig ist und ein Setzen nicht befürchten lässt.

Die theilweise Benützung eines Pfahlrostes kann aber sicherlich nie vortheilhaft sein, indem dadurch der Bau ungleichförmig unterstützt wird, was ungleiche Setzungen veranlasst. In Frankreich und England werden aber in den meisten Fällen, besonders wenn die Kanalschleusen kleiner sind, keine Pfahlroste angewendet. Ein Pfahlrost zur Fundirung von Schleusen dürfte überhaupt nur in sehr seltenen Fällen anzuwenden nothwendig sein, weil hier der Mangel an Tragfähigkeit des Bodens selten in Betracht kommt, indem die Schleuse in der Regel nicht schwerer ist, als der Boden, der bisher auf dem Untergrunde ruhte. Nur wo ein Setzen durch die Last der Schleuse zu besorgen ist, oder wenn durch starkes und anhaltendes Pumpen während des Baues die durchdringenden Quellen den Untergrund aufzulockern drohen, ist die Anbringung eines Pfahlrostes gerechtfertigt; im letzteren Falle ist die Fundirung auf Béton von besonderem Vortheil, weil der Zudrang des Wassers in die Baugrube vermindert wird, während er häufig durch das Einrammen von Pfählen zunimmt.

Die massiven Böden der Häupter werden meistens aus Bruchsteinen oder gut gebrannten Ziegeln ausgeführt; in den seltensten Fällen erhalten sie eine vollständige Ueberdeckung mit Werkstücken. Nur zu den Schlagschwellen, zu der Begrenzung des Bodens am Eingange der Schleuse, so wie in den vortretenden Kanten pflegt man Werkstücke zu verwenden. Die Steine, welche im Eingange der Schleuse den Boden begrenzen, werden oft so gelegt, dass sie einen scheitrechten horizontalen Bogen bilden, der das Ausstossen einzelner Steine verhindert.

Auch die steinernen Drempel sind in dieser Weise zusammengesetzt und für sie nimmt man die besten Werkstücke. Diese Werkstücke bilden nicht nur den Anschlag der Thore, sondern sie setzen sich in den Thorkammerboden fort. Die Anzahl der Steine ist eine möglichst geringe, um möglichst wenige Fugen zu bekommen, weil diese leicht undicht werden. Bei steinernen Drempeln ist der Schluss der Thore nie so dicht, wie bei hölzernen, und wenn ein harter Körper, z. B. ein Stück Kies, vor der Schwelle liegt und dieses einem starken Wasserdrucke ausgesetzt ist, so springt, besonders bei spröden Steinen, leicht die Kante der steinernen Schwelle aus und es entsteht ein Leck, der nur durch Einsetzung eines andern Drempelsteines beseitiget werden kann. Um diesem Uebelstande vorzubeugen und den Schluss der Thore eben so dicht zu machen, wie bei hölzernen Drempeln, pflegt man häufig, in England sogar gewöhnlich, den massiven Drempel mit hölzernen Schlagschwellen zu verkleiden, welche, sobald sie schadhaft werden, leicht durch neue ersetzt werden können. Sie sind manchmal etwas in die Steine versenkt, stossen aber in der Mitte stumpf zusammen und sind durch Schraubenbolzen, die in den Steinen vergossen sind, befestigt.

In den *Wänden der Häupter* befinden sich die Thornischen, die Wendenischen und die Dammfalze.

Hölzerne Wände sind nie wasserdicht, und ein starkes Durchquellen muss durch Fortsetzung der Spundwand nach beiden Seiten bis nahe zur Höhe des Terrains auf ähnliche Weise, wie bei den Wehren beschrieben worden, verhindert werden. Befürchtet man ein starkes Durchquellen, so wird zu beiden Seiten der verlängerten Spundwände, so wie auch hinter den Wänden des Hauptes ein Thonschlag hergestellt.

Die Figuren 396 a und b, Taf. VII, zeigen im Grundrisse und im Profile diese Anordnung. Der starke Stiel, welcher die Wendenische bildet, steht mit Zapfen in dem auf der Spundwand aufruhenden Fachbaume. Zur Unterstützung der Wendenische in der Längenrichtung der Schleuse sind Streben angebracht, die in eigene Schwellen versetzt sind. Um

den Druck des am Stiele hängenden, geöffneten Thores zu paralysiren, sind Erdanker angebracht. Damit die geöffneten Thore von den durchgehenden Schiffen nicht beschädigt werden können, werden die Thornischen durch besondere, vor die Wände gestellte und mittels Bolzen daran befestigte Stiele, wie die Figur im Grundrisse zeigt, begrenzt. Hiedurch wird beim Oberhaupte Gelegenheit geboten, eine Dammwand anzubringen, und in gleicher Weise kann auch im Hinterboden des Unterhauptes für einen Abschluss des Wassers gesorgt werden. Uebrigens bringt man auch bei hölzernen Schleusen vollständige Thornischen an.

Bei *massiven Seitenwänden* der Häupter gilt bezüglich der Brauchbarkeit der verschiedenen Materialien dasselbe, was bei Gelegenheit der Kammerwände hierüber gesagt wurde. Die Thornischen, die Dammfalze, die Ecken der Flügelmauern und besonders die Wendenischen sollen aus Werkstücken ausgeführt und die Kanten, so weit es geschehen kann, abgerundet werden. Der übrige Theil der Mauer kann aus Ziegeln oder Bruchsteinen bestehen.

Die Wendenische, d. i. der Theil der Mauer, wo sich ein wasserdichter Schluss darstellen soll, bildet eine cylindrische Fläche, die in eine sie berührende Ebene übergeht. Der Theil des Thores, der sich dagegen lehnt, hat auch eben diese Form, denn das Thor ist an der schmalen Seite als halber Cylinder abgerundet. Wird die Wendenische in Werkstücken ausgeführt, so pflegt man letztere vor dem Versetzen nur roh zu bearbeiten und später, nachdem dieser Theil der Mauer ganz beendigt ist, nach einer Chablone und dem Richtscheit sorgfältig auszuhauen. Sodann wird die Wendesäule des Thores in die Nische eingezapft und zuweilen auch ausgeschliffen, indem man eine, der Form der Wendesäule entsprechende, vertikale Säule in der Nische dreht und auf und ab bewegt, während man nassen Sand darauf schüttet. Um die Anzahl der Lagerfugen möglichst zu vermindern, verwendet man oft grosse, manchmal 5 bis 7 Fuss hohe Steinblöcke, welche gut in die Mauer eingreifen müssen und entweder durch eiserne Anker befestigt, oder mit einer Art von Nuthen Fig. 397, Taf. VII, versehen werden, in welche die Hintermauerung eingreift. In vielen Fällen werden auch beide Vorsichtsmassregeln zugleich angewendet. Nur in Ermangelung von guten Hausteinen kann man die Wendenischen aus Ziegeln ausführen. Damit man, um die Form der Wendenische zu erhalten, die feste Oberfläche, die Brandkruste der Ziegel nicht abzuschlagen braucht, ist es gut, eigene Formziegel zu verwenden. Ein Ausschleifen der Wendenische ist jedoch hier immer nothwendig. Auch hat man versucht, die Wendenischen mit eisernen, rinnenförmig geschlossenen, ½ dicken Platten zu verkleiden, welche durch eiserne Schraubenbolzen gehalten werden.

Auch kann man die *Schleusen ganz aus Béton* herstellen, und die auf Taf. VIII in Fig. 404 a, b, c, d, e, f und g*) dargestellte, in den Jahren 1855 und 1856 von Mihalik erbaute *Franz-Joseph-Schifffahrts-Schleuse,* welche den schon erwähnten *Franzens-Kanal* mit der Donau verbindet, ist eine solche ganz aus Béton hergestellte Schleuse. Diese hat sammt ihrer Vormündung eine Länge von 250.3 Meter. Die Vormündung ist 79.6 Meter lang und besitzt eine Breite von 22.8 Meter; es können daher in dieser Mündung vier grosse Frachtschiffe zugleich anlegen. Die Schleuse selbst hat eine Länge von 113.8 Meter und eine Breite von 9.5 Meter innerer Lichte, so dass sie von den grössten Donau-Frachtschiffen, die bis 10,000 Cent. Ladung erhalten, befahren werden kann. Die Mauern C der Schleuse, Widerkehren genannt, verbinden diese mit dem Schiffstande, und jede ist sammt dem Aussteige-Banket 59.6 Meter lang. Diese Schleuse hat fünf Stemmthore, von welchen die zwei Donauthore zu jener Zeit geschlossen werden, wenn die Donau höher ist, als der Wasserspiegel des Schifffahrtkanales, und drei Kanalthore, von welchen je zwei dann geschlossen werden, wenn der Kanalwasserspiegel höher, als jener der Donau ist. Durch diese Einrichtung ergaben sich drei Schiffskammern, von welchen die eine für die kleinsten Schiffe 29.9 Meter, die zweite für grössere Schiffe 40.6 Meter und endlich die dritte für die grössten Schiffe 70.5 Meter Länge erhielt. Hiedurch wird, abgesehen davon, dass man beim Durchschleusen an Zeit gewinnt, dem Kanale auch eine bedeutende Wassermenge erspart. Da die fünf Drempel dieser Schleuse 1.9 Meter unter dem kleinsten Wasserstande der Donau gelegt wurden, so ist auch bei dem kleinsten Wasserstande den grössten beladenen Frachtschiffen die Möglichkeit des Durchschleusens geboten. Der ganze Bau wurde ohne vorherige wasserdichte Einschliessung, grösstentheils unter Wasser, aus beiläufig 18954 Kubikmeter Bétonmasse hergestellt und bildet ein Becken, dessen Boden und Wände aus einem einzigen Stücke bestehen. Die ganze Höhe der Bétonmauern beträgt 11.0 Meter, wovon der vorwiegend grössere Theil derselben bis in einer Tiefe von 7.3 Meter unter dem Wasser gegossen und der übrige 3.8 Meter hohe Theil ausser Wasser hergestellt wurde.

---

*) Mihalik, Béton-Bau.

Bei ganz aus Béton hergestellten Schleusen werden die Mauern, nachdem sie getrocknet, rein abgemeiselt; auf die so erzeugte Fläche werden sodann die Thorkammern, die Wendenischen, so wie die Falze für die Dammbalken genau aufgerissen und ebenfalls ausgemeiselt. Es versteht sich wohl von selbst, dass in den Häuptern die den Drempeln als Stütze dienenden Theile, d. h. die Hinterböden, um 0.3 Meter höher als der übrige Theil der Schleuse bétonirt werden müssen, welche gleichfalls entsprechend abzumeiseln sind. Die Befestigung der hölzernen Schwellen an den Drempeln geschieht durch eiserne Bolzen, welche in 0.7 bis 1.0 Meter tief ausgearbeitete Löcher, die man sodann wieder mit Béton ausgiesst, versetzt werden. In ähnlicher Weise werden die Bestandtheile zum Festhalten der Thore befestigt.

In neuerer Zeit sind in einzelnen, jedoch wenigen Fällen *eiserne Schleusen* zur Anwendung gekommen. Telford hat auf dem Ellesmere-Kanal in der Nähe von Breston Castle einige eiserne Schleusen erbaut, die allerdings kostspielig waren, aber sich vollständig bewähren sollen. Jede dieser Schleusen ist 15 Fuss weit und 74 Fuss lang, die Höhe der Wände über dem Unterboden beträgt 15 und über dem Oberboden 6 Fuss. Das Grundwerk Fig. 398, Taf. VII, besteht aus einem leichten Roste und jeder Grundbalken wird nur von zwei Pfählen unter den Seitenwänden getragen. Diese Grundbalken sind 15 Fuss von einander entfernt. Die gusseisernen, mit Verstärkungsrippen versehenen Bodenplatten reichen von einer Seitenwand bis zur andern und sind 5 Fuss breit; die Seitenplatten dagegen, deren drei übereinander stehen, sind 15 Fuss lang und so gestellt, dass die Stossfugen nicht übereinander treffen, und werden, wie die Figur zeigt, verankert. In den Häuptern setzt sich dieselbe Anordnung fort; die Thornischen, so wie die Wendenischen und selbst die Dammfalze sind durch Kröpfung und Krümmung der Seitenplatten ohne Aenderung des Verbandes derselben hergestellt. Der Abfallboden besteht aus einer gusseisernen Platte, und die Drempel bezeichnen jedesmal zwei vorstehende Rippen, zwischen welchen die hölzernen Schlagschwellen eingelassen sind. In gleicher Weise befindet sich zwischen den im Oberhaupte angebrachten Dammfalzen ein hölzerner Balken, der zwischen zwei Rippen liegt, und unter den Dammfalzen steht die einzige in der ganzen Schleuse befindliche Spundwand. Damit die von unten in die Schleuse einfahrenden Schiffe nicht gegen die gusseiserne Platte des Abfallbodens stossen können, ist dieser mit doppelten Bohlen verkleidet.

Obwohl von den Vorrichtungen zum Füllen und Ablassen des Wassers aus den Schleusenkammern später erst die Rede sein wird, so muss man doch hier der *Umläufe*, welche Theile der Wände der Schleusenhäupter sind, erwähnen. Es sind dies Seitenkanäle, wodurch die Schleusenkammern sowohl mit dem Oberwasser, als auch mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt werden können. Bei den meisten Schleusen fehlen sie aber ganz, indem Schützenöffnungen in den Thoren selbst ihre Stelle vertreten. Die oberen Mündungen der Umläufe liegen in den Thorkammern, und zwar in den Thornischen; ihre unteren dagegen entweder im vorderen Theile der Schleusenkammerwände, oder im Abfallboden, oder in den Flügelmauern des Unterhauptes. Die Sohle eines jeden Umlaufes bei seiner Mündung befindet sich in gleicher Höhe mit dem vorliegenden Theile des Schleusenbodens. Der Umlauf des Oberhauptes erhält demnach das ganze Schleusengefälle, und die Füllung der Kammer geschieht sonach viel schneller, als wenn bei hoher Lage des Oberdrempels nur ein Theil der Niveau-Differenz als Druckhöhe wirksam wäre.

Bei Anbringung der Umläufe braucht man die Thore durch Schützen-Oeffnungen nicht zu schwächen und es wird verhindert, dass das in die Kammer tretende Oberwasser nicht in die darin liegenden Schiffe fliesst, welches, wenn es vom hohen Abfallsboden herabstürzt, leicht geschehen kann. Obwohl diese Gründe für die Anbringung der Umläufe in den Unterhäuptern nicht sprechen, so findet man sie dennoch häufig auch in diesen, weil sie, besonders wenn man cylindrische Röhren benützt, viel bequemer als die Schützen zu handhaben sind.

Namentlich bei grösseren Schleusen gibt man den Umläufen gerne solche Dimensionen, dass bei vorkommenden Reparaturen, oder wenn Reinigungen derselben nothwendig sein sollten, Arbeiter hineingehen können. So hat die in Fig. 395 a, b, c und d, Taf. VI, dargestellte Brieskower Schleuse Umläufe von 3 Fuss Weite und 4½ Fuss Höhe. Sie bilden überwölbte Kanäle, welche ganz in der Mauer liegen und sich zu beiden Seiten um den Oberdrempel bis zur Schleusenkammer erstrecken. Jeder Umlauf ist hier, wie auch in den meisten Fällen, durch zwei solche horizontale gekrümmte Kanäle gebildet, die durch einen vertikalen Schacht mit einander verbunden sind. Die Schütze, welche den Umlauf schliesst, befindet sich entweder in dem erwähnten Schachte, oder, was vortheilhafter ist, man stellt sie in die Thornische, d. i. in die obere Mündung des Umlaufes, weil sie hier besser beobachtet und in allen ihren Theilen leichter hergestellt und reparirt werden kann.

Bei der vorbenannten Schleuse befindet sich in dem erwähnten Schachte eine verengte Stelle, worin ein gusseiserner Rahmen befestigt ist, der eine quadratische Oeffnung von 2 Fuss Weite hat. Die obere Fläche des Rahmens ist abgeschliffen, und darauf liegt eine gleichfalls abgeschliffene Platte, die um eine horizontale Achse Fig. 395 d, Taf. VI, gedreht und mittelst einer darüber gestellten Winde gehoben werden kann. Wird hingegen das Gefälle der Umläufe auf ihre ganze Länge vertheilt, so wird dadurch ihre Ausführung wegen der Krümmung in der horizontalen Projektion zwar erschwert, aber man vermeidet den vertikalen Wassersturz.

Die Umläufe sind oft in der Art angeordnet, wie es die Fig. 399 a, b und c, Taf. VII, zeigen. Von den Thornischen des Oberhauptes gehen sie aus, senken sich sogleich, ohne die Längenrichtung der Schleuse zu verfolgen, und treten unter den Thorkammerboden, wo sie ihre Richtung verändern und am Fusse des Abfallbodens in die Schleusenkammer münden. Diese Einrichtung wurde auch bei den erwähnten eisernen Schleusen am Ellesmere-Kanal Fig. 398, Taf. VII, gewählt, wo die Umläufe aus gusseisernen Röhren bestehen, die in die Schleusenkammer treten. Auch bei massiven Schleusen kann man gusseiserne Röhren zur Herstellung der Umläufe verwenden. Die Abschliessung in diesen Fällen geschieht durch ein Kegelventil, das mittelst einer Schraubenwinde gehoben und gesenkt werden kann.

Die Schleusenthore.

§. 14.

Bei sehr kleinen Schleusen kommen häufig einfache Thore vor; diese überspannen die ganze Oeffnung und lehnen sich gegen eine einzige gerade Schlagschwelle. Gewöhnlich jedoch wird das Schleusenhaupt durch zwei Thore geschlossen, welche einander gegenüber stehen, im geschlossenen Zustande sich unter einem stumpfen Winkel berühren und sich gegen einander stemmen. Es sind dies die schon erwähnten Stemmthore. Auch findet man, jedoch sehr selten, Schleusenthore, welche sich um eine horizontale Achse drehen und beim Oeffnen auf dem Thorkammerboden umgelegt werden.

Die Thore sind gewöhnlich aus *Holz* angefertigt; weil aber dieses bald zu Grunde geht, konstruirt man mehrfach Thore aus *Gusseisen* und auch aus *gewalztem Eisen.*

Die Fig. 400 a, b und c, Taf. VII, zeigen die Construction eines *hölzernen Schleusenthores.* a, b ist die *Wendesäule;* sie bildet die Drehungsachse des Thores und steht in der Wendenische. c, d ist die *Schlagsäule*, sie begrenzt auf der entgegengesetzten Seite der Wendesäule das Thor; beide Schlagschwellen müssen, wenn die Thore geschlossen sind, sich scharf berühren und einen wasserdichten Schluss bilden. Der Schwellrahmen oder die Unterschwelle begrenzt das Thor zu unterst, lehnt sich, sobald das Thor geschlossen ist, unmittelbar gegen die Schlagschwellen und muss mit diesen auch wasserdicht schliessen. Die obere Begrenzung des Thores bildet die Oberschwelle oder den oberen Rahmen. Diese vier benannten Theile bilden die Umrahmung des Thores. r, r sind die Thorriegel; sie liegen zwichen der oberen und der unteren Schwelle und sind mit diesen parallel. Sind die Thore geschlossen, so werden die Wendesäulen in die Wendenischen und die Schlagsäulen aneinander festgedrückt, und erhalten auf diese Weise ihre Stützung. Die horizontalen Verbandstücke, d. h. die Riegel, welche wieder ihre Stützung an den vorbenannten Säulen finden, müssen demnach den ganzen Druck aushalten und geben dem Thore die nöthige Festigkeit. e, f ist die *Strebe*, sie wird gewöhnlich blos in den Fuss der Wendesäule und in die Oberschwelle versetzt, fällt in diesem Falle nicht in eine und dieselbe Ebene mit den Riegeln, mit welchen sie blos überkämmt wird, und da sie selbst einen Theil der Thorverkleidung bildet, so steht sie vor der letzteren, und zwar an der dem Unterwasser zugekehrten Seite, um einige Zolle vor. Man pflegt auch die Streben dadurch zu verstärken, dass man, wie die Figur zeigt, auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite zwischen je zwei Riegel noch kurze Verbandstücke versatzt und dieselben mit den Streben verbindet. Hierbei werden die Riegel nur so weit geschwächt, als jede kurze Strebe mit ihrer Versatzung an beiden Seiten in die Riegel eingelassen wird. Die Strebe dient, um das Sacken des Thores zu verhindern, und bei sehr breiten Thoren werden oft zwei, auch drei parallele Streben angebracht, von denen die obere von der Mitte der Wendesäule nach der Mitte der Oberschwelle reicht. Der Fuss der Strebe ist jedenfalls mit dem Fusse der Wendesäule zu verbinden, ihren Kopf stützt man aber besser gegen die Oberschwelle, als gegen die Schlagsäule, weil letztere sich leichter von der Wendesäule etwas entfernen kann, als erstere. Je steiler die Strebe angebracht wird, desto wirksamer ist sie. Wird aber dem Sacken auf andere Weisen, die später besprochen werden, begegnet, so fehlen sie gänzlich. Die Mittelstiele m dienen zur Einfassung der Schützenöffnung; es ist zweckmässig, sie nur so weit, als es nothwendig ist,

und nicht bis zur Oberschwelle hinauf reichen zu lassen, da sie nichts zur Verstärkung der Thore beitragen, sondern letztere nur unnöthig belasten und schwächen, weil die Riegel mit ihnen durch Ueberplattungen verbunden werden müssten.

Dieses ganze beschriebene Gerippe des Thores ist mit einer wasserdichten Bohlenverkleidung versehen, deren Bohlen parallel mit der Strebe laufen. Die Bohlen bestehen aus Eichenholz und haben an den Stossfugen eine halbe Spundung oder eine Federung. Manche Thore haben einen doppelten, aus schwächeren (1¼ und 1½ Zoll starken) Bohlen bestehenden Belag, zwischen welchen Lagen man zuweilen auch Fliesspapier ausbreitet, um den Zwischenraum vollständiger auszufüllen und das Durchquellen des Wassers zu erschweren.

Kleine *Laufbrücken* müssen angebracht werden, um zu den Aufzugsvorrichtungen der Schütze zu gelangen. Diese Laufbrücken liegen entweder auf den Schleusenmauern, oder sie sind an den Thorflügeln angebracht und bewegen sich mit denselben. Bei unbedeutenderen Schleusen vertreten oft einfache Trittbretter die Stelle dieser Brücken.

Gewöhnlich sind die Thore in ihrem untersten Felde mit Schützenöffnungen versehen; sind jedoch Umläufe vorhanden, so versteht es sich von selbst, dass Schützen entbehrlich werden.

Die Zusammensetzung und die Dimensionen der vorbenannten Verbandstücke eines hölzernen Thores für eine Kanalschleuse zeigen genau die vorbenannten Figuren und es ist daher jede weitere Beschreibung darüber unnöthig.

Um den hölzernen Thoren eine möglichst lange Dauer zu sichern, muss man nicht nur gesunde und recht geradefaserige Holzstücke, sondern diese auch aus Holzarten wählen, die besonders fest sind und beim Wechsel der Nässe und Trockenheit am wenigsten leiden. Die Anwendung des Eichenholzes ist daher ziemlich allgemein und nur, wenn dieses fehlt, könnte Lärchen- und Kiefernholz auch verwendet werden. Gut ist es, damit sich das Holz nicht werfe und nicht verziehe, zu Schleusenthoren, wenn auch nicht ganz nasses, doch wenigstens nicht ganz trockenes Holz zu verwenden. Eine Hauptregel bleibt es aber bei der Herstellung eines hölzernen Thores immer, dass alle Verbandstücke mit grosser Sorgfalt bearbeitet und die Zapfen, Zapfenlöcher, Versatzungen scharf schliessend zugeschnitten und ausgestossen werden müssen. Alle sich berührenden Holzflächen, selbst die des Bohlenbelages, pflegt man unmittelbar vor der Zusammenstellung mit heissem Theer zu überstreichen.

Jedes Schleusenthor erleidet, wenn es geschlossen und der Wasserstand zu beiden Seiten verschieden ist, in jedem Theile seiner Fläche unter dem Oberwasser einen normal gegen die Fläche gerichteten Druck. Von dem Spiegel des Oberwassers bis zu dem des Unterwassers wächst dieser Druck mit der Höhe des ersteren, bis er zuletzt der ganzen Niveau-Differenz entspricht, welche Grösse der Druck in dem übrigen Theile des Thores, der unter dem Spiegel des Unterwassers sich befindet, beibehält. Die Stärke dieses Druckes lässt sich leicht berechnen. Die vertikalen Ränder eines Thores finden theils in den Wendenischen, theils in der Stemmung mit dem anderen Thore ihre Unterstützung, während der obere Rand des Thores nicht unmittelbar gestützt werden kann; es ergibt sich hieraus, dass vorzugsweise horizontale Verbandstücke, d. h. die Riegel, dem Thore die nöthige Festigkeit geben müssen. Die Anwendung von vertikalen Verbandstücken ist demnach ganz unpassend, obwohl sie bei Schleusenthoren in Deutschland oft vorkommen. In England, Holland und Frankreich findet man sie niemals, und die bei diesen Schleusen vorkommenden Mittelstiele dienen nur zur Einfassung der Schützenöffnungen, und ihre Höhe beschränkt sich jedesmal auf den Abstand des einen Riegels von dem nächsten. Der Druck, den das Wasser auf das Thor ausübt, ist in den verschiedenen Höhen eines Thores verschieden, und demnach rechtfertigt sich das Verfahren, die oberen Riegel in etwas weiteren Abständen von einander anzubringen, als die unteren. Da zwischen dem niedersten Unterwasser und der Schlagschwelle der Druck gegen das Thor an allen Stellen derselbe ist, so können die Riegel hier auch gleich weit von einander entfernt sein, d. h. sie behalten die Entfernung bei, in welcher die nach und nach näher gestellten Riegel in der Höhe des niedersten Unterwassers angebracht sind. Die Riegel müssen, um den grösstmöglichsten Widerstand zu bieten, gegen die Richtung des Druckes hochkantig, d. i. mit der breiten Seite horizontal gelegt werden. Die Entfernung der Riegel von einander hängt auch von der Stärke der darüber genagelten Bohlen ab, denn sie müssen so nahe aneinander liegen, dass letztere nicht brechen. Es ist demnach nicht zulässig, ungewöhnlich sarke Hölzer zu Riegeln zu verwenden, um die Anzahl derselben möglichst zu vermindern.

Wenn heide Thore durch den Wasserdruck sich aneinander stemmen, so ist der Druck auf die Riegel

sehr bedeutend, und zwar um so stärker, je stumpfer der Winkel ist, den die beiden Schlagschwellen einschliessen. Dieser Winkel variirt zwischen 143 ° 8′ bis 148 ° 6′, gewöhnlich ist er 144 ° 44′, was ein Verhältniss der Höhe des Drempeldreiecks zur Schleusenbreite von 1 : 6 gibt. Belidor nimmt dieses Verhältniss mit 1 : 5, Silberschlag, Perronet und Woltman mit 1 : 6, hingegen Minard mit 1 : 7 an. Ist nun dieses Verhältniss gegeben, so lässt sich der Druck auf das Thor, so wie auf jeden Theil desselben leicht ermitteln und hiernach die Stärke der Querriegel berechnen. Aus dieser Berechnung wird man ersehen, dass die Wendesäule, auf welche der Druck der Riegel sich zunächst überträgt, eine Durchbiegung annehmen müsste, wenn sie sich nicht unmittelbar an die Wendenische lehnen würde.

Die Thore müssen, um sie öffnen und schliessen zu können, leicht und sicher um die Wendesäule, welche ihre Drehungsachse ist, gedreht werden können. Zur Befestigung der Schleusenthore dienen die Pfannen und Halsbänder mit den zugehörigen Zapfen.

Der untere Zapfen, welcher das ganze Thor trägt, befindet sich am besten lothrecht unter der Wendesäule. Derselbe ist entweder an der Wendesäule fest und steht in einer auf dem Thorkammerboden befestigten Pfanne, oder das untere Ende der Wendesäule bildet die Pfanne und ruht auf einem festen Zapfen. Obwohl die erste Anordnung in manchen Ländern noch immer gebräuchlich ist, so hält man sie doch im Allgemeinen weniger zweckmässig, als die letztere, weil sich leicht Sand in die Pfanne setzt, wodurch die Bewegung erschwert und die Pfanne wie der Zapfen leicht beschädigt werden könnten.

Wichtig ist es, dass Pfanne und Zapfen aus demselben Metall bestehen, weil sonst in Folge der Erregung der galvanischen Electricität das umgebende Wasser zersetzt wird und dasjenige Metall, welches in dieser Verbindung das positive ist, stark zu rosten anfängt. Gewöhnlich sind die Zapfen und die Pfannen von Gusseisen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dieses Metall hiezu in jeder Beziehung zweckmässig ist, denn man bemerkt hieran selbst nach längerem Gebrauche keine Abnützung, es nehmen vielmehr die sich berührenden Flächen bald eine sehr feine Politur an, wodurch die Bewegung erleichtert wird. In den niederländischen Schleusen besteht sowohl der Zapfen, wie die Pfanne, aus Glockenmetall, und letztere ist in einem der bereits erwähnten hölzernen Pfannenträger, oder bei massivem Boden in ein Werkstück versetzt und berührt demnach kei anderes Metall.

Weder die Pfanne, noch der Zapfen dürfen für sich eine Drehung annehmen, müssen daher möglichst fest sitzen; die erstere in der Wendesäule, der letztere auf dem Boden. Zweckmässig ist es, einen vollständig metallenen Schuh mit aufwärts gekehrtem Rande als Pfanne anzuwenden, worin die ganze Wendesäule steht, weil der Druck gegen die ganze Stirnfläche derselben gleichmässig vertheilt und eine schiefe Stellung der Pfanne oder des Zapfens bei sorgfältiger Bearbeitung der Säule nicht möglich ist. Die Fig. 402 a, b und c, Taf. VII, stellt diese Construction, wie sie bei den niederländischen Schleusen üblich ist, dar. Der Zapfen hat mit der Säule und dem Schuhe gleichen Durchmesser, und beide bestehen aus Glockenmetall. Dringt der Zapfen tief in die Pfanne ein, so ist ein starkes Klemmen nicht zu vermeiden, deshalb macht man, wenn der Zapfen etwas mehr in die Pfanne eindringt, den lichten Durchmesser der letzteren um eine Linie grösser, als den des Zapfens. Mehr als zwei Dritttheile seines Durchmessers soll der Zapfen nie in die Pfanne eingreifen.

Fig. 403 a und b, Taf. VII, zeigt einen gusseisernen Schuh der Wendesäule, in welchem die Pfanne sich befindet; er umfasst nicht nur den cylindrischen, sondern auch den rechtwinkligen Theil der Wendesäule. Ueber der nach einer Halbkugel ausgedrehten Pfanne befindet sich eine Verstärkung in der Bodenplatte, die sich als niederer Cylinder in das Innere des Schuhes erhebt. An zwei gegenüberstehenden Stellen tritt der Rand des Schuhes höher hinauf und ist daselbst mit Löchern versehen, durch welche Schraubenbolzen den Schuh mit der Säule verbinden. Der gleichfalls kugelförmig an die Bodenplatte angegossene Zapfen ist nach einem etwas kleineren Halbmesser abgedreht, wodurch einiger Spielraum entsteht. Die Bodenplatte ist in den Stein eingelassen und mit Blei vergossen.

Vorerwähnte zwei Formen der Zapfen unterscheiden sich besonders darin von einander, dass die sich berührenden Kugelflächen im ersten Falle die convexen, im zweiten Falle dagegen die concaven Seiten gegen einander kehren; die letztere Anordnung gewährt den Vortheil, dass das Einsetzen des Thores wegen des Spielraumes zur Seite erleichtert wird, aber man darf annehmen, dass das Thor sich nicht so scharf einstellt, wie bei der ersten Anordnung.

Bei kleinen Kanalschleusen pflegt man zuweilen nur gusseiserne Platten, in denen eine mässige Höhlung zur Aufnahme des Zapfens sich befindet, gegen die Wendesäule zu nageln, wie es in Fig. 408, Taf. XI angedeutet ist. Weil der Zapfen in solchen Fällen

nur wenig eingreift, ist auch die Befestigung der Pfanne solid genug.

Die Pfannen müssen vor dem Einsetzen der Thore mit Schmiere versehen werden; man streicht sie zu diesem Zwecke mit Seife stark aus, die in gut schliessenden Pfannen sich sehr lange Zeit erhält, so dass bei der Reparatur alter Thore man oft noch die beim Einsetzen eingestrichene Seife vorfindet.

Mittelst des Halsbandes wird das Thor am oberen Theile der Wendesäule gehalten. Dasselbe muss so befestigt werden, dass es die Drehung des Thores von der Thornische bis an die Schlagschwelle gestattet; auch muss es fest verankert werden, um den verschiedenen horizontalen Spannungen und Rösten Widerstand leisten zu können. Es genügt nicht, das Halsband nur in einer Richtung zu verankern, vielmehr muss die Verankerung so angebracht sein, dass sie bei jeder Stellung des Thores wirksam ist, wozu mehr als ein, und zwar wenigstens zwei Anker erforderlich sind; in grossen Schleusen wird daher auch noch ein dritter Anker hinzugefügt. Der horizontale Druck, den das Thor gegen das Halsband ausübt, ist in jedem Falle leicht zu berechnen, indem man das ganze Thor als einen Hebel betrachtet, dessen Drehungsachse in der Pfanne liegt, in welcher der untere Zapfen eingreift. Bei grossen und schweren Thoren wird man diesen Druck sehr bedeutend finden, daher die Verankerung stets sorgfältige Ueberlegung erfordert.

Theils weil die Anker und Splinte beim Eintritte des horizontalen Druckes etwas nachgeben, theils wegen der Elasticität des Halsbandes wird dieses, mag es wie immer befestigt sein, ein geringes Verziehen erleiden. Wenn ferner die Achse in dem Halsbande sich ausschleift, so wird das Thor noch mehr nachgeben. Es ist demnach zweckmässig, das Halsband so einzurichten, dass es nach Bedürfniss später etwas schärfer angezogen werden kann.

Bei hölzernen Wendesäulen muss, um einer schnellen Abnützung vorzubeugen, der Hals derselben jedesmal überdeckt oder bekleidet werden. Bei grossen Thoren geschieht dies durch einen festgekeilten cylindrisch abgedrehten Ring. Bei kleineren genügt es, die vordere Hälfte des Halses mit einem halben Ringe oder mit einigen eisernen lothrechten Schienen zu bekleiden.

Im geschlossenen Zustande darf das Thor in keinem Falle einen Druck auf das Halsband üben, sondern muss sich scharf gegen die Wendenische lehnen.

Schon Perronet hatte beim Bau der Schleusen des Kanales von Bourgogne die Bedingung aufgestellt, dass die Mittellinien der Thore, sobald diese geschlossen, die Wendenischen berühren müssen. Bei den englischen Schleusen wird diese Regel auch stets beobachtet; das Halsband umfasst daselbst den Hals der Wendesäule nur auf der vorderen Seite. Der Grund, weshalb diese Regel nicht immer befolgt wird, ist darin zu suchen, dass man die Reibung zwischen der Wendesäule und der Wendenische vermeiden wollte. Hagen sagt: es ist aber nicht anzunehmen, dass diese Reibung bedeutend ist, da bei der gewöhnlichen Einrichtung der Zapfen, Pfannen und Halsbänder die Thore nicht um eine ganz genau schliessende Achse sich drehen, vielmehr sich bald der Zapfen, wie auch die Halsbänder etwas ausschleifen und die Thore daher nicht mehr scharf an die Wendenische anliegen, sobald der Wasserdruck aufhört. Bilden sonach, wie es in Holland und England üblich, die Wendesäulen und die Wendenischen übereinstimmende cylindrische Flächen, so tritt der scharfe Schluss nur dann ein, wenn der Wasserdruck wirksam ist, er fehlt während der Drehung des Thores und die Reibung ist natürlich während dieser Zeit nicht bedeutend. Man kann aber diese Reibung für den grössten Theil des Weges, den das Thor bei der Drehung beschreibt, noch dadurch vermindern, dass man die Drehungsachse etwas seitwärts von der Achse des Cylinders anbringt. Das Verfahren besteht in Folgendem: Man zeichne das Thor sowohl während der geschlossenen, als während der geöffneten Stellung, wie es Fig. 414, Taf. XI, A und B zeigt. In der Stellung B steht es parallel zur Achse der Schleuse, und es ist dabei in dieser Richtung so weit zurückgezogen, als man es zur Verhinderung jener Reibung von der Wendenische entfernen will. Der Mittelpunkt der cylindrischen Fläche der Wendesäule ist dabei von D nach D′ gerückt, die Entfernung beider stimmt mit jenem willkürlich gewählten Abstande überein. Damit der Mittelpunkt bei der Drehung des Thores diesen Weg beschreibe, muss die Drehungsachse offenbar in der Senkrechten G H liegen, die man in der Mitte der Punkte D und D′ auf deren Verbindungslinie errichtet. Nur in diesem Falle sind die Abstände dieser Punkte vom Drehungspunkte einander gleich. Ausserdem müssen aber auch die aus D und D′ nach diesen Drehungspunkten gezogenen Linien, also C D und C D′, einen Winkel bilden, welcher dem Drehungswinkel des Thores gleich ist, weil bei der ganzen Drehung des Thores der Punkt D nach D′ kommen soll. Um diese letzte Bedingung zu erfüllen, ziehe man die Mittellinie A K und B D des Thores. Der Winkel B D K ist das

Complement des Drehungswinkels, und halbirt man denselben durch die Linie D E, so wird C die gesuchte Drehungsachse bezeichnen. Jeder der beiden Winkel bei D und D′ in dem kleinen Dreiecke ist nämlich nach der Construction gleich der Hälfte des Complements des Drehungswinkels; der Winkel D C D′ stimmt also mit diesem Drehungwinkel überein. Gewöhnlich beschränkt man den Abstand des geöffneten Thores von der Wendenische auf $0._{015}$ Meter.

Das Halsband muss so eingerichtet sein, dass es bei vorkommenden Reparaturen das Ausheben des Thores leicht gestattet, weil dieses am häufigsten reparirt werden muss. Bei uns hängt man ein Thor in folgender Weise aus: Man lässt es, nachdem das Halsband geöffnet worden, auf den Fuss der Schlagsäule herabsinken, sodann wird der Zapfen aus der Pfanne gehoben und so weit seitwärts bewegt, bis das Thor vom festen Theile des Halsbandes frei wird, worauf es erst durch die Winden vertikal gehoben werden kann. In England und den Niederlanden dagegen, wo das Halsband so weit wie der Cylinder der ganzen Wendesäule ist, wird das Thor, während es noch vollständig in der Schleuse befestigt ist, an die Winden gehängt, diese werden so weit angezogen, dass sie dasselbe tragen, sodann wird erst das Halsband gelöst und das Thor ausgehoben, d. h. das Thor wird in vertikaler Stellung aus den Pfannen gehoben, während bei uns dieses in überhängter Stellung geschieht.

Fig. 409, Taf. X, zeigt ein Halsband, das nur einen halben Ring bildet, der mit den Ankern verbunden ist. Die Befestigung ist durch Charniere bewerkstelligt. In dieser Figur bemerkt man auch einen in den Hals der Wendesäule eingelassenen halben Ring, der das Holz gegen Beschädigungen durch das Halsband schützt.

Gewöhnlich besteht das um die Wendesäule greifende Halsband aus einem vollen Ringe, der aus zwei Hälften zusammengesetzt ist. Zur Verbindung der letzteren dienen zwei diametral gegenüberliegende Charniere, von denen das eine durch einen losen Bolzen geschlossen wird. Die Halsbänder dieser Art sind bei kleineren Kanalschleusen ¾ bis 1 Zoll stark und 3 bis 4 Zoll hoch, bei grossen Schleusen dagegen sind sie bis 3 Zoll dick und haben eine Höhe bis 10 Zoll. Die Anker, welcke meistens auch aus Schmiedeisen bestehen, sind bei kleineren Thoren 1½ bis 2½ Zoll hoch und breit, bei grösseren dagegen 4 bis 5 Zoll. Ihre Länge beträgt im ersten Falle 4 bis 6 Fuss, im letzten dagegen bis 20 Fuss. Zur Befestigung der Anker in der Mauer dienen vertikale Splinte (Dorne oder Vorschübe), die durch die Augen des Ankers, welche an verstärkten Stellen desselben angebracht sind, hindurchgreifen und eingemauert werden. Zuweilen werden die Anker selbst übermauert, gewöhnlich sind sie nur mit dünnen Steinplatten überdeckt; die Splinte reichen in solchen Fällen nur abwärts in die Mauer und treten über die Anker nur wenig oder gar nicht vor. Bei kleineren Thoren genügt für jeden Anker ein Splint, bei grösseren müssen jedoch zwei und bei ganz grossen Thoren auch drei derselben für jeden Anker vorhanden sein.

Fig. 410 a und b, Taf. X, zeigt ein solches Halsband nebst der zugehörigen Verankerung. Dasselbe ist mit drei Armen versehen, die an den hinteren Theil des Halsbandes angeschmiedet sind und von eben so vielen Ankern umfasst werden. Die Verbindung ist mittelst Zahnschnitten hergestellt. Diese Anordnung gewährt den Vortheil, dass das Halsband nicht nur sicher gehalten wird, sondern dass man auch, nachdem die Anker vollständig befestigt sind, noch das Halsband in seinen Armen einrichten kann, indem die Zahnschnitte einigen Spielraum lassen, während sich dies, wenn es mit den Ankern aus einem Stücke, wie es bei kleinen Schleusenthoren oft der Fall ist, gemacht werden soll, sehr schwer und unsicher wegen der vielen Schweifungen herstellen lässt.

Fig. 411, Taf. X, zeigt ein Halsband für kleinere Schleusenthore. Dieses hat einen kurzen, aber recht starken Arm und an diesen sind nach beiden Seiten auslaufende Anker mit Schraubenbolzen befestigt.

In England sind gewöhnlich die Halsbänder aus Schmiedeisen, die Anker aber jedesmal aus Gusseisen. Sie bilden bald eine einfache Platte, bald zwei, auch wohl drei Arme, die dann mehrfach unter sich verbunden sind, so dass man den Anker als eine Platte mit mehreren Oeffnungen ansehen kann. Bei grossen Schleusen sind besondere Bolzen in die Steine eingesetzt und darin vergossen, welche mittelst Schrauben auf den Ankern festgehalten sind. Im Allgemeinen greifen die Anker nicht so tief, wie bei den vorigen Constructionen angegeben, in das Mauerwerk. Das Halsband umfasst den Hals der Wendesäule nur auf der vorderen Seite, die rückwärtige Hälfte des Halsbandes fehlt ganz. Fig. 412 a und b, Taf. X, zeigen das Halsband nebst Anker einer kleinen englischen Kanalschleuse, und Fig. 413 zeigen die Anker in den Schleusen des Bolton-Kanales.

Um das Sacken der Thore zu verhindern, pflegt man öfter ausser den schon erwähnten Streben noch *eiserne Zugbänder* in entgegengesetzter Richtung der

Strebe so anzubringen, wie es aus dem in der Fig. 401 a, b und c, Taf. VII, dargestellten Thore der Hafenschleuse zu Mannheim zu ersehen ist. Sie verbinden die Unterschwelle des Thores an ihrem äusseren Ende mit dem Kopfe der Wendesäule und sind gewöhnlich auch an die Thorriegel befestigt. Oft sind dabei Vorkehrungen (Schrauben oder Keile), wodurch die Zugbänder verkürzt, d. i. besser angezogen werden können, wie es aus der Fig. 407, Taf. X, zu ersehen ist. Vortheilhafter ist es, jedes Zugband aus zwei einander zugekehrten Theilen bestehen zu lassen, die ein Schloss, in welchem entgegengesetzt eingeschnittene Schraubenmuttern sich befinden, verbindet. Das Schloss wird durch einen Hebel gedreht, wodurch man die beiden Theile der Zugstangen entweder sich nähern oder entfernen, d. h. die Zugstange entweder spannen oder nachlassen kann.

Ist das Zugband auf einer Seite des Thores befestigt, so wirkt es in Folge seiner starken Spannung auf das Drehen der Verbandstücke; dies ist die Veranlassung, dass man zuweilen das Zugband in der Mitte zwischen der vorderen und rückwärtigen Thorfläche einlegt, indem man sämmtliche Riegel durchbohrt. Das Einsetzen des Bandes wird aber dadurch sehr erschwert; es kann sich bei einem Setzen das Thor klemmen, biegen, ja auch brechen. Demnach ist es am besten, auf jede Seite des Thores ein besonderes Zugband zu legen und beide sowohl oben wie unten durch Bolzen mit einander zu verbinden.

Das Sacken der Thore wird auch dadurch verhindert, dass man die Oberschwelle desselben rückwärts über die Wendesäule verlängert und an ihrem Ende so stark belastet, dass sie dem Thore entweder vollständig oder doch wenigstens zum Theile das Gleichgewicht hält. Diese Verlängerung der Oberschwelle dient zugleich zum Drehen des Thores, weshalb man sie den Drehbaum nennt. Die Fig. 408 a und b, Taf. X, zeigt diese Anordnung. Dieselbe ist bei kleineren Thoren fast überall üblich und gewährt grosse Bequemlichkeit und Sicherheit. Häufig bringt man aber ausser dem Drehbaum auch eine Strebe im Thore an, wie es die Fig. 415, Taf. X, anzeigt. Hier trägt der Drehbaum selbst die Vorrichtung zum Oeffnen der Schütze. Hat das Thor 9 Fuss Breite und darüber, so wird das Gewicht desselben schon so gross, dass die Erlangung eines angemessenen Gegengewichtes sehr schwierig oder auch unmöglich ist, ohne den Hebel im Unterstützungspunkte der Gefahr des Durchbiegens oder des Brechens auszusetzen.

Bei grossen Schleusen wird das Versacken der Thore vorzugsweise durch Rollen oder Räder verhindert, Fig. 401 e, Taf. VII, auf welche die Thore sich in allen Stellungen stützen. Das Rad oder die Rolle rollt bei der Drehung des Thores auf einer in den Thorkammerboden versetzten Schiene fort. In England wird jedes grössere Schleusenthor in der Nähe der Schlagsäule von einer Rolle getragen, während man in Frankreich nur die Thore von Hafenschleusen in solcher Weise unterstützt. In den Niederlanden werden selbst die grössten Thore nur durch Streben abgestreift.

Wenn ein Thor nicht bewegt wird, so findet es allerdings eine sichere Unterstützung in der Rolle; bei seiner Bewegung aber darf man sich von letzterer nicht zu viel versprechen, da das Verhältniss zwischen dem Durchmesser der Rolle und dem ihrer Achse ein sehr ungünstiges ist, in Folge dessen die Achsenreibung sehr nachtheilig wirkt, sodann aber auch die Bewegung der Rolle durch Ablagerung von Schlamm und Sand erschwert wird. Dieser Widerstand muss beim Oeffnen und Schliessen der Thore überwunden werden, und man ist daher gezwungen, sobald die Unterstützung durch die Rolle gewählt wird, um ein Biegen der Thore zu vermeiden, eine Art des Oeffnens und Schliessens derselben einzuführen, wobei die Thore nicht am Kopfe der Schlagsäule, sondern unter Wasser und ziemlich nahe über der unteren Schwelle gefasst und gezogen werden.

Die Lager der Rolle werden möglichst nahe an der Schlagsäule, gewöhnlich unter der Unterschwelle befestigt. Die Anordnung hat aber den Nachtheil, dass der Durchmesser der Rolle 6, höchstens 9 Zoll betragen kann, und da ihre Achse stark genug sein muss, um das Gewicht des Thores zu tragen, so stellt sich das Verhältniss des Durchmessers der Rolle zu dem der Achse im günstigen Falle wie 3 : 1 heraus, was offenbar eine übermässige Achsenreibung verursacht. Besser ist es, wenn die Rolle zur Hälfte ihrer Höhe in die Unterschwelle eingelassen ist, wo sie alsdann einen Durchmesser von 10 bis 11 Zoll erhalten kann. Die Rolle besteht aus Gusseisen. Häufig sind die Achsen angegossen, manchmal sind sie aus Schmiedeisen oder Stahl verfertigt. Die Achsenlager bestehen aus Gusseisen und sind mit einer Sohlplatte verbunden, die durch Schraubenbolzen an die Unterschwelle befestigt wird.

Ist die Rolle unter der Unterschwelle des Schleusenthores befestigt, so muss dieses schon vor dem Aufstellen des Thores geschehen, denn später, ausser wenn die Thorkammer ganz trocken gelegt wurde, hätte man keine Gelegenheit, die Rolle etwas zu heben oder zu senken und sie dadurch schwächer oder stär-

ker durch das Thor zu belasten. Um nun auch dieses zu erreichen, legt man in neuerer Zeit die Rolle stets vor die dem Oberwasser zugekehrte Thorfläche, wodurch der Vortheil erlangt wird, dass der Durchmesser derselben auf 1 ½, ja selbst auf 2 Fuss vergrössert werden kann. Telfort soll zuerst diese Anordnung, und zwar bei den Schleusen des Kaledonischen Kanals, gewählt haben, und seitdem fand sie allerwärts bei grossen Schleusen vortheilhafte Anwendung. Um die Rolle heben und senken zu können, trägt dieselbe eine starke Eisenstange, welche durch mehrere Führungen bis gegen den zweiten Riegel heraufreicht und hier als Schraubenspindel bearbeitet ist. An dem zweiten und dritten Riegel ist ein gusseiserner Rahmen befestigt, der auf einer starken messingenen Schraubenmutter ruht, durch deren Umdrehung die Rolle in die passende Höhe gestellt werden kann.

In neuerer Zeit hat man zuweilen, jedoch nur bei grossen Schleusenthoren, ein anderes Mittel angewendet, um das Sacken zu verhindern. Es besteht darin, dass man das Thor nicht nur auf der Seite nach dem Oberwasser, sondern auch nach dem Unterwasser mit einer dichten Verkleidung versieht und dadurch im Innern des Thores einen wasserdicht abgeschlossenen Raum darstellt. Wird derselbe ausgepumpt, so vermindert sich das Gewicht des Thores, und bei hohem Wasserstande vor dem Thore kann das Gewicht leicht so weit vermindert werden, dass es dem Drucke gleichkommt, den das Wasser gegen die untere Fläche des Thores ausübt. Es ist jedoch nicht angemessen, auf diese Art das Gewicht des Thores so zu erleichtern, dass es vollständig schwimmt, weil es sodann das Halsband ausheben könnte. Jedenfalls wird durch diese Gewichtsverminderung des Thores die Bewegung erleichtert und dem Sacken vorgebeugt.

Die hier beschriebenen Vorrichtungen halten das Thor fortwährend und in gleicher Weise unterstützt, möge es offen oder geschlossen sein, oder gerade bewegt werden. In diesen verschiedenen Zuständen ist die Gefahr des Versackens aber keineswegs gleich gross, und man kann annehmen, dass derjenige Zustand in dieser Beziehung am gefährlichsten ist, in welchem das Thor die längste Zeit hindurch sich befindet. Ist das Thor geschlossen und zugleich einem merklichen Wasserdrucke ausgesetzt, so verhindert schon die hiedurch veranlasste Reibung an der Unterschwelle und an der Schlagsäule ein Herabsinken des Thores, und es kommt vorzugsweise darauf an, das Thor in der geöffneten Stellung sicher zu unterstützen, was auch in den Thornischen leicht möglich ist. Am häufigsten versieht man zu diesem Zwecke jede Schlagsäule an der dem Oberwasser zugekehrten Seite mit einem kurzen, aber sehr starken eisernen Arme, der, wenn das Thor geöffnet ist, über die Mauer tritt. Durch diesen Arm greift eine starke Schraube, die durch Umdrehen auf der Mauer der Thorkammer entgegengestellt wird; damit sie aber die Deckplatte nicht sprenge, wird auf letztere eine starke gusseiserne Scheibe befestigt, die mit einer dem Fusse der Schraube entsprechenden Höhlung versehen ist. Zuweilen lässt man auch an der Schlagsäule eine Schraubenspindel bis zum Thorkammerboden herabgehen, welche Anordnung zwar Kosten verursacht, aber den grossen Vortheil gewährt, dass das Thor sowohl in der geschlossenen, als in der geöffneten Stellung unterstützt werden kann. In diesem Falle müssen jedoch zwei eiserne Scheiben, nämlich für beide Stellungen des Thores, in den Thorkammerboden versetzt scin.

Jedes Thor, welches nur aus den Hauptverbandstücken, nämlich aus den beiden Säulen, den Riegeln und aus den Schwellen zusammengesetzt ist, ist keineswegs genügend gesichert, und unter dem eigenen Gewichte wird jedenfalls ein Verziehen der rechtwinkeligen Verbindung eintreten, wodurch das Thor eine Rhombusfigur annehmen wird. Eine geringe Aenderung in dieser Beziehung ist zwar ohne wesentlichen Nachtheil, da einerseits die Verminderung der Breite des Thores dabei nicht merklich, anderseits aber auch der Spielraum zwischen dem Thorkammerbogen und dem Fusse der Schlagsäule so gross ist, dass man die Berührung beider nicht zu besorgen hat. Ist das Verziehen bereits eingetreten und wird der weiteren Ausdehnung keine Grenze gesetzt, so nimmt dieses schnell zu, indem die Zapfen, die hölzernen Nägel und die Beschläge immer leichter nachgeben. Es muss daher jedenfalls dieser Bewegung Einhalt gethan werden, indem sonst die Bewegung des Thores erschwert, sogar unmöglich gemacht wird.

Die englischen Schleusenthore unterscheiden sich von den bisher beschriebenen dadurch, dass mit sehr seltenen Ausnahmen jede Verstrebung ihnen fehlt. Sie bestehen in der Hauptzusammensetzung nur aus Wende- und Schlagsäulen und den Riegeln, denn selbst die Ober- und Unterschwelle sind in jeder Beziehung wie die andern Riegel behandelt. Die Bekleidung ist nicht in den Schlag- und Wendesäulen eingelassen, sondern diese werden wie die andern Riegel vollständig von ihr überdeckt, und die Bohlen sind nicht diagonal, sondern vertikal aufgenagelt. Die

Bekleidung ist jedesmal nur einfach, ausser wenn zur Verhinderung des Sackens des Thores die Zwischenräume zwischen den Riegeln wasserdicht verschlossen sind. Um das Sacken zu verhindern, sind jedesmal besondere Vorkehrungen getroffen. Bei kleineren Kanalschleusen besteht die Anbringung des Drehbaumes, der auch zum Oeffnen und Schliessen des Thores dient. Fig. 408 a und b, Taf. X, zeigt die Anordnung der Schleusenthore des Birmingham-Liverpool-Kanales, welche auch bei allen englischen Kanalschleusen von mässiger Weite getroffen wird, wenn nicht besondere Umstände, wie Brücken, die Anbringung der Drehbäume verhindern.

Die Schützenöffnungen dieser Thore reichen häufig, um das Füllen der Kammern zu beschleunigen, von der Wendesäule bis zur Schlagsäule, oder es wird das ganze Feld zwischen den untern Riegeln durch Schütze geschlossen.

Die Schleusenthore, welche sich um eine horizontale Achse drehen, verdienen noch einer eingehenden Erwähnung. In den Oberhäuptern der Schleusen amerikanischer Kanäle sind sie sehr häufig angebracht. Die Fig. 417 a, b und c *), Taf. X, zeigen ein solches Thor. Die Thornischen sind in ähnlicher Weise, wie für Stemmthore, angebracht, doch fehlt darin die Wendenische. Letztere befindet sich vielmehr über dem Schleusenboden und ist in einem starken Balken, der mit Schraubenbolzen befestigt ist, eingeschnitten. Das Thor legt sich, wenn die Oeffnung frei werden soll, gegen das Oberwasser flach nieder, doch berührt es nicht den Boden, sondern ruht auf einer von passender Höhe angebrachten hölzernen Wand. Die Höhenlage der Wendenische und der Oberfläche des niedergeschlagenen Thores wird auf gleiche Weise, wie bei andern Schleusen die der Schlagschwellen, bestimmt. Damit das Thor sich nicht von selbst aufrichte und dadurch den Durchgang der Schiffe verhindere, füllt man es zum Theil mit Gusseisen oder Steinen an. Das Thor braucht sodann mittelst einer Stange nur etwas überneigt zu werden und es fällt von selbst nieder. Zum Wiederaufrichten des Thores dient eine an einer Seite aufgestellte Winde, die mittelst einer Kette das Thor anzieht. Diese Thore haben gewöhnlich keine Schütze und das Füllen der Kammern geschieht durch Umläufe. Das in der Figur dargestellte Thor, welches auf dem Sandy-Beaver-Kanale am Ohio ausgeführt ist, hat zwei mittelst Schützen zu schliessende Oeffnungen; die Zugstangen der Schütze legen sich mit den Thoren zugleich nieder. Die aus der Figur ersichtliche Construction des Thores ist so einfach, dass sie keiner näheren Beschreibung bedarf.

Hölzerne Thore haben allerdings eine grosse Sicherheit im Gebrauche, indem bei heftigen Stössen, die nicht ganz vermieden werden können, der Bruch des Holzes nicht so plötzlich und vollständig, wie z. B. der des Gusseisens, eintritt, und sie verursachen auch vergleichsweise gegen eiserne bedeutend geringere Kosten. Dagegen hat das Holz bei Verwendung zu Thoren die grossen Nachtheile der Vergänglichkeit und der Formveränderung, welche durch die häufige Abwechslung des Benetzens und der Austrocknung veranlasst werden. Selbst Thore aus dem besten Eichenholze werden nach wenigen Jahren schadhaft. Diese Uebelstände waren zunächst die Veranlassung zur Construction eiserner Thore.

§. 15.

Sowohl aus *Gusseisen*, als auch aus *gewalztem Eisen* oder Eisenblech wurden Schleusenthore mehrfach in neuerer Zeit construirt. Wie man annimmt, sind von Telfort, und zwar am Ellesmere-Kanal, zuerst solche eiserne Thore erbaut worden. Die Oberthore dieser nicht sehr breiten Schleusen sind aus einem Stücke gegossen. Eine gusseiserne Platte ersetzt die Bekleidung; statt der Riegel ist sie mit Verstärkungsrippen versehen und die Schlag- und Wendesäule, so wie auch die Schwellrahmen sind gleichfalls durch denselben Guss hergestellt. Die Wendesäule trägt über dem cylindrischen Halse noch einen starken Ring, in welchen der hölzerne Drehbaum, der bis zur Schlagsäule reicht, gesteckt ist. Die Unterthore, welche über 20 Fuss hoch sind, bestehen aus einzelnen gusseisernen Verbandstücken und haben eine hölzerne Bekleidung.

Die aus Becker entnommenen Fig. 418 a, b, c, d und e, Taf. XI, zeigen die Construction eines am Kanal de Berry in Frankreich ausgeführten gusseisernen Thores.

Bei allen aus Gusseisen ausgeführten Thoren zeigen sich verschiedene Uebelstände. Einer hievon beruht in der grossen Sprödigkeit dieses Materials. Stösse, die entweder durch das Zuschlagen der Thore oder durch das Anfahren der Schiffe entstehen, sind nie ganz zu vermeiden; sie können leicht zerstörende Wirkungen äussern, und wenn Thore, die aus hölzernen Verbandstücken bestehen, hiedurch gleichfalls leiden würden, so bleibt dennoch ein wesentlicher Unterschied, indem das Holz zäher ist, als das Gusseisen, und bei letzterem der Bruch sogleich vollständig in mehrere Stücke erfolgt. Ferner leidet das

*) Hagens Wasserbau.

Gusseisen durch die Oxydation, und wenn auch im süssen Wasser etwas weniger, so ist es dagegen im Seewasser einer stets fortschreitenden Veränderung ausgesetzt und verliert endlich seinen Zusammenhang. Gusseiserne Kanonen, die etwa hundert Jahre in einem gesunkenen Schiffe gelegen waren, konnten mit Leichtigkeit mit einem kleinen Messer zerschnitten werden und hatten sich dem Anscheine nach ganz in Graphit verwandelt.

Diese Uebelstände zeigen hinlänglich, dass man mit Recht grosse Bedenken gegen Anwendung des Gusseisens zu solchem Zwecke hegt und dieses Material hiezu so viel als möglich, oder auch gänzlich, meidet.

Bei manchen Kanalschleusen-Thoren wurden nur die Wendesäule und die Querriegel von Gusseisen, alle andern Theile aber von Holz gemacht. Die Fig. 419 a, b, c, d und e, Taf. XI, zeigen eine solche Construction. Die Wendesäule ist hohl und hat ovale Oeffnungen, um das Einsetzen der Bolzen zu ermöglichen. Der Schuh findet eine sichere Befestigung in der Höhlung der Wendesäule. Die Querriegel haben einen ⊤förmigen Querschnitt und sind mit je 2 Bolzen an die Wendesäule befestigt. Die Schlagschwelle ist von Holz und erhält ihre Befestigung durch eine schmiedeiserne Schiene, mit der sie verbolzt und welche gegen die Enden der Querriegel abermals mit Schraubenbolzen befestigt ist. Die Bekleidung ist mit vertikal gestellten Bohlen gebildet, welche gegen die Querriegel mit Schraubenbolzen festgehalten sind. Die Bekleidung hat man bei mehreren Thoren ähnlicher Art aus gewalztem Eisen oder Eisenblech hergestellt.

In neuester Zeit hat man nicht nur kleinere, sondern auch grössere Seeschleusenthore ganz aus diesem Material construirt; sie zeigen eine überraschende Festigkeit. Hauptbedingung ist hiebei eine solide Nietung. Bei gewalztem Eisen ist man bezüglich der Dimensionen des Thores durchaus nicht beschränkt, wie bei andern Materialien; weiter hat dieses Material vor dem Gusseisen den unverkennbaren Vorzug, dass es bei zufälligen Stössen und beim plötzlichen Zusammenschlagen der Thore nicht der Gefahr des Brechens ausgesetzt ist. Anderseits ist aber nicht in Abrede zu stellen, dass das gewalzte Eisen mehr als Gusseisen vom Roste leidet und es daher nöthig ist, dasselbe fortwährend gut angestrichen zu erhalten.

Grössere Dockschleusen, welche sonst ganz aus Eisenblech bestehen, haben zuweilen gusseiserne Wendesäulen. Die Schwierigkeit der Bearbeitung solcher grossen Stücke dürfte hiezu die Veranlassung sein. Bei kleineren Schleusen hat man indess auch diese von Blech angefertigt. Die ebenfalls aus Becker entnommenen Fig. 405 a, b, c, d, e, f, g, h, i, k und m auf Taf. IX stellen das Oberthor einer Schleuse des Rhein-Rhone-Kanals dar. Die Bleche sind 0.021 Meter stark, die lichte Entfernung der Schleusenhäupter ist 5.1 Meter und das Gefälle 1.5 Meter.

Das in der Fig. 426 a, b, c, d, e, f und g, Taf. XV, aus Eisenblech dargestellte Schleusenthor wurde bei Meulan ausgeführt, und es ist die dazu gehörige Schleuse eines jener Werke, welche zur Verbesserung der Schifffahrt auf der Seine in jener Gegend unternommen wurden. Die Oeffnung der Schleuse beträgt 12.0 Meter, der Pfeil des Drempels 2.0 Meter und die Schleusenkammerwände haben eine Höhe von 6.75 Meter über dem Drempel. Der Thorflügel besteht:

1) aus 11 horizontalen, ohne Unterbrechung übereinander gesetzten Riegeln;

2) aus einem rechtwinkligen, 0.45 Meter hohen Rahmen mit ebenen Flächen, worin die Schützenöffnungen angebracht sind;

3) aus 4 vertikalen Ständern.

Die horizontalen Riegel sind cylindrische Halbröhren von Blech mit 0.45 Meter Durchmesser und 0.007 M. stark. Die konvexe Seite der Röhren ist gegen das Oberwasser gerichtet. Zwei gehörig gebogene Blechtafeln bilden einen horizontalen Riegel; sie sind unter sich in der Mitte des cylindrischen Theiles durch ein Deckblatt von 0.14 M. Breite und 0.010 M. mittlerer Stärke verbunden. Die geraden Flächen oder die Verlängerung zweier zusammenstossenden Riegel sind mit einander vernietet, ohne jedoch in unmittelbarer Berührung zu stehen, da eine eiserne Schiene von 0.01 M. den Zwischenraum einnimmt.

Der horizontale Riegel über dem Rahmen der Schützen ist nur auf der ersten Hälfte seiner Höhe cylindrisch, auf der anderen Hälfte rechtwinklig, und ein Winkeleisen verbindet mittels Nieten die ebene horizontale Schiene mit der vertikalen Wand. Die Verbiegung der Röhren wird durch Rahmen von ⊤Eisen von 0.09 M. Breite und 0.04 M. Höhe verhindert. Es entstehen dadurch die vier vertikalen Ständer. Diese Rahmen sind mit jedem Riegel an der Seite gegen das Unterwasser durch eine eiserne Schiene von 0.01 M. Stärke, gegen das Oberwasser aber durch eine eiserne ⊤Schiene verbunden, die sich an die obere Fläche der Deckblätter legt. Die horizontalen Riegel sind an jedem Ende mit einem Bleche von 0.010 M.

geschlossen, das an diesen Stellen statt der ⊤Eisen angewendet wird.

Die Blechtafel, welche die Schlagsäule bildet, ist mit einem hölzernen Futter von 0.10 M. Stärke bekleidet. An dem Bleche, das den Rücken einer Wendesäule ersetzt, sind halbrunde Ansätze in rechtem Winkel angebracht, welche auf gusseisernen Knaggen liegen, die mit dem Mauerwerk verankert sind. Ein anderes Blech an der Unterwasserseite bietet eine zweite Fläche, die sich gegen eine hölzerne Wendesäule legt; diese zweite Tafel ist mit der vorhergehenden durch den senkrechten Arm der Rahmen von Winkeleisen und mit den horizontalen Riegeln mittels einer Reihe von senkrechten Riegeln aus ⊤Eisen verbunden. Eine gerade Blechtafel von 0.50 M. Breite bekrönt den Thorflügel und nimmt einen hölzernen Fussboden auf, der von eisernen Knaggen getragen wird. Diese Tafel ist an den geraden Theil des horizontalen oberen Riegels und an die gebogenen Enden genietet, zu welchem Zwecke ein flaches Eisen und ein ⊤Eisen unter sich die senkrechten Riegel verbinden. Auf diese Bekrönung ist eine andere Schiene von 1.10 M. Länge genietet, die einen mit ihr aus einem Stück bestehenden Zapfen von 0.20 M. im Durchmesser trägt, welcher von dem Halsbande der Wendesäule umfasst wird. Die Schlagschwelle endlich ist von einem kleinen rechtwinkligen Rahmen von 0.40 M. Höhe geschlossen, der aus drei Blechtafeln besteht, welche durch Winkeleisen verbunden sind; in diesen Rahmen ist ein Holz eingelassen. Jeder Thorflügel hat drei Schützen von je 1.40 M. Breite. Sie bestehen aus Blechtafeln von 0.007 M. Stärke, die eine Art von sphärischer Calotte mit geringer Krümmung bilden, jedoch mit Ausnahme der Ränder, welche eben sind.

Die Oeffnungen, welche den Schützen korrespondiren, sind in einer senkrechten Wand von 0.07 M. Stärke eingeschnitten, welche den letzten unteren horizontalen Riegel mit der Schlagschwelle verbindet. Jede Schütze läuft zwischen zwei senkrechten Ständern; glatte an die Enden der ⊤Eisen dieser Ständer geschmiedete Schienen, in Verbindung mit Futtern von gleicher Stärke als das Blech der Schützen, bilden die Falze der letzteren. Die Schützen werden durch Schraubenmuttern aufgezogen, die sich auf festen Schrauben bewegen, deren Gewinde den Reibungswinkel zur Neigung haben. Die Umdrehungsbewegung wird der Schraube durch eine Kurbel mitgetheilt, welche einen Theil des Geländers bildet.

Die unteren Zapfen bilden einen Theil der gusseisernen Theile, die in dem Schleusenboden verankert sind; auf diesen Zapfen ruhen die an der unteren Tafel der Schlagschwelle angebrachten Pfannen.

Die Thore werden durch runde Zahnstangen von 2.0 M. Halbmesser von einem Getriebe in Gang gesetzt, das mit einem gusseisernen Gehäuse überdeckt ist.

Alle Bestandtheile eines Thorflügels sind durch Vernietungen mit einander verbunden und bilden ein homogenes Ganze, das sich weder durch sein eigenes Gewicht, noch durch den Druck des Wassers verbiegen kann; ein einziger Riegel kann sich nicht biegen, ohne alle andern Theile mitzuziehen, oder eine ganze Reihe von Nieten zu brechen.

Es bleibt uns noch übrig, der Schleusenthore zu erwähnen, welche Kasten bilden, die man entweder beliebig mit Wasser füllen oder ganz auspumpen kann, um ihnen das nöthige Gewicht zu geben, damit sie auf dem Boden der Schleuse aufstehen, oder schwimmend erhalten werden. Man nennt sie Ponton- oder Schwimmthore. Sie kommen in der Regel nur bei Trockendocks vor. Der Querschnitt eines solchen Schwimmthores ist aus der skizzirten Fig. 406, Taf. IX, zu ersehen, und der Längenschnitt hat die Form eines Trapezes, dessen zwei nicht parallele Seiten genau die Form der Nuth haben, in welcher das Schiff den Abschluss bilden soll. Der eiserne Kiel, so wie die beiderseitigen Steven sind mit Eichenholz belegt. Dieser Schiffskörper schwimmt gewöhnlich und kann daher von einem Orte nach dem andern bewegt werden. Soll nun der Abschluss bewirkt werden, so wird das Schwimmthor in die Richtung der Nuth eingestellt und sodann ein Theil seines Körpers durch Oeffnen eigens hiezu angebrachter Ventile mit Wasser angefüllt. Hiedurch senkt sich der Schiffskörper, bis der Kiel auf dem unteren Theile der Nuth horizontal aufliegt und die Steven in Folge der Böschung der Seitenmauern in die für sie angebrachten Nuthen zu liegen kommen. Sobald dann in dem inneren Raume der Wasserspiegel durch Auspumpen gesenkt wird, wird durch den äusseren Wasserdruck auf die ganze äussere Schiffsfläche die Holzverkleidung des Kieles und der Steven derart an die Nuthflächen angepresst, dass ein wasserdichter Abschluss entsteht. Um nun im Dock Wasser einzulassen und das Schwimmthor zu entfernen, befinden sich in demselben gewöhnlich zwei, auch drei Kanäle, die durch Ventile beliebig geöffnet werden können und eine Kommunikation zwischen dem äusseren Wasser und dem Innern des Docks herstellen. Man öffnet diese Ventile, und das Wasser wird so lange in das Innere des Docks strömen, bis es daselbst im gleichen Ni-

veau mit dem äusseren Wasserspiegel steht; aus dem Schiffskörper wird sodann das Wasser ausgepumpt, worauf dieser sich heben und schwimmen wird, und entfernt werden kann. Man schiebt das Schwimmthor entweder in die Bassins, oder in den Vorhafen, oder es befinden sich zu diesem Zwecke seitwärts in den Mauern schmale Kammern, die in der ganzen Länge des Thores rechtwinklig gegen die Achse des Docks zurücktreten.

§. 16.

Beim *Oeffnen und Schliessen der Thore* *) müssen folgende Widerstände überwunden werden: a) die Reibung am Zapfen und am Halsbande, b) die Reibung der Wendesäule gegen die Wendenische, und c) der Widerstand, den das Wasser der Bewegung des Thores entgegensetzt.

Die Reibung am Zapfen und am Halsbande übt bei dem langen Hebelarme, womit die Thore bewegt werden, keinen erheblichen Widerstand aus. Sie ist von der Glätte der sich berührenden Flächen und zugleich von der richtigen Stellung der Zapfen, Pfannen und Halsbänder abhängig. Die Reibung der Wendesäule gegen die Wendenische ist wegen der rauhen Oberfläche der letzteren viel bedeutender, als die vorerwähnte. Würden sich beide Flächen dauernd scharf berühren, so wäre diese Reibung gewiss sehr hinderlich; dies geschieht indessen nicht, denn ein wenn auch unbedeutender Spielraum bleibt immer, oder man lässt solchen absichtlich. Besonders ist aber darauf zu sehen, dass die Drehungsachse genau vertikal steht, damit der Schwerpunkt des Thores in allen Stellungen in gleicher Höhe bleibt und nicht erst gehoben zu werden braucht, weil dieses die Bewegung bedeutend erschweren würde. Der grösste Widerstand, den ein gut eingehängtes Thor bei der Bewegung erleidet, rührt vom Wasser her, welches von der einen Seite fortgedrängt werden muss. Je höher und breiter das Thor und je schneller dieses bewegt wird, desto grösser ist dieser Widerstand. Lässt man die Schütze während der Bewegung offen, so vermindert er sich etwas. Dieser Widerstand trifft den unteren im Wasser eingetauchten Theil stärker, wie den oberen, und ist der Zug am Kopf der Schlagsäule angebracht, so ist ein Durchbiegen des Thores, das in manchen Fällen die feste Verbindung gefährdet, unvermeidlich. Ruht das Thor auf einer Rolle, so entsteht noch der nicht unbedeutende Widerstand aus der Reibung sowohl an der Achse, als am Umfange der Rolle, deren ungünstiges Verhältniss zu ihrer Achse nicht gestattet, diese Reibung auf ein geringeres Mass zurückzuführen. Sie wird wesentlich vermehrt, wenn die Bahn an sich uneben oder mit Sand bedeckt wird, und höchst ungünstig ist der Umstand, dass dieser Widerstand gerade am untersten Rande des Thores, ja sogar noch unter demselben eintritt. Durch Ablagerungen können auch Thore, die nicht auf Rollen ruhen, einen ähnlichen Widerstand erleiden, und man darf in solchen Fällen, besonders bei Flussschleusen, nach Ablauf jedes Hochwassers die Thorkammer mit Handbaggern von Zeit zu Zeit zu reinigen nicht unterlassen.

Bei sorgfältiger Ausführung und Aufstellung der Thore und bei gehöriger Aufsicht während des Gebrauches der Schleuse lassen sich diese Widerstände auf ein gewisses Mass beschränken, bleiben aber immer bedeutend, und namentlich bei grossen Thoren sind mechanische Vorrichtungen zu ihrer Ueberwindung nothwendig. Diese müssen durch eine möglichst geringe Anzahl von Menschen bewegt werden, und anderseits darf die Bewegung eine nicht gar zu langsame sein, weil sonst der Zeitverlust beim Durchschleusen der Schiffe ein zu grosser wäre. Die Anwendung von Kurbeln erscheint nicht zweckmässig, weil bei ihrer Bewegung ein Mensch nur eine geringere Kraft entwickeln kann; dagegen empfehlen sich die Erdwinde und der Drehbaum. Bei grösseren Schleusenthoren ist es auch nicht zweckmässig, wenn der Zug am Kopfe der Schlagsäule wirksam ist; vielmehr müssen solche Thore in einer den Widerständen entsprechenden Höhe gefasst werden.

Der Drehbaum hat zugleich den Zweck, als Gegengewicht das Sacken des Thores zu verhindern; derselbe kann nur bei kleinen Schleusen Anwendung finden, und auch da nicht immer, weil er viel Raum erfordert.

Am Ill-Kanal, welcher Strassburg mit dem Rheine verbindet und nicht nur von den Rheinschiffen, sondern auch von Dampfbooten befahren wird, hat man den Drehbaum wegen Mangel an Raum in eine eigenthümliche Verbindung mit andern mechanischen Vorrichtungen gebracht. Am Kopfe der eisernen Wendesäule ist ein sehr starker gusseiserner Arm, der Drehbaum, von 12 Fuss Länge angebracht, welcher an seinem Ende eine Säule, worin die Achse eines Getriebes befestigt ist, trägt. Das Getriebe, welches sich unten befindet, greift in einen auf der Mauer des Hauptes aufliegenden und daran befestigten gezahnten Quadranten. Am oberen Ende trägt jene Achse ein Rad, in welches eine Schraube eingreift, und an der letzteren befindet sich die Kurbel, womit man das Thor bewegt. Der

*) Hagen's Wasserbau.

Arbeiter, welcher die Kurbel dreht, muss fortwährend seine Stelle verändern. Das Thor wird sehr stark angegriffen, weil man es an der Wendesäule selbst dreht, und die Bewegung erfolgt sehr langsam, aber sehr leicht. Die Schleuse ist etwa 38 Fuss weit.

Eine andere vielfach benützte Vorrichtung zur Bewegung der Thore ist die Zugstange. Sie besteht in einer Stange oder starken Latte, die mittelst eines drehbaren Bolzens an den Kopf der Schlagsäule befestigt ist. Indem man von der Schleusenmauer aus die Stange anzieht oder zurückdrückt, öffnet oder schliesst man das Thor. Zur Erleichterung ihres Gebrauches wird sie mit verschiedenen mechanischen Vorrichtungen in Verbindung gebracht.

Wird die Zugstange mit einer Winde verbunden, so befestigt man ein Tau oder auch eine Kette, die zwei- oder dreimal um die Winde gewunden ist, gegen beide Enden der Stange, Fig. 427, Taf. XVI, und indem man die Winde nach einer oder nach der andern Seite dreht, öffnet oder schliesst sich das Thor. Die Winde kann hiebei sowohl horizontal, als vertikal aufgestellt werden; weit vortheilhafter ist es aber, wenn sie vertikal aufgestellt wird.

Auch wird die Zugstange häufig mit Zähnen versehen, womit sie in ein an der Winde angebrachtes gezahntes Rad eingreift. Die Fig. 421 a, b, c und d, Taf. X, zeigen diese Anordnung. Selten ist die gezahnte Stange ganz aus Eisen, weil sie, um die nöthige Steifigkeit zu erhalten, zu schwer und zu kostspielig ausfallen würde. Man nimmt daher gewöhnlich eine 4zöllige Latte und nagelt kurze, gusseiserne Schienen, die mit Zähnen versehen sind, darauf. Diese Anordnung dürfte der vorbeschriebenen nicht vorzuziehen sein.

Zuweilen, wenn der nöthige Raum fehlt, um die Stange, wenn das Thor geöffnet ist, frei zurücktreten zu lassen, pflegt man einen guss- oder schmiedeisernen Quadranten, der an der äussern Seite mit Zähnen versehen ist, auf die Oberfläche der Oberschwelle zu befestigen und in ein Getriebe eingreifen zu lassen. Die Fig. 420 a, b und c, Taf. X, zeigt diese Anordnung.

Bei der Schleuse zu Villemur an der Tarn ist am Thorkammerboden ein gusseiserner Quadrant befestigt, der an der hohlen Seite Zähne hat. In diesen Quadranten greift ein Getriebe, dessen eiserne Achse längs der Schlagsäule herabreicht und oben mit einer Kurbel versehen ist. Der Arbeiter, der das Thor öffnet oder schliesst, stellt sich an das Ende der Fussbrücke auf dem Thore, und indem er die Kurbel dreht, bewegt er das Thor.

Der Druck, den man mittelst der Zugstange auf das Thor ausüben muss, um dasselbe zu schliessen, lässt sich auch in einen Zug verwandeln, wenn man ein zweites Tau an die andere Seite der Schlagschwelle befestiget und dieses zum Zurückziehen des Thores benützt, sobald es geschlossen werden soll. In England findet man diese Einrichtung gewöhnlich bei Dockschleusen. Man muss zum Oeffnen und Schliessen jedes einzelnen Thorflügels freilich zwei Winden anbringen, erreicht aber dabei die Vortheile, dass man eine viel grössere Kraft ausüben kann, und die Handhabung der Thore ist sehr sicher. Vortheilhaft ist es, statt der Taue in diesem Falle Ketten zu benützen, weil sie vermöge des grösseren specifischen Gewichtes sehr sicher zu Boden sinken und den Durchgang der Schiffe nicht hindern.

Um bei dem Oeffnen und Schliessen der Thore ein Durchbiegen derselben zu vermeiden, ist es angemessen, den Befestigungspunkt der Kette dem Mittelpunkte des Widerstandes zu nähern. Sind die Rollen, wenn das Thor auf solche gestellt ist, sorgfältig bearbeitet, und haben sie einen möglichst grossen Durchmesser, so ist dadurch die Reibung möglichst verhindert, und der bei der Bewegung der Thore zu überwindende Widerstand wird vorzugsweise durch das Wasser verursacht. Die Kette muss zu diesem Zwecke in der Mauer in einem eigenen Kanale, dem Kettenkanale, geführt werden. Seine Mündung muss jedenfalls so hoch liegen, dass die Kette einen horizontalen Zug auf das Thor ausübt. Man lässt diesen Kanal mehr oder weniger gegen die Winde ansteigen, um dadurch die Ausführung des Brunnens, indem er an Tiefe verliert, zu erleichtern und um die Winde selbst in grössere Höhe anbringen zu können. Fig. 428, Taf. XVI, zeigt eine solche Anordnung. Oft hat aber der Kanal eine stärkere Neigung, die häufig 45 Grade und darüber beträgt. Hiedurch wird zwar der Vortheil in Bezug auf die höhere Stellung der Winde vollständiger erreicht, aber man muss an der Mündung unter der Decke des Kanales eine, und dicht vor der Winde über der Sohle des Kanals eine zweite Rolle anbringen, und die Kette unter der ersten und über die zweite leiten, wodurch die Reibung vergrössert wird. Die Stärke dieser gusseisernen Rollen beträgt 4 bis 6 Zoll und sie sind meist so breit, dass sie die ganze Breite des Kettenkanales einnehmen. Stellt man die Kettenkanäle durch gusseiserne Röhren dar, so erleichtert man ihre Ausführung und sichert die Wände vor Beschädigungen durch das Schleifen der Kette. Bei dem St. Katharinen's-Dock in London ist ein solcher Kanal durch eine 30 Fuss lange

und 2 Fuss im Durchmesser haltende Röhre hergestellt, welche unter 70 Graden gegen den Horizont steigt; Rollen von 1 Fuss Durchmesser verhindern das Schleifen der Kette.

Füllen und Leeren der Kammer.

§. 17.

Zum Füllen und Leeren der Kammern hat man, wie schon erwähnt, entweder die Schützenöffnungen in den Thoren, oder die Umläufe. Mittelst beider, welche leicht verschliessbar sein müssen, kann man beliebig die Verbindung mit dem Ober- und dem Unterwasser herstellen und dadurch den Wasserstand in der Kammer bis zu jenem heben, oder bis zu diesem senken. Am billigsten und am einfachsten sind die Schützenöffnungen und sie werden auch am häufigsten angewendet. Die Schützenöffnungen haben aber den Uebelstand, dass sie die feste Verbindung der Thore beeinträchtigen, besonders wenn sie, um das Durchschleusen möglichst zu beschleunigen, einen grossen Querschnitt erhalten müssen. Bei hohem Oberboden kann auch das über denselben stürzende Wasser leicht in die Schiffe, welche in der Kammer liegen, fliessen, oder diese in eine schaukelnde Bewegung versetzen, wodurch sie an die Wände stossen und leicht leck werden können. Durch diesen freien Sturz des Wassers geht die Fallhöhe für die Geschwindigkeit in der Durchflussöffnung verloren, und die in jeder Sekunde eintretende Wassermenge ist nicht so gross, als sie bei gleicher Oeffnung sein würde, wenn man die ganze Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser benützt hätte. Diese letzten Uebelstände lassen sich wohl dadurch vermeiden, dass man den Oberdrempel in die Höhe des Unterdrempels legt, Fig. 382, Taf. V, eine Anordnung, welche aber wegen der grösseren Höhe der Thore kostspielig ist.

Beim Oeffnen der Schütze hat man nicht nur das Gewicht derselben, sondern auch die Reibung in den Falzen zu überwinden, weil die Schütze um so fester in die Falzen gedrückt wird, je ungleicher der Wasserstand ist; hingegen verschwindet diese Reibung beim Schliessen der Schütze gänzlich und ist hiezu, wenn sie hinlänglich schwer ist, gar keine Kraft erforderlich, indem sie von selbst herabfällt. Eine Vorrichtung, wie die in Fig. 415, Taf. X, dargestellte, welche die Schütze nur hebt, dürfte daher in manchen Fällen genügen.

Sollen aber Schützen, ehe die beiderseitigen Wasserstände gleiche Höhe haben, geschlossen werden, z. B. bei Speisung der tieferliegenden Kanalstrecke, so kann leicht die Reibung in Folge des Wasserdruckes so gross sein, dass die Schütze nicht von selbst herabsinkt und sonach ein besonderer Druck auf dieselbe ausgeübt werden muss. Es ist demnach zweckmässiger, solche Vorrichtungen zur Bewegung der Schützen zu wählen, wodurch dieselben gehoben und niedergrückt werden können. Die Figuren 400 a, Taf. VII, und 419, Taf. XI, zeigen solche Vorrichtungen.

Gusseiserne Thore haben auch gusseiserne Schützen, deren Construction aus der Fig. 419 a und c, Taf. XI, ersichtlich ist.

Gusseiserne Schützen kommen bei grösseren hölzernen Thoren in England nicht selten vor. Sie gewähren den Vortheil der grösseren Dauerhaftigkeit und der leichteren Bewegung, indem sie bei sorgfältiger Bearbeitung weit geringere Reibung veranlassen und einen dichteren Schluss bilden. Auch ist ihr Gewicht so bedeutend, dass sie selbst bei starkem Wasserdrucke sicher herabsinken. Es muss bei ihrer Aufstellung ein etwas vortretender gusseiserner Rahmen, gegen welchen sich die Schütze, sobald die Oeffnung geschlossen wird, lehnt, die zu schliessende Oeffnung einfassen; die Seiten des Rahmens werden mit den eisernen Leisten, worin sich die Schütze bewegt, verbunden. Bei grossen Schleusenthoren wird die Bewegung der gusseisernen Schützen dadurch erleichtert, dass man ihr Gewicht mit Gegengewichten in Verbindung bringt. Damit das Gegengewicht bei der Bewegung der Thore nicht schwanke und nicht aufschlage, wird dieses, ebenso wie die Schütze zwischen Leisten gehängt, in welche es mittelst Federn eingreift.

Will man recht grosse Schützenöffnungen haben, so soll dies ohne die Vergrösserung der Hubhöhe und ohne Schwächung des Thores geschehen. Ein Mittel hiezu ist, der Oeffnung eine recht grosse, und bei kleineren Thoren sogar die ganze Breite des Thores von der Schlagsäule bis zur Wendesäule zu geben. Aber abgesehen davon, dass hiedurch das Thor doch geschwächt wird, indem die Verbindung der Riegel unterbrochen wird, tritt hiebei noch der Uebelstand ein, dass solche breite Schützen sich leicht durchbiegen und dadurch die Bewegung ausserordentlich erschweren. Die Fig. 407, Taf. X, und 419 a, Taf. XI, zeigen solche Anordnungen. Ein anderes Mittel hiezu ist, dass man mehrere übereinander befindliche Oeffnungen herstellt und diese mit ebenso vielen unter sich verbundenen Schützen schliesst. Die Schützenöffnungen sind unmittelbar übereinander zwischen den

Riegeln angebracht, und nicht grösser, als die Dicke der Riegel beträgt. Zieht man nun alle Schützen auf, so legen sie sich vor die Riegel und durch die Oeffnungen kann das Wasser ungehindert einströmen. Diese Anordnung hat den Vortheil gegen diejenige, wo die ganze Oeffnung mit einer Schütze geschlossen ist, dass die Verbindung des Thores dabei weniger leidet und man die Hubhöhe der Schütze bedeutend vermindern kann. Eine Vorrichtung zum Heben und Herablassen einer solchen Schütze muss schon etwas solider und stärker konstruirt sein, und zwar wie die Fig. 429, Taf. XII, eine solche zeigt.

Bei Schleusenthoren kleiner Kanäle in England findet man eine wesentlich verschiedene Einrichtung zum Oeffnen der Schütze, Fig. 408, Taf. X, zeigt dieselbe. Die Schütze, welche vor dem Thore gelegt ist, dreht sich hier nicht vertikal in Falzen, sondern um eine horizontale Achse, und vom Ufer aus lassen sich die Oeffnungen sowohl schliessen, als frei machen. Ueber die Drehungsachse setzt sich vom Schieber ein Hebelarm, der über das Thor hinausreicht, fort, welcher am oberen Ende mit einer gezahnten Stange verbunden ist. Die Zähne der letzteren werden von einem Getriebe auf dem Drehbaume gefasst und die Achse dieses Getriebes ist unmittelbar mit der Kurbel, von der die Bewegung ausgeht, verbunden.

Ueber die sonstigen Vorrichtungen zum Oeffnen und Schliessen der Schütze wäre noch zu bemerken, dass die am häufigsten vorkommende Vorrichtung in einem Getriebe besteht, welches in die gezahnte Zugstange der Schütze eingreift. Dieses Getriebe wird entweder unmittelbar durch eine daran befestigte Kurbel bewegt, oder es wird, wenn diese nicht genügt, noch ein Vorgelege angewendet. Auch die Schraube wird zur Bewegung der Schütze benützt, und zwar in der Art, dass die Zugstange mit einer Schraubenspindel in Verbindung ist, deren Mutter, mit cylindrischem Halse versehen, in einer Pfanne in angemessener Höhe über der Fussbrücke ruht. An der äusseren Fläche ist die Mutter mit Zähnen versehen und bildet ein konisches Rad, welches in ein solches zweites an der Kurbelachse greift. Der Nachtheil dieser Schraube ist aber die allzu langsame Bewegung und die grosse Reibung.

Auch mittelst Klappen, welche sich um eine in der Fläche des Thores liegende Achse drehen, hat man die Oeffnungen in den Thoren geschlossen. Diese Klappen sind gewöhnlich mit zwei Flügeln versehen und die Drehungsachse steht vertikal. Sie werden auch aus Holz, aber sonst meistens aus Gusseisen konstruirt. Die Rahmen, in welchen sie sich bewegen und woran sich die Ränder befinden, mit denen sie den wasserdichten Schluss bilden, bestehen zuweilen aus Holz, aber es ist vortheilhafter, auch diese aus Gusseisen herzustellen. Derlei Klappen schwächen aber sehr die Thore und bilden einen undichten Verschluss.

Alle bei den Schützen erwähnten Uebelstände kommen bei den Umläufen nicht vor, und es dürften daher diese, besonders in den Oberhäuptern, stets den Vorzug verdienen. Die Umläufe gehen von den Thornischen aus, sind in horizontaler Richtung gekrümmt und münden entweder in die Schleusenkammer oder in das Unterwasser hinter dem Unterdrempel. Im letzten Falle hat die Sohle des Umlaufes kein Gefälle; während in den Oberhäuptern die Sohle des Umlaufes, weil sie sich vom Oberboden auf den Unterboden der Schleuse senken muss, das ganze Gefälle, welches die Schleuse hat, erhält. Die beiden in verschiedener Höhe liegenden horizontalen Arme des Umlaufes werden entweder durch einen vertikalen Schacht verbunden, Fig. 395 a, b, c und d, Taf. VI, oder vertheilt man zuweilen dieses Gefälle auf die ganze Länge des Umlaufes und legt nur die beiden Mündungen auf geringe Entfernungen horizontal; dadurch wird zwar die Ausführung insofern erschwert, als die Tonnengewölbe in den Krümmungen auch steigen müssen, allein die Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers wird nicht, wie im ersten Falle, wo ein vertikaler Wassersturz stattfindet, vermindert.

Gewöhnlich bringt man ganz symmetrisch an jeder Seite des Hauptes einen Umlauf an; in vielen Fällen aber begnügt man sich mit einem einzelnen. Beim Unterhaupte ist dieses ohne Nachtheil, da man die untere Mündung desselben in die Richtung des Unterkanales legen kann; beim Oberhaupte tritt dagegen in diesem Falle der Uebelstand ein, dass der eintretende Strahl die gegenüberliegende Kammermauer trifft und bei der stark wirbelnden Bewegung, die er in der Schleuse erzeugt, die Schiffe mit grosser Vorsicht befestigt werden müssen. In den Oberhäuptern der englischen und französischen Kanalschleusen ist häufig die Anordnung gewählt, dass die Umläufe in einer vertikalen Ebene bleiben, welche senkrecht auf die Schleusenachse steht. Die Fig. 399 a, b und c, Taf. VII, zeigen diese Anordnung, wie sie Gauthey am Kanal du Centre einführte. Die cylindrischen Kanäle sind aus Werkstücken erbaut und werden im Niveau des Oberbodens mit Kegelventilen geschlossen. In ähnlicher Weise sind bei diesen Schleusen auch die Unterhäupter mit Umläufen versehen. Es ist auf jeder Seite hinter der Thornische

eine zweite Nische, die etwa zwei Fuss breit und tief und 4 Fuss hoch ist, angebracht, deren Sohle mit der Thorkammer in gleicher Höhe liegt. In dieser Sohle befindet sich die kegelförmig erweiterte Mündung des cylindrischen Kanals, welcher sich von da 3 Fuss tief senkt und alsdann, parallel zur Längenrichtung der Schleuse, bis in die Mitte des Hinterbodens, etwa 7 Fuss hinter die Wendenische, geht, sich hier erhebt und ebenso, wie er aus der Thorkammer abgegangen, durch eine Seitennische in die Schleuse tritt. Diese cylindrischen Kanäle wurden beinahe jedesmal in einzelnen Steinen von grossen Dimensionen ausgehauen. Die Anlage wurde dadurch nicht nur vertheuert, sondern man war auch hiedurch gezwungen, die lichte Weite dieser Kanäle auf das geringe Mass von 1 ½ Fuss zu beschränken, was die Füllung und das Leeren der Kammer sehr verzögert. Ausserdem treffen die mit Heftigkeit ausspritzenden Wasserstrahlen das schwache Gewölbe über dem Kanale der unter der oberen Thorkammer liegt, und dieses leidet dabei so sehr, dass starke Filtrationen aus dem Oberwasser nach der Kammer ganz unvermeidlich sind.

In den englischen Kanalschleusen sind die Umläufe jedesmal so angeordnet, dass sie nicht tiefer herabgeführt werden, als ihre Mündungen liegen; die austretenden Strahlen sind demnach nicht vertikal aufwärts, sondern horizontal gerichtet. Auch hat man daselbst häufig die Umläufe aus gusseisernen Röhren gebildet, wodurch die Construction wesentlich erleichtert wird, und die Anbringung derselben bedingt keine Verstärkung der Mauern, da die Röhren auch hinter dieselben gelegt werden können. Eine Beschädigung kommt hiebei weniger vor, wie bei steinernen Kanälen, und ein wasserdichter Verschluss ist leichter herzustellen. Zum Schliessen und Oeffnen der Umläufe hat man Schützen, Kegelventile und gusseiserne Klappen. Die Schützen finden am häufigsten Anwendung. In der Regel aus Holz konstruirt, bewegen sie sich in hölzernen oder steinernen Rahmen. Die passendsten Stellen für die Schützen sind in der oberen Mündung des Umlaufes, weil man alsdann das Zutreten der Luft ganz vermeidet, wodurch die Wirksamkeit des Umlaufes beeinträchtigt wird und auch Reparaturen am leichtesten auszuführen sind. Die einfachen Kegelventile schliessen die eigens hiezu angebrachte konische Erweiterung der Mündung. Solche Kegelventile eignen sich nur für enge Kanäle bis höchstens 1 Fuss Weite, weil bei weiteren Oeffnungen das Heben derselben zu viel Kraft erfordern würde. Die gusseisernen Klappen drehen sich um eine horizontale Achse und ruhen auf dem vorstehenden Rande eines gusseisernen Rahmens. Sie werden durch eine Kette mittelst einer Winde gehoben und herabgelassen.

Bei grösseren See- und Dockschleusen sind auch die Umläufe derart angeordnet, dass sie zur Spülung der Thorkammer und der Mündung der Docks dienen. Oft wird zu diesem Zwecke ein vielfach verzweigtes und ausgedehntes Spül-System durch die Umläufe in den Flügelmauern angebracht, um hiedurch die Mündung des Docks vor Verschlammung und Versandung zu bewahren und frei zu erhalten, wovon beim Seebaue näher die Sprache sein wird.

Schiffsschleusen zur Verminderung des Wasserbedarfes.

§. 18.

Wenn der Wasserstand eines Flusses bei anhaltender Dürre sich selbst sehr vermindert, so bleibt doch die Reichhaltigkeit des Wassers eines Flusses vergleichsweise zu derjenigen Wassermenge, die zum Füllen einer Schiffsschleuse gebraucht wird, so überwiegend gross, dass bei Schleusen neben Wehren eines Flusses oder Stromes keine Veranlassung vorhanden ist, diese künstlich zu vermindern. Anders verhält es sich aber bei Schleusen in Kanälen, wo die disponible Wassermenge oft eine so geringe ist, dass sie für die trockene Jahreszeit nicht ausreicht und die Schifffahrt zu dieser Zeit ganz unterbrochen werden muss. Es wurden daher schon verschiedene Vorschläge gemacht, den Wasserverbrauch beim Durchschleusen der Schiffe, welcher bei einem lebhaften Verkehr, wie wir sehen werden, ein sehr beträchtlicher ist, zu ermässigen. Die sämmtlichen hieher gehörigen Erfindungen lassen sich in drei Abtheilungen eintheilen.

a) In Schiffsschleusen, welche mit Seitenbassins versehen sind, die als Magazine für das Wasser dienen. Diese Seitenbassins fangen beim Entleeren der Kammer das ausfliessende Wasser in solcher Weise auf, dass es später wieder zum Füllen der Schleuse benützt werden kann.

b) In Schleusen mit beweglichen Kammern, die sich zugleich mit den darin befindlichen Schiffen heben und senken lassen und sich bald dem Ober-, bald dem Unterwasser anschliessen.

c) In diejenigen Anordnungen, wobei die Schiffe auf Wagen gestellt und auf geneigten Ebenen mittelst Eisenbahnen dem Ober- und dem Unterwasser zugeführt werden können. Es sollen nun im Folgenden diese drei Anordnungen beschrieben werden.

a. Schiffsschleusen mit Seitenbassins.

Bei Schleusen mit Seitenbassins kann nur ein Theil vom Wasser des Füllungsprismas der Kammer jedesmal aufgefangen und zur folgenden Füllung der Kammer wieder benützt werden. Die Einrichtung besteht, wie Fig. 440 a und b, Taf. XVII, zeigt, in Folgendem: Auf einer oder auf beiden Seiten der Schleusenkammer befindet sich ein Bassin, welches mit der Kammer durch einen Kanal verbunden ist. So lange das Wasser in der Kammer noch höher steht, als im Seitenbassin, wird es nicht in die untere Kanalhaltung, sondern in dieses Bassin eingelassen, bis beide Wasserspiegel in gleicher Höhe stehen. Alsdann schliesst man den Verbindungskanal, und beim nächsten Füllen der Kammer lässt man in diese das aufgefangene Wasser wieder zurückfliessen. Seitenbassins dieser Art sind mehrfach angewendet und haben sich, um den Wasserverbrauch der Schleusen zu ermässigen, sehr nützlich gezeigt. In den meisten Fällen aber hat man sich nicht mit einem Bassin begnügt, sondern deren zwei und an einzelnen Schleusen auf englischen Kanälen auch deren vier angelegt. Sobald ihrer mehrere sind, werden sie der Reihe nach benützt, indem man das Wasser beim Entleeren der Kammer zuerst in das höchste Bassin treten lässt, bis in diesem der Wasserspiegel der Kammer sich hergestellt. Sodann wird die Verbindung mit diesem Bassin geschlossen und in gleicher Weise das nächst tiefer gelegene gefüllt, und so fort, bis man den letzten Rest des Füllwassers der Kammer, der in kein Bassin mehr einfliessen kann, in die untere Kanalhaltung abfliessen lässt. Beim Füllen der Schleuse werden dagegen in umgekehrter Reihenfolge die Bassins mit der Kammer in Verbindung gesetzt und sobald der Wasserspiegel in dieser mit dem des obersten Bassins im Niveau steht, wird die Schleuse vollends aus dem Oberwasser gefüllt.

Besteht nur ein Seitenbassin, hat dieses denselben Flächeninhalt, wie die Schleusenkammer, und liegt die Sohle in dem dritten Theile der Fallhöhe der Schleuse, so wird, weil der Wasserspiegel im Bassin um eben so viel steigt, als der in der Kammer fällt, der dritte Theil des Füllungsprismas im Bassin reservirt. Sind zwei solche Bassins vorhanden und liegt das eine um ein Viertel, das andere um die Hälfte der Fallhöhe höher als der Unterwasserspiegel, so wird durch jedes Bassin ein Viertel der Wassermenge, folglich im Ganzen die Hälfte des Füllungsprismas reservirt. Wären drei so grosse Bassins angelegt, so wäre die reservirte Wassermenge $^3/_5$ und bei vier Bassins $^4/_6$ des Füllungsprismas.

Um die Wirksamkeit der Seitenbassins zu vergrössern, hat man vorgeschlagen, ihnen eine grössere Ausdehnung zu geben. Ist der Flächeninhalt jedes Bassins doppelt so gross, als der der Schleusenkammer, so ist die eintretende Wassersparung: bei einem Bassin $^2/_5$, bei zwei Bassins $^4/_7$, bei drei Bassins $^6/_9$, bei vier Bassins $^8/_{11}$ der Wassermenge des Füllungsprismas.

Vergleicht man die Wassersparungen bei beiden angenommenen Grössen der Bassins, so sieht man, dass sich der Unterschied bei Anlage von zwei Bassins am grössten herausstellt, und zwar beträgt er $^1/_{14}$ der ganzen zur Füllung erforderlichen Wassermenge, und wenn die Anzahl der Bassins grösser wird, so nimmt er immer mehr ab. Hieraus ergibt sich, dass die Vergrösserung der Seitenbassins keinen bedeutenden Nutzen gewährt.

Statt eines besonderen Seitenbassins kann man zur Aufnahme eines Theiles des in der Schleusenkammer enthaltenen Wassers eine zweite Schleusenkammer benützen, die unmittelbar neben der ersten sich befindet und nur durch eine einfache Kammermauer davon getrennt ist. Begegnen sich an der Schleuse zwei Schiffe, von denen das eine herab-, das andere hinaufgeschleust werden soll, so muss zum Einlassen derselben in die Schleuse die erste Kammer gefüllt, die zweite entleert werden. Hiezu wird, nachdem die Thore geschlossen sind, der die beiden Schleusen verbindende Kanal geöffnet, und es stellt sich sodann ein Wasserstand dar, der bei vorausgesetzter gleicher Grösse der Kammern in die Mitte zwischen Ober- und Unterwasser fällt. Hiedurch füllt sich die zweite Kammer schon bis zur halben Höhe, und man braucht zu ihrer vollständigen Anfüllung aus dem Oberwasser nur halb so viel zu entnehmen, als bei einer gewöhnlichen Schleuse erforderlich gewesen wäre. Denselben Vortheil erreicht man auch, wenn ein Schiff herabgegangen ist und ihm ein anderes später nachfolgt, oder wenn zwei aufwärtsgehende Schiffe einander folgen; man müsste nämlich, nachdem ein Schiff sich bereits im Oberwasser befindet, die Hälfte des Inhaltes der ersten Kammer in die zweite, nachdem diese das zweite Schiff aufgenommen hat, ausfliessen lassen, wornach zur vollständigen Füllung derselben wieder nur die halbe Füllmasse erforderlich ist.

Damit dieser Vortheil aber vollständig erreicht wird, müssen sämmtliche Thore, so wie die Schütze im Verbindungskanal dicht schliessen. Je kürzer die

Zwischenzeit der durchschleusenden Schiffe, oder je lebhafter die Schifffahrt ist, um so weniger Wasser wird verloren gehen, und es ist daher bei einem lebhaften Verkehre diese Einrichtung bestens zu empfehlen, obwohl die Kosten noch einmal so gross sind, als bei gewöhnlichen Schleusen. In England, so wie auch in Russland hat dieses System Anwendung gefunden. Der Nutzen desselben in Bezug auf die Verminderung des Wasserbedarfes ist nicht zu verkennen; denn derselbe stellt sich sogar bedeutend günstiger heraus, als wenn man nach der früher besprochenen Weise ein Seitenbassin angelegt hätte.

Sowohl bei Seitenbassins, als auch bei der eben beschriebenen Anordnung müssen die Verbindungskanäle jedesmal mit doppelter Schütze versehen sein, damit dieselben sowohl von der einen, als von der andern Seite den Wasserzudrang abhalten, was durch eine einzelne Schütze von gewöhnlicher Construction nicht zu erreichen möglich ist.

Girard, Goudriaan und noch manche Andere haben ganz eigenthümliche, jedoch complicirte Einrichtungen vorgeschlagen, um eine Ermässigung des Wasserbedarfes beim Durchschleusen der Schiffe zu erreichen; allein theils sind sie gar nicht zur Ausführung gelangt, theils haben sich diese Einrichtungen in der Ausführung, z. B. wie jene von Goudriaan, gar nicht bewährt, so dass man sie alle als nicht praktisch bezeichnen kann und aus dieser Ursache ihrer hier nicht erwähnt.

b. Schiffsschleusen mit beweglichen Kammern.

Es sind dies Schleusenkammern, die durch eine mechanische Vorrichtung so gehoben und gesenkt werden können, dass der Spiegel des darin befindlichen Wassers abwechselnd an den Wasserstand des Ober- und Unterkanals sich anschliessen kann. Ein schwimmender Körper taucht so tief ein, dass das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit seinem Gewichte gleichkommt. Wird demnach ein Schiff in eine Schleusenkammer hineingezogen, so verdrängt dieses aus der Kammer eine Wassermasse, die eben so schwer ist, als das Schiff; tritt dann das Schiff aus der Schleusenkammer in die Kanalhaltung, so erhält die Kammer aus dieser statt des Schiffes eine gleich schwere Wassermenge. Hieraus ergibt sich, dass das Gewicht der gefüllten Schleusenkammer genau dasselbe bleibt, ob sich ein Schiff darin befindet oder nicht. Hat man demnach zwei solche bewegliche Kammern, von denen die eine sich hinauf- und gleichzeitig die andere sich hinab bewegt, so bildet die eine Kammer das konstante gleiche Gegengewicht der andern, d. h. sie befinden sich beide im Gleichgewichte, und zu ihrer jedesmaligen Bewegung, nämlich zum Heben und zum Senken, braucht man nicht mehr Kraft, als zur Ueberwindung der Reibung und ihres Trägheitsmomentes nothwendig sein wird.

Die Schwierigkeiten der Ausführung sind wohl sehr bedeutend, aber der Wasserverbrauch beim Gebrauche dieser Schleusen hört nicht nur ganz auf, sondern, wie es häufig geschieht, wenn der ganze Güterverkehr abwärts gerichtet ist, also die Schiffe beladen abwärts und geleert aufwärts geschleust werden, kann sogar das Oberwasser aus dem Unterwasser gespeist werden, weil die Wassermenge in der aufsteigenden Kammer jedesmal um das Gewicht der Schiffsladung grösser ist, als in der herabgehenden. Diese, das Gewicht der Schiffsladung betragende Wassermenge wird jedesmal durch die Kammer dem Oberwasser aus dem Unterwasser zugeführt.

James Anderson in Edinburgh hatte schon im vergangenen Jahrhunderte die Idee zur Ausführung einer Schleusenkammer mit beweglichen Kammern angegeben, die aber, wie es scheint, erst in neuester Zeit am Grand-Western-Kanal zur Ausführung kam.

In einem von allen Seiten abgeschlossenen und mit dem Ober- und Unterwasser in Verbindung stehenden Raume befinden sich zwei bewegliche Kammern, die sich gegenseitig in allen Stellungen im Gleichgewichte halten; wenn die eine heraufsteigt, sinkt die andere herab, es wird also gleichzeitig ein Schiff gehoben und eines herabgelassen. Sowohl der Ober-, als der Unterkanal müssen aus diesem Grunde in zwei Arme gespalten werden, von denen jeder nach Belieben mit der Schleusenkammer in Verbindung gesetzt werden kann.

Die ganze, bereits im Grand-Western-Kanal ausgeführte und im Gebrauche als zweckmässig befundene Anordnung ist in der Fig. 422 a, b und c, Taf. XII, im Grundriss, im Längenschnitt und in der vorderen Ansicht dargestellt.

Der genannte Kanal verbindet die Themse mit dem Severn; er dient wegen seiner ungünstgen Lage nur zum Zwischenverkehr, und bei dessen Anlage wurde schon auf die Erbauung von geneigten Ebenen und anderer Mittel zur Ueberwindung starker Gefälle Rücksicht genommen. Es befahren ihn nur sehr kleine Schiffe, die 26 Fuss lang, 6 ½ Fuss breit sind und 2 Fuss 3 Zoll tief tauchen. Die Ladung beträgt 8 Tonnen oder 160 Centner, und ein Pferd kann vier solche beladene oder 8 unbeladene Schiffe ohne Anstrengung ziehen. Da die Transportkosten wegen der häufig vorgekommenen Schleusen, durch welche

die Schiffe nur einzeln durchgeschleust werden konnten, sehr vertheuert wurden, und es diesem Kanal auch an Wasser gefehlt hatte, so sann man darauf, eine Einrichtung zu wählen, wobei das ganze Gefälle von 44 Fuss 8 Zoll auf eine einzige Schleuse concentrirt wurde und alle übrigen entfielen.

Die beiden Arme des Oberkanals, so wie die des Unterkanals endigen von starken Stirnmauern, welche unter sich durch zwei Seitenmauern und einen Mittelpfeiler verbunden sind. Dieser erstreckt sich sowohl auf-, als abwärts, trennt die beiden Kanalarme und theilt die Schleuse in zwei Schachte, in denen die beweglichen Kammern auf und nieder gehen. Letztere finden in den Schachten hinreichenden Spielraum, um sich frei bewegen zu können. Im Mittelpfeiler befinden sich überwölbte Galerien und Treppen, so dass man von oben zum Unterkanal herabsteigen kann. Ausserdem ist der Mittelpfeiler durch sechs grosse überwölbte Oeffnungen durchbrochen, theils um die Mauermasse desselben zu verringern, theils auch um die Räume zu erleuchten.

Jede Kammer ist so gross, dass eines der beschriebenen Schiffe hineinfahren kann und noch den nothwendigen Spielraum von einigen Zollen findet. Die Kammern bestehen aus Holz. Die Verbindung zwischen den Wänden und dem Boden ist durch eiserne Kniee im Innern hergestellt, während auf der äussern Seite, denselben gegenüber, starke Schienen angebracht und mittelst durchgehender Bolzen mit den Knieen verbunden sind. Die Fugen sind kalfatert. Die beiden kürzeren Seitenwände jeder Kammer werden durch gusseiserne Rahmen gebildet, die mit den Enden der Bohlen fest verbolzt sind und vorzugsweise die Stellung der Seitenwände gegen den Boden sichern. In diese Rahmen sind Nuthen eingehobelt, in welchen sich die eisernen Schützen, die die Kammern an beiden Enden abschliessen, bewegen. Vor jeder dieser vier Kanalmündungen ist ein gleicher Rahmen mit einer gleichen Schütze angebracht; sobald die Verbindung zwischen einer Schleusenkammer und einem dieser Kanäle hergestellt werden soll, lehnt man die Rahmen, von denen einer derselben immer mit getheerten Thauen verkleidet ist, aneinander, wodurch bei Anwendung eines starken Druckes ein ziemlich wasserdichter Schluss entsteht. Zieht man sodann die beiden sich beinahe schon berührenden Schützen auf, so ist die freie Verbindung zwischen der Kammer und dem Kanale hergestellt und die Schiffe können ungehindert ein- und ausfahren.

Bei dem Oberkanal hingegen sind jedesmal durch den Rahmen, der einen Kanal begränzt, zwei starke eiserne Stangen gezogen, die sich horizontal zu beiden Seiten des Schachtes bis an dessen rückwärtiges Ende fortsetzen. Hier sind sie mit Schraubengewinden versehen, welche durch einen starken gusseisernen Arm greifen, und indem die Schraubenmuttern rückwärts desselben durch eine Winde in Bewegung gesetzt werden, lehnt dieser Arm sich an den rückwärtigen Rahmen der Kammer und presst die ganze Kammer gegen den Oberkanal, so dass sie sich wasserdicht an diesen anschliesst. Neben der Sohle jedes Schachtes, d. i. bei den Unterkanälen, sind dagegen zu demselben Zwecke zwei aufwärts gerichtete gusseiserne Keile s Fig. 422 a, Taf. XII, angebracht, gegen welche die herabsinkende Schleusenkammer mit dem rückwärtigen Rahmen sich lehnt und dadurch von selbst an den Rahmen vor dem Kanale mit hinreichendem Drucke gepresst wird.

Von den Eisenschienen, welche die Kammer an der äusseren Seite umfassen, sind drei Paare über die Wände verlängert, und 3 Fuss über der Kammer umfasst jedes Paar einen gusseisernen Querbalken, auf welchem die Kammer hängt. Durch die Mitte eines jeden derselben ist, wie die Fig. 422 c zeigt, eine starke Tragstange gezogen, die den Balken trägt. Mittels Muttern, welche die mit einem Schraubengewinde versehenen Tragstangen festhalten, kann man die drei Balken gleichmässig unterstützen. Auch reichen ähnliche Stangen an die Enden der Balken herab, die sich mit den Tragstangen vereinigen und den Zweck haben, ein Durchbiegen oder Brechen der Balken zu verhindern. Auch diese können durch Schrauben nach Bedürfniss gespannt werden. Drei Hauptketten, welche über drei grosse Räder gezogen sind und in unmittelbarer Verbindung mit den Tragstangen stehen, tragen beide Kammern. Die Ketten sind aus platten Gliedern von vorzüglichem Eisen zusammengesetzt, die durch kurze doppelte Zwischenglieder mit einander verbunden sind. Die Räder, welche die Hauptketten tragen, sind aus Gusseisen; sie sind an den Rändern vertieft und mit flachen Zähnen versehen, die regelmässig zwischen die Verbindungsglieder der Ketten eingreifen und dadurch ein Gleiten verhindern. Die Räder haben bei 16 Fuss im Durchmesser; das mittlere ist mit einem gezahnten Kranze versehen, in welchen an jeder Seite ein Getriebe eingreift, das theils mit Bremsen, theils aber auch durch Räderwerk mit zwei Kurbeln in Verbindung steht, um, wenn nöthig, die Kammern auch ohne Uebergewicht bewegen zu können.

Zwölf hohle, 9 Fuss hohe und 1 Fuss im Durchmesser haltende Säulen, die auf den Seitenmauern

und auf dem Mittelpfeiler aufgestellt sind, tragen einen grossen gusseisernen Rahmen, auf welchem die zweimal gekuppelte, 10 Zoll starke und 22 Fuss lange schmiedeiserne Achse der Räder steht.

Durch das stets wechselnde Gewicht der schweren Ketten, woran die Schleusenkammern hängen, müsste eine wesentliche Störung des Gleichgewichtes entstehen, indem beim Beginn der Bewegung sich der grösste Theil dieser Tragketten auf der Seite derjenigen Kammer, welche gehoben werden soll, befindet, und es wäre demnach bei Eintritt der Bewegung ein bedeutender Ueberschuss an Kraft erforderlich. Nach Beginn der Bewegung vermindert sich sogleich das Uebergewicht der aufsteigenden Kammer, und über der Mitte des Weges geht dieses sogleich auf die andere Kammer über. Um nun die Gewichte dieser Tragketten auszugleichen und das Gleichgewicht in jeder Lage der Kammern vollständig herzustellen, sind an dem Boden jeder Kammer noch drei solche Ketten angehängt, die mit den Tragketten gleiches Gewicht haben. Der untere Theil dieser Ausgleichungsketten liegt auf dem Boden, und es bleiben sonach die Längen der herabhängenden Theile derselben und folglich auch ihre Gewichte sich gleich. Die Sohlen der Schachte müssen aber so tief gesenkt sein, dass die Schleusenkammern, wenn sie die tiefste Stellung einnehmen, nicht auf die Ketten aufliegen.

Zur Führung der Kammern während ihrer Bewegung dienen kleine gezahnte Räder, die an die Seitenwände der Kammern befestigt sind und in gezahnte Stangen, p p Fig. 422 a, eingreifen. Um die Bewegung der Kammern eintreten zu lassen, wird, ausserdem, dass das Räderwerk mittelst Kurbeln in Betrieb gesetzt wird, noch jedesmal in derjenigen Kammer, die mit dem Oberwasser verbunden ist, durch geringe Ueberhöhung des Wassers, etwa um 2 Zoll, ein Uebergewicht erzeugt (bei dieser Grösse der Kammern beträgt dieses Uebergewicht bei einer Tonne), so dass diese Kammer von selbst herabsinkt und man die Bewegung beider allein durch die Bremse reguliren kann. Auch muss man noch auf einigen Verlust des Wassers wegen Undichtigkeit der Fugen und wegen jedesmaliger Füllung des Raumes zwischen beiden Schützen rechnen, um welche Quantität das Oberwasser, wenn die beladenen Schiffe herab- und die leeren hinaufsteigen, weniger gespeist werden.

Die ganze Dauer einer Schleusung mit allen dabei vorkommenden Vorrichtungen, in welcher Zeit also ein Schiff 44 Fuss 8 Zoll gehoben wird, beschränkt sich auf 3 Minuten, während bei einer gewöhnlichen Schleuse von 8 Fuss Fallhöhe die Zeit des Durchschleusens eine bei weitem grössere ist.

Diese Einrichtung soll dem Zwecke nicht nur entsprechen, sondern sogar überraschende Resultate ergeben haben; jedoch ist zu vermuthen, dass sie eine weit grössere Vorsicht, als der Gebrauch gewöhnlicher Schleusen erfordert, um den Betrieb zu sichern und leicht mögliche Unfälle zu vermeiden.

c. Geneigte Ebenen.

Ausser der erwähnten vertikalen Bewegung der Kammern können dieselben auch auf geneigten Ebenen hin- und hergezogen werden, und indem sie sich abwechselnd an das Ober- und Unterwasser anschliessen, stellen sie die Verbindung zwischen beiden her. Auf dem Montland-Kanal, der sich in der Nähe von Glasgow an den Forth- und Clyde-Kanal anschliesst, hat man dieses System, wonach die ganze Schleusenkammer auf einer geneigten Ebene sich bewegt, zur Ausführung gebracht. Die Schiffe, welche diesen Kanal befahren, sind 68 Fuss lang und 12 Fuss 4 Zoll breit. Das zu überwindende Gefälle betrug nahe 93 Fuss. Die Ebene, welche den Oberkanal mit dem Unterkanale verbindet, ist $^1/_{10}$ ihrer Länge geneigt, im Ganzen 835 Fuss lang; hievon reichen 68 Fuss in die Unterkanäle hinein, weil die beweglichen Kammern jedesmal so tief in das Unterwasser herablaufen müssen, bis der innere und äussere Wasserstand gleiche Höhe haben. Auf der geneigten Ebene liegen zwei Geleise von beiläufig 7 Fuss Spurweite. Der Abstand beider Geleise beträgt von einander 17 ½ Fuss. Die Schienen sind auf Langschwellen befestigt. Die Wagen, worauf beide Schleusenkammern ruhen, bestehen ebenso wie diese ganz aus Eisen. Die Kammern sind in gleicher Weise, wie eiserne Schiffe, aus starken Blechen und Knieeisen zusammengenietet. An beiden Enden der Kammern befinden sich eiserne Schützen, die, an Ketten gehängt, mit Gegengewichten versehen und mittelst Kurbeln gehoben und herabgelassen werden. Ein hölzerner Ueberbau von etwa 6 Fuss Höhe befindet sich auf jeder Kammer; derselbe dient theils zur Befestigung der darin befindlichen Schiffe, theils aber zum Tragen der Wellen, um welche die Ketten geschlungen sind. Damit die Schleusenkammer die horizontale Lage einnimmt, muss der Wagen an dem einen Ende um 7 Fuss höher sein, als am andern. Zehn Achsen oder zwanzig Räder tragen den Wagen. Räder, so wie Schienen, sind denen bei Eisenbahnen angewendeten gleich. Das Gewicht jedes Wagens mit Einschluss der Schleusenkammer und deren Füllung beträgt 70 Tonnen. Durch ein besonderes,

2 Zoll starkes Drahtseil, das an der dem Unterwasser zugekehrten Seite befestigt ist, wird jeder Wagen heraufgezogen und daran herabgelassen. Unter dem Wagen sind mehrere starke eiserne Stützen angebracht, die um horizontale Achsen befestigt sind, und herabfallend, sich in die geneigte Ebene zwischen die Schienen einstellen können. Während des gewöhnlichen Ganges ruhen sie auf dem Drahtseile, sobald dieses aber seine Spannung verliert, z. B. beim Reissen des Seiles, verlieren diese Stützen ihre Unterstützung, fallen mit dem einen Ende auf den Boden, und indem sie in denselben tief einschneiden, bringen sie den Wagen zum Stillstande. Die aufwärts gehende Kammer hat immer das gleiche Gewicht der abwärtsgehenden, weil man in beiden gleichen Wasserstand erhält; es ist sonach eine Kraft erforderlich, um die Bewegung hervorzubringen, so wie um die verschiedenen Reibungen zu überwinden und um das Uebergewicht des ausgelaufenen Drahtseiles auszugleichen. Zwei zu diesem Zwecke am oberen Ende der geneigten Ebene mit einander verbundene Hochdruck-Maschinen treiben eine Welle, woran sich in der Mitte zwischen beiden Geleisen ein Getriebe befindet. Dieses greift in ein eisernes Stirnrad von 10 Fuss Durchmesser, das ein eben so grosses zweites in Bewegung setzt, welches sich in entgegengesetzter Richtung dreht. Jedes derselben ist mit einer grossen 16 Fuss Durchmesser haltenden, 3 ½ Fuss breiten Trommel in Verbindung, welche zwischen den Schienen beider Geleise liegen. Die Enden der Drahtseile sind an diesen Trommeln befestigt, die bei Bewegung der Maschinen ein Seil auf- und das andere abwinden, wodurch ein Wagen hinauf und der andere hinab geht.

Lässt man aber statt der Kammern mit den Schiffen diese letzteren allein den Weg machen, so wird die Anlage nicht nur viel einfacher, sondern es ist auch zum Betriebe eine weit geringere Kraft genügend. Eine solche Einrichtung ist in der That bei mehreren Kanälen, sowohl in England, in Nord-Amerika, wie auch bei einem Kanale in Preussen getroffen worden.

Das auf einem Wagen längs der schiefen Ebene hinaufgezogene Schiff tritt, nachdem es oben angekommen, in eine Kammer, welche mit dem Oberwasser in Verbindung steht, und durch welche es wieder flott gemacht wird, um seine Fahrt weiter fortsetzen zu können. Wenn möglich, so trifft man derart die Einrichtung, dass die beladenen Schiffe herab- und die leeren hinaufgehen. Da die Kanalschiffe flache Böden haben, so lassen sie sich sehr sicher auf die Wagen stellen, und da sie ausserdem noch von einem Ueberbau des Wagens gehalten werden, so ist gar nicht zu befürchten, dass die Schiffe eine ungleiche Unterstützung erhalten und durch die ohnedies sehr geringen Erschütterungen leiden.

Die erste geneigte Ebene dieser Art in England wurde auf einem kleinen isolirten Kanale in der Grafschaft Shropshire ausgeführt, der keinem öffentlichen Verkehre gewidmet ist. Es handelte sich darum, einen Schifffahrtsweg von nur 6400 Fuss Länge herzustellen, welcher aber ein Gefälle von 70 Fuss überwinden musste. Die hier benützten Schiffe sind sehr klein und ihre Form ist kastenförmig, ohne Zuschärfung. Sie werden beim Befahren einer horizontalen Kanalstrecke unmittelbar eines an das andere befestigt, so dass sie gleichsam nur ein langes Schiff bilden. Sie sind 19 Fuss lang, nahe 6 Fuss breit und 3 Fuss hoch, und werden mit 100 Centnern beladen, wobei sie bei 2 Fuss tief tauchen. Die Wagen, auf welche sie gestellt werden, sind mit vier Rädern versehen, von denen das eine Paar 2 ½, das andere dagegen nur 1 ¼ Fuss hoch ist. Ueber den ersteren Rädern ist noch eine Ausfütterung angebracht, so dass die Ebene, auf welche das Schiff gestellt wird, in der Schleuse beinahe horizontal ist. An den langen Seiten der Wagen befinden sich Verstrebungen aus Holz, durch eiserne Zugstangen unterstützt, die theils die Seitenwände bilden und auch theils zur Befestigung des Seiles dienen, woran die Wagen aufgezogen und herabgelassen werden. Hiezu sind die beiderseitigen Stiele oben durch einen Riegel verbunden, an welchem sich ausser einem Haken zur Befestigung des Windetaues noch zwei Ketten befinden, die zum Halten der Schiffe wieder in Haken, welche sich vorne und rückwärts an den Schiffen befinden, eingreifen.

Die Fig. 430, Taf. XVI, zeigt den Längenschnitt durch eine Schleuse, so wie auch einen Theil des Oberkanals und der geneigten Ebene. Soll ein Schiff in der Schleuse oder im Unterwasser auf den Wagen gebracht werden, so muss dieser etwas tiefer unter Wasser stehen, als der Tiefgang des Schiffes beträgt; man zieht sodann das Schiff über den Wagen und hängt die von dem erwähnten horizontalen Riegel ausgehenden Ketten, eine in dem am vorderen und eine in dem am rückwärtigen Ende des Schiffes befindlichen Haken. Die schiefe Ebene hat eine Neigung mit zweifacher Anlage; in den Schleusenkammern ist sie dagegen bedeutend flächer. Die Spurweite jedes Geleises beträgt 6 Fuss und die beiden Geleise sind 7 Fuss von einander entfernt. Hiedurch bleibt zwischen

beiden Schleusen ein 5 Fuss breiter Raum, welchen man zur Herstellung eines Bassins benützt hat, in welchen man bei jedesmaliger Entleerung einer Schleusenkammer deren Inhalt, durch Oeffnung der Schütze D, hineinfliessen lässt. Dieses aufgefangene Wasser fliesst von hier durch einen in der Fundamentmauer angebrachten Kanal G in ein zweites grösseres Bassin, in welches auch das wegen mangelhaften Schlusses aus der Kammer quillende, im gemauerten Kanale I gesammelte Wasser geleitet wird. Mittelst einer kleinen Dampfmaschine wird nun dieses ganze Wasser in den Oberkanal wieder zurückgepumpt. Die Schleusenkammern sind so breit, dass sie gerade nur den Wagen aufnehmen können. Ein einfaches Schleusenthor bildet den Abschluss gegen das Oberwasser; es ist mit einer Schütze versehen, welche zum Füllen der Kammer dient. Die Kammer selbst wird gegen die geneigte Ebene durch eine Schütze geschlossen, welche in der Figur geöffnet dargestellt ist; sie ist dergestalt durch ein Gewicht C balancirt, dass sie gerade noch von selbst herabfällt. Um die Trommel H ist ein Seil geschlungen, welches sich um eine kleinere Trommel windet, deren Achse mit der Kurbel F und ausserdem mit einem Sperrrade versehen ist. Mittelst dieser Kurbel wird die Schütze gehoben und gesenkt.

Das Windetau, woran jeder Wagen heraufgezogen und herabgelassen wird, schwebt über der Mitte seiner Bahn und über der Mittellinie der Schleuse. Ist es weit ausgezogen, so liegt es auf der schiefen Ebene und gleitet auf 15 Fuss von einander entfernte Leitrollen. Dieses Tau ist an den horizontalen Riegel des Wagens, der die vertikalen Stiele mit einander verbindet, befestigt, geht oberhalb der Schleuse über eine Scheibe L, die keinen weiteren Zweck hat, als den Wagen ganz in die Schleuse hineinzubringen, weil man die Haupttrommel nicht so weit zurückstellen konnte. Von der Scheibe gelangt das Tau auf die Haupttrommel M, welche sich bis über die zweite Kammer hinaus verlängert und auch das andere Windetau aufnimmt. Die Windungen der Taue sind aber entgegengesezt, so dass bei der Drehung der Trommel das eine Tau nachgelassen, das andere angezogen wird. Um die Bewegung der Trommel zu mässigen, befindet sich auf der Mitte derselben ein grosses Bremsrad N. Dasselbe kann theils durch den Rahmen, der es umschliesst, schon gesperrt werden, indem beim Andrücken des Hebels P die beiden Bremsklötze S gegen den Umfang des Rades wirken; ausserdem dient hiezu noch die unter dem Rade angebrachte mit Holz gefütterte Bremskette, die mittelst des Hebels T gespannt wird. Diese Einrichtungen sind so angebracht, dass der Maschinenwärter alle einzelnen Theile von einem Punkte aus in Bewegung setzen kann.

Sobald der Wagen in der Kammer sich befindet, lässt der Wärter die Schütze herab, welche die Stelle des Unterthores versieht. Sodann zieht der mit dem Schiff heraufgekommene Arbeiter die Schütze des Oberthores auf, und sobald die Kammer gefüllt ist, öffnet er mittelst des Drehbaumes das Thor, löst das Schiff vom Wagen und schiebt es in das Oberwasser. Darauf wird ein beladenes Schiff in die Kammer geführt und dieses sowohl, wie gleichzeitig auch im Unterwasser ein leeres, an die Wagen befestigt. Durch eine Glocke, deren Zug bis zum Unterwasser reicht, wird das Zeichen, dass alles vorbereitet ist, gegeben. Hierauf tritt der Maschinenwärter mit dem Fusse auf den Hebel E und öffnet dadurch die Schütze D, wodurch die Schleusenkammer sich entleert. Während dies geschieht, drückt er den Hebel P fest an, um ein Herablaufen des Wagens, sobald derselbe durch das Schiff belastet wird, zu verhindern, weil sonst das Oeffnen der unteren Schütze der Kammer unmöglich werden würde. Er stellt den Hebel P und mit ihm die Bremse fest, indem er die gezahnte eiserne Stange Q in jene einhakt. Hierauf windet er mit der Kurbel F die untere Schütze der Kammer auf und setzt dadurch die Schleusenkammer mit der geneigten Ebene in Verbindung. Bei der geringen Neigung der Bahn innerhalb der Schleuse kommt der Wagen, nachdem die Bremse festgestellt worden, nicht in Bewegung; hat er aber durch Lüftung der Bremse die Schleuse verlassen, so muss diese wieder festgestellt werden, und trotzdem wird die Geschwindigkeit oft eine bedenklich grosse. Sobald dieses geschieht, tritt der Wärter auf den Hebel R, dreht dadurch den Winkelhebel T, welcher die untere Bremskette anzieht, wodurch die Bewegung vollständig geregelt wird. Die Zeit des Herauf- und Herablassens eines Wagens beträgt zwischen 2 und 3 Minuten.

An der Rolle L befindet sich noch ein gezahntes Rad, in welches ein doppeltes Vorgelege greift, das mittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt werden kann. Mit Hilfe dieser Kurbel und wenn zugleich einige Arbeiter das grosse Bremsrad an den Speichen fassen und zu drehen sich bemühen, kann der Wagen mit dem leeren Schiffe, falls auch kein beladenes herabgeht, heraufgebracht werden, was zwar beim gewöhnlichen Schifffahrtsbetrieb nicht vorkommt, wohl aber dann, wenn ein Schiff verunglückt ist und durch ein neues ersetzt werden muss.

Ausgedehntere Anwendung haben die geneigten

Ebenen auf einzelnen Kanälen in Nord-Amerika gefunden. Besonders ist dies auf dem Morris-Kanale der Fall, woselbst durch 23 geneigte Ebenen ein Gefälle von 1399 Fuss überwunden wird. Die Neigung derselben wechselt zwischen $^1/_{12}$ und $^1/_{10}$. Daselbst waren, jedoch im grösseren Massstabe, ähnliche Kammern, wie in dem vorbeschriebenen Beispiele, ausgeführt; in den allerletzten Jahren jedoch hat man diese Kammern an den schiefen Ebenen, als zu umständlich, entfernt, und die Eisenbahn, welche beide Kanalstrecken verbindet, mit einem nahe am Oberkanale gelegenen Scheitel versehen, von welchem aus sie sich nach beiden Seiten senkt. Hiedurch wurde die Anlage sehr vereinfacht. Da die geneigten Ebenen des neu angelegten Elbing-oberländischen Kanals eine ganz ähnliche Einrichtung, wie die des Morris-Kanals haben, und die Beschreibung der ersteren hier folgt, so wird über die Anlage des Morris-Kanals nichts weiter erwähnt.

Die Anlage einer Wasserstrasse, die eine schiffbare Verbindung zwischen dem Drausen-See bei Elbing mit den Oberländischen Seen bei Mohrungen und Ostenrode herstellt, wurde im Jahr 1825 von den Landständen der Provinz Preussen zuerst angeregt, indem die grosse Produktivkraft in forst- und landwirthschaftlicher Beziehung des Oberlandes die Wichtigkeit und Nothwendigkeit eines solchen Unternehmens ausser allen Zweifel setzten.

Ein Blick auf die Karte des preussischen Oberlandes zeigt eine Reihe langgestreckter Seen, die durch kurze Kanalstrecken leicht zu verbinden waren. Aber ein Kanal im Innern des Landes ohne weitere Verbindung nützt wenig; es musste demnach auf eine Verbindung dieser Seen mit dem Meere, respective mit dem Drausen-See, gedacht werden, wobei aber in der kurzen Länge von $1^1/_4$ Meile ein Gefälle von 317 Fuss zu überwinden war. Welche kostbaren Schleusenwerke wären dazu erforderlich gewesen! Erhielte auch jede Schleuse ein Gefälle von 10 Fuss, so würden doch 15 Schleusen, darunter 4 zweifach, 1 dreifach, 1 sechsfach und 1 siebenfach gekuppelte, mithin 32 Schleusenkammern nothwendig gewesen sein, während bei der Wahl von geneigten Ebenen nur deren vier erforderlich waren. Und selbst wenn man die Anlagekosten nicht gescheut hätte, so entsteht erst noch die Frage: ob die oberländischen Seen ohne Schaden für die Schifffahrt so viel Wasser hätten abgeben können, als der lebhafte Durchgang der Fahrzeuge durch die Schleusen consumirte? Die Kosten stellten sich bei Annahme von massiven Schleusen um pp. 300,000 Thaler höher, als bei der Annahme von geneigten Ebenen. Diese Ergebnisse waren für den Beschluss der Anlage von geneigten Ebenen entscheidend.

Von Drewenz-See bis Liebemühl wurde der Liebe-Fluss kanalisirt; er erhielt eine einfache Schleuse bei Liebemühl mit 8 Fuss 2 Zoll Fallhöhe und eine zweite bei Grünort mit 5 Fuss 5 Zoll Fallhöhe. Die Kammern wurden 100 Fuss lang und 10 Fuss breit angelegt. Von Liebemühl aus wurden der Mühlenteich-, der Eilings-, der Röthloff-, der Samrodt- und der Pinnau-See durch kurze Kanalstrecken verbunden. Behufs der Verbindung des Pinnau- mit dem Drausen-See wurde der Kanal mit vier geneigten Ebenen bei Buchwald, Kanten, Schönfeld und Hirschfeld, sowie auch unter letztgenanntem Orte mit fünf Schleusen versehen. (Diese letzteren sollen seiner Zeit auch durch eine geneigte Ebene ersetzt werden.) Von Liebemühl zweigt sich der Geserich-Kanal nach dem Duben-See ab. Dieser Kanal passirt den Abiskar-See, dessen Wasserspiegel 5 Fuss niederer, als der des Geserich-Kanals ist. Derselbe ist auf einem Damme durch den See geleitet. Dieser grosse Aquäduct hatte stellenweise 60 Fuss Wassertiefe auszufüllen, ist 1550 Fuss lang und hat eine Kronenbreite von 124 Fuss.

Die Buchwalder Ebene hat vom Ober- bis zum Unterwasser ein Gefälle von 65, die Kantener von 60, die Schönfelder von 78 und die Hirschfelder von 70 Fuss. Jede Ebene hat im oberen und unteren Bassin eine Neigung von 1 : 24, im übrigen Theile von 1 : 12. Sie ist ihrer ganzen Länge nach mit zwei parallel laufenden Schienengeleisen belegt.

Die Fig. 423 a, b, c, d, e, f, g und h, Taf. XIII und XIV, zeigt eine solche geneigte Ebene, so wie die Skizze ihrer Triebwerke.

Die beiden auf eichenen Langschwellen liegenden Vignol-Schienengeleise haben 10 Fuss 2 Zoll lichte Weite. Um den Wagen im oberen und unteren Bassin eine horizontale Stellung zu geben und hiedurch eine horizontale Auflagerung der Schiffe auf die Wagen während ihres Ganges aus dem Bassin zu ermöglichen, ist folgende Einrichtung getroffen: Je zwei Räderpaare bilden ein System und die Achsen des einen Fig. 423 g und h sind um eine Felgenbreite länger, als die des andern. Im Oberwasser Fig. 423 g liegt *ausserhalb* der durchgehenden Schienen, um eine halbe Felgenbreite von diesen entfernt, ein zweites Paar Schienen, die anfangs horizontal fortgehen, während die durchlaufenden sich senken, dann aber 15 Zoll höher als diese mit ihnen parallel laufen. Im Unterwasser Fig. 423 h befindet sich ein zweites

solches Schienenpaar *innerhalb* der durchgehenden Schienen. Ausserhalb des Wassers aber läuft nur ein Schienenstrang für den Wagen. Die Felgenbreite der Räder ist in drei Theile getheilt. Der mittlere Theil gehört der Bremsvorrichtung. Die Benützung der äusseren Theile wird sogleich klar werden. Bewegt sich der Wagen ausserhalb des Wassers auf den durchlaufenden Schienen, so ruhen die vier Vorderräder auf ihren äusseren Felgentheilen, die vier Hinterräder aber, deren Achsen länger sind, auf den inneren Felgentheilen. Im Oberwasser dagegen treten die vorangehenden vier Räder mit ihren äusseren Theilen auf die äusseren, d. i. auf die höheren Schienen, während die vier nachfolgenden Räder auf den niederen, d. i. auf den durchlaufenden, Schienen bleiben, wodurch der Wagen die horizontale Stellung bekommt. Bei eintretender und fortgesetzter Bewegung verlassen die äusseren Felgen die erhöhten und die inneren Felgen treten auf die durchlaufenden Schienen. Im Unterwasser dagegen treten die vier rückwärtigen Räder mit ihren inneren Theilen auf die inneren, d. i. auf die höheren, Schienen, während die vorangehenden vier Räder auf den niederen durchlaufenden Schienen bleiben, wodurch abermals die horizontale Stellung des Wagens erreicht ist.

Der mit acht Rädern versehene Wagen Fig. 424 a, b und c, Taf. XIV, ist ganz von Eisen konstruirt; er hat im Boden eine Länge von 64 Fuss, eine lichte Breite von 10 Fuss und ist mit zwei hohen Geländern versehen. Sein Boden ist mit starken Latten belegt. Die schwersten Wagen befinden sich auf der Ebene zu Buchwald, weil sie wegen der Differenz zwischen dem höchsten und niedersten Wasserstande in der höchsten Kanalhaltung um 5 Fuss mehr Höhe haben, als die Wagen der anderen Ebenen; ein solcher schwerer Wagen hat ein Gewicht von 521 Centnern. Die Kanalschiffe sind 78 Fuss über Steven lang, im Boden 8 Fuss und in den Borden 9 Fuss 6 Zoll breit. Das Gewicht eines Schiffes beträgt 156 Centner. Da die grösste Belastung 1000 Centner beträgt, so ergibt sich ein Gesammtgewicht von 1677 Centnern.

Die Schiffe so wie alle Einrichtungen des Morris-Kanals sind kleiner, indem die grösste daselbst zu befördernde Last höchstens 700 Centner beträgt.

Im Momente der Ruhe steht ein Wagen im oberen und der andere im unteren Bassin so unter Wasser, dass nur das Geländer desselben herausragt, welches dem Schiffer genau die Stellung des Wagens bezeichnet. Kommt nun ein Schiff an, so fährt es zwischen beiden Seitengeländern in den Wagen ein und wird vorne und rückwärts mit Ketten an denselben festgelegt, wodurch das Fahrzeug gezwungen ist, vorläufig schwimmend, der Bewegung des Wagens zu folgen. Dieser hebt sich immer mehr, drückt sich gegen den Boden des Schiffes und hebt dieses endlich ganz aus dem Wasser.

Die Fortbewegung der Schiffwagen auf der Eisenbahn geschieht mittels Drahtseilen auf vertikalen Leitscheiben, wie es der Grundriss und das Profil zeigt. Die an den Trommeln und an den dem Oberhaupte zugewendeten Enden der Wagen befestigten Drahtseile haben 1.33 Zoll, die über die Scheiben im Unterwasser laufenden, die beiden Wagen verbindenden Rückseile aber nur 1 Zoll im Durchmesser. Die Stärke dieser Seile ist auf dreifache Sicherheit berechnet. Für den Fall eines Zerreissens des Seiles besteht folgende Bremsvorrichtung: Um den mittleren Felgentheil jedes der acht Räder befindet sich ein loses eisernes Band; durch eine einzige Schraubenvorrichtung ist man aber im Stande, diese Bänder um die Räder festzuziehen und die Rotation derselben zu hindern, so dass der Wagen ohne jeden andern Halt auf der geneigten Ebene stehen bleibt. Der Durchmesser der mittleren Seilscheibe im Unterwasser beträgt 17 Fuss, aller übrigen Seilscheiben 12 Fuss.

Das Maschinenhaus liegt am oberen Ende der geneigten Ebene. An seiner Seite befindet sich ein ganz eisernes Wasserrad von 27 Fuss Durchmesser und 12 Fuss lichter Breite. Es ist rückschlächtig, hat 60 Wasserzellen und 68 Pferdekräfte. Die Wasserconsumtion ist im grössten Wirkungsgrade auf 34 Kubikfuss pro Sekunde berechnet. Dem Wasserrade wird das Betriebswasser aus dem Oberwasser durch eine, mittels eines Ventils abzusperrende Röhrenleitung von 40 Zoll im Durchmesser, die in zwei Standröhren von 36 Zoll Durchmesser übergeht, zugeführt. Das benützte, so wie auch das zur Speisung nothwendige Wasser wird durch ein Ableitungsrohr und einen kleinen Kanal der nächsten Kanalhaltung zugeleitet.

Mittels einer auf der unteren Fläche des Radkranzes befindlichen Verzahnung und verschiedener Bewegungstheile wird die Kraft des Wasserrades auf die 12 Fuss im Durchmesser haltende gusseiserne Trommel, an welcher die Haupttheile befestigt sind, übertragen. Die Länge der Trommeln ist nach Massgabe der Länge der Ebene verschieden, und zwar beiläufig zwischen 7 bis $8\frac{1}{3}$ Fuss. Der Wagen bewegt sich bei $12\frac{1}{2}$ Fuss Umfangsgeschwindigkeit des Wasserrades mit einer Geschwindigkeit von $2\frac{1}{2}$ Fuss in der Sekunde. Wenn angenommen wird, dass ein Drittel des Weges nur mit einer Geschwindigkeit von

1 Fuss zurückgelegt wird, dann ergibt sich beispielsweise für den 1530 Fuss langen Lauf des Wagens auf der Buchwalder geneigten Ebene eine Zeit von 15 Minuten 18 Sekunden, und mit Auf- und Abschwimmen der Kanalschiffe eine Zeit von 20 Minuten, so dass in 12 Stunden mindestens 36 Fahrten gemacht werden können.

Alle Einrichtungen dieses Kanals, insbesondere die von den geneigten Ebenen mit ihren Triebwerken, entsprechen vollkommen den gehegten Erwartungen.

Die Kosten dieser ganzen, in 16 Jahren vollendeten und im Frühjahre 1861 dem Verkehre übergebenen Kanalanlage betrugen in runder Summe 1,350,000 Thaler, wovon auf die Maschinen-Wagen und Schienen 238,000 Thaler zu rechnen sind.

Mit dieser Summe ist eine Schifffahrtsbahn von überhaupt 26 Meilen gewonnen worden. Darunter befinden sich 5 ½ Meilen wirklicher Kanäle, während 20 ½ Meilen die Länge der Seen beträgt, in welchen aber nach ihrer Senkung die nöthige Schifffahrtstiefe zum Theil durch Baggerungen geschafft werden musste.

Durch die Senkung der Seen, die bei manchen nicht unbedeutend war (z. B. der Samrodt- nnd Pinnausee um 17 Fuss), hat man, um mit den übrigen Kanalstrecken und Seen ein gleiches Niveau zu erhalten, nicht nur bei 2000 Morgen trocken gelegt und vorzüglichen Wiesengrund erhalten, sondern es haben auch die Bodenverhältnisse durch diese Entwässerung in weitem Umkreise gewonnen, und es ist eine Wasserbahn erzielt worden, welche ohne Unterbrechung von Schleusen 16 ½ Meilen Länge hat. Kein zweiter Kanal kann eine solche ununterbrochene Ausdehnung aufweisen.

V. Abschnitt.

Der Kanalbau.

Allgemeines über Kanalbau.

§. 15.

Bei der Aufstellung eines Kanalprojektes sind fast immer die Endpunkte desselben durch den Zweck der ganzen Anlage gegeben; nur in Fällen, in welchen die Verbindung zweier Ströme beabsichtigt wird, müssen die Endpunkte derart angenommen werden, dass die Kanallinien, bei der grössten Sicherheit des Verkehrs, die geringsten Anlagekosten bedingen.

Jeder Kanal besteht aus einzelnen *Kanalstrecken* oder *Haltungen*, welche in verschiedenen Höhen liegen, mit stehendem Wasser gefüllt und durch Kammerschleusen von einander getrennt sind. Ueberschreitet ein Kanal eine Wasserscheide, so muss derselbe eine *Theilungshaltung* oder *Scheitelstrecke* erhalten, d. i. seine zuhöchst gelegene, von welcher aus der Kanal nach beiden Richtungen fällt. Das Längenprofil eines Kanals ist vorzugsweise durch die Höhenlage des Terrains bestimmt, und indem man sich für eine gewisse Richtungslinie entscheidet, ist zugleich über das Längenprofil des Kanals, d. i. über die Höhenlage der Scheitelstrecke und über die Vertheilung der Schleusen, entschieden worden.

Jede Kanalstrecke wird von der nächst oberhalb gelegenen mit Wasser versehen, wozu die Seitenzuflüsse mitwirken, die hin und wieder zur Verstärkung der Speisung benützt werden; die gehörige Speisung der Scheitelstrecke ist aber in den meisten Fällen sehr schwierig, und deshalb hat die Lage der Quellen und Bäche zur Seite der Wasserscheide einen wesentlichen Einfluss auf die Wahl der Kanallinie.

Leicht ist die Linie zu finden, wenn die Wasserscheide aus einer sumpfigen Ebene besteht, in der vielleicht noch Seen liegen, in welchem Falle man die tiefste Einsenkuug wählt, wo sich immer die meisten Quellen finden; die Kanalzweige erfordern sodann die geringste Anzahl von Schleusen. Eben so verfährt man, wenn die Gebirgshänge durch einen hohen Gebirgskamm getrennt sind. Hier wird es sich häufig treffen, dass die nöthige Wassermenge zur Speisung der Scheitelstrecke nicht vorhanden ist und dass man zur Anlage von Reservoirs seine Zuflucht nehmen muss. Aber nicht immer ist es zweckmässig, den niedersten Punkt des Rückens zu wählen, besonders wenn derselbe für die Kanalzweige nicht günstig liegt und sich Schwierigkeiten mit der Herbeischaffung des Speisewassers ergeben; man wird dann besser thun, diejenige Stelle des Bergrückens zu suchen, wo der Kamm die geringste Dicke hat, um denselben mit einem Tunnel zu durchdringen. Die Scheitelstrecke kann in diesem Fall tiefer gelegt werden, als früher, die Speisung wird sicherer und es vermindert sich die Anzahl der Schleusen in den Kanalzweigen. Von der Wasserscheide ausgehend, kommt es darauf an, die geeigneten Seitenthäler, welche man beim Ersteigen eines Gebirges zu verfolgen gezwungen ist, möglichst bald zu erreichen, wenn diese durch den Tunnel nicht unmittelbar in Verbindung gesetzt werden könnten.

Eine gute Karte wird schon zu einem beiläufigen Urtheil für die schickliche Uebergangsstelle führen, worauf ein genaues Nivellement mit Aufnahme der Horizontalschichten, wie eine genaue Untersuchung des Terrains unbedingt nothwendig ist, in Folge dessen sich die Uebergangsstelle, die Ausdehnung der Scheitelstrecke, wie auch die Führung in die Seitenthäler sicher ermitteln lassen. Bei Beurtheilung des geeignetsten Ueberganges über die Wasserscheide ist auch eine geognostische Untersuchung des Bodens erforderlich, um die Schwierigkeiten der Ausführung des Einschnittes oder des Tunnels kennen zu lernen,

wie auch um besonders starke Filtrationen zu vermeiden. Sollte sich weder in der einen, noch in der andern Weise eine geignete Uebergangsstelle über die Wasserscheide finden, so müsste man zu den geneigten Ebenen seine Zuflucht nehmen. — Der kleinste zulässige Krümmungshalbmesser ist durch die Länge der Schiffe bedingt und beträgt gewöhnlich 60 Meter.

Gewöhnlich legt man den Kanal in die Thalsohle, weil daselbst die Filtration geringer, als an der Thalwand ist und sich auch dort viel eher eine brauchbare Erde zu Dämmen vorfindet. Ist aber das Thal so eng, dass zwischen dem Bache und der Bergwand kein Raum für den Kanal bleibt, so wird man den Kanal in die Mitte der Thalsohle, oft in das Bachbett selbst verlegen müssen. Die Nachtheile der letzteren Anlage sind aber sehr gross.

Die angegebene grössere oder geringere Fallhöhe einer Kammerschleuse richtet sich nach dem Wasserzufluss. Gewöhnlich ist es Regel, die Fallhöhen der Schleusen so lange gleich anzunehmen, bis der Kanal einen neuen Zufluss erhält; jedoch wegen der Verminderung der Wassermenge durch Verdunstung und Filtration ist es zweckmässiger, die oberste Schleuse mit der grössten Fallhöhe zu versehen und dieselbe nach Massgabe dieser Einwirkungen in den folgenden Schleusen abnehmen zu lassen. Sind die Fallhöhen der Schleusen festgesetzt, so ergeben sich nach dem bekannten Gefälle des Terrains die Längen der einzelnen Haltungen.

Die Lage der Schleusen ist, wenn möglich, so zu wählen, dass ihre Fundirung am wenigsten Kosten verursacht und dass ein starkes Durchquellen aus dem Oberwasser nach dem Unterwasser nicht besorgt werde. Strassenübergänge, so wie nahe liegende Gebäude sind auch zu berücksichtigen. — Hat man die Wahl zwischen mehreren Kanallinien, so bleibt diejenige die beste, welche auf festen Boden trifft und die geringste Filtration befürchten lässt. — Soll ein Kanal in einen Strom einmünden, so muss die Mündung des Kanals stromabwärts gerichtet sein, und man wird hiezu die konkaven Stellen des Flusses wählen, weil daselbst keine Sand- und Kiesablagerungen sich bilden.

Wenn die Richtungslinie und das Querprofil eines Kanales bestimmt ist, das Längennivellement und die nöthigen Querprofile aufgenommen sind, so schreitet man zur Profilirung des Erdwerks und an die Ausführung der Erdarbeiten. — Diese werden in derselben Weise, wie bei den Deichen beschrieben, ausgeführt. Besonders muss hier bemerkt werden, die nöthigen Erdtransporte in der Art zu vertheilen, dass die Ausgrabungen so viel wie möglich eine zweckmässige Verwendung finden und die Transportweiten sich auf ein Minimum reduciren. Eine graphische Darstellung des Auf- und Abtrages empfiehlt sich hiebei als besonders zweckmässig.

Die *Tiefe eines Kanales* muss so gross sein, dass die fahrenden Schiffe, wenn sie beladen sind, nicht nur die Sohle nicht berühren, sondern es muss noch von der untersten Fläche des Schiffes bis zur Sohle des Kanals ein Abstand von wenigstens 0.3 Meter vorhanden sein, damit die Schifffahrt erleichtert und nicht durch mögliche Ablagerungen und Verflachungen sogleich unterbrochen werde. Oft geht man bei der ersten Anlage noch weiter, indem man die Kanaltiefe noch um weiter 0.10 bis 0.15 Meter vergrössert.

In der ganzen Länge einer Kanalstrecke pflegt man gewöhnlich die Sohle derselben horizontal zu halten und mit dem Unterdrempel der vorhergehenden Schleuse den Oberdrempel der folgenden in gleiche Höhe zu legen. Zuweilen weicht man jedoch von dieser Regel ab und gibt der Sohle einer langen Strecke ein geringes Längengefälle; man befördert dadurch den Abfluss, wenn man den Kanal trocken legen will, denn wäre die Sohle vollkommen horizontal, so würde es sehr schwierig sein, alles Wasser aus der Kanalstrecke zu entfernen; ausserdem aber werden dadurch, dass das Wasser langsam durchfliesst, die Verluste durch Verdunstung und Filtration ersetzt. Woltman empfiehlt in dieser Hinsicht die Sohle auf 1000 Fuss um den achten Theil eines Zolles, also auf eine Meile um 3 Zoll, fallen zu lassen.

Die *Breite der Kanäle* richtet sich zunächst nach der Breite der Schiffe, die den Kanal befahren; es muss hinreichender Raum vorhanden sein, damit zwei Schiffe bequem neben einander vorbeifahren können. Bei Kanälen, deren Seitenwände aus Erd-Dossirungen bestehen, genügt es nicht nur, im Wasserspiegel diese Breite herzustellen, sie muss vielmehr schon in einiger Höhe über dem Boden der beladenen Schiffe vorhanden sein. Man macht gewöhnlich, um einigen Spielraum zu erlangen, die Sohle des Kanals doppelt so breit, als eine einfache Schleuse desselben weit ist.

Ein sehr enger Kanal, dessen Profil nur wenig grösser als das Profil des Schiffes ist, setzt einen sehr grossen Widerstand der Bewegung des letzteren entgegen und treibt vor dem Schiffe hohe Wellen auf. In solchen Kanälen ziehen die Pferde oder die Menschen viel angestrengter und viel langsamer, weil die von dem Schiffe verdrängte Wassermenge, die an demselben vorbeidrängt und jenen Raum einnimmt, aus

welchem das Schiff sich bewegt, in einem engen Profile schneller, als in einem weiteren fliessen muss, und diese grössere Geschwindigkeit aber nur dadurch erzeugt werden kann, dass im Wasserstande vor und hinter dem Schiffe eine bedeutendere Niveau-Differenz entsteht, die natürlich einen Gegendruck gegen die Bewegung des Schiffes verursacht, d. i. dessen Widerstand vermehrt. Nach gemachten Erfahrungen darf man annehmen, dass ein grosser Widerstand nur in sehr engen Kanälen stattfindet. Dieser wird aber schon ziemlich gering, wenn der Querschnitt des Kanales dreimal so gross, als der des Schiffes ist; in einem Kanale jedoch, wo dieses Verhältniss sich wie 5 : 1 stellt, ist der Widerstand schon eben so gering wie im offenen Wasser. Wenn bei Kanalschiffen mittlerer Grösse die Breite eines Kanales so gross angenommen wird, dass zwei beladene Schiffe bequem vorbeifahren können und ausserdem noch unter ihren Boden 0.3 Meter Tiefe bleibt, so stellt sich mit Rücksicht auf die Dossirungen des Kanals jenes Verhältniss wie 4 : 1; für leere Schiffe stellt es sich jedoch beiweitem günstiger dar, und es ist demnach kein Grund zu einer weiteren Vergrösserung des Profils vorhanden.

Für Kanäle von mittlerer Grösse haben die Kanalschiffe 30 Meter Länge, 5 Meter Breite und einen Tiefgang von 1.3 Meter. Hiernach genügt es gewöhnlich, die Sohle eines Kanals 10 Meter breit und die Wassertiefe 1.6 Meter anzunehmen, damit unter den Kanalschiffen 0.3 Meter bleibe. Um zur Dichtung des Kanals den nöthigen Raum für die nothwendigen Niederschläge zu haben, so vergrössert man häufig gleich bei der ersten Anlage die Tiefe derselben um 0.05 bis 0.10 Meter. Es gibt aber auch Kanäle, die von Schiffen befahren werden, welche bedeutend grösser oder kleiner (z. B. 2 Meter breit und 23 Meter lang), als die eben beschriebenen sind, für welche sich das Profil natürlicher Weise entsprechend ändern muss.

Manche Theile des Kanals erfordern besonderer Umstände wegen eine *Verengung* oder *Verbreiterung* des Profils. Eine *Verengung* findet statt: Wenn der Raum für die Kanal-Anlage sehr beschränkt ist, oder wenn die nothwendige Verbreiterung sehr viel kosten würde, z. B. in Gebirgsgegenden, wo entweder steile Felswände an den zu erbauenden Kanal zu nahe treten, so dass für den Kanal wenig Raum übrig bleibt; oder wenn der Kanal auf dem Abhange eines steilen Ufers ausgeführt werden soll, oder wenn einzelne wichtige Gebäude, Strassen u. dgl. die erforderliche Verbreiterung hindern würden, oder endlich, wenn der Kanal auf Brücken oder durch einen Tunnel geführt werden muss. In solchen Fällen erhält der Kanal nicht mehr die flachen Erddossirungen, sondern man schliesst ihn mit Mauern ein, die nach Bedürfniss entweder geböscht oder vertikal ausgeführt werden, oder man beschränkt selbst die Sohle so sehr, dass nur ein Schiff passiren kann. Man pflegt alsdann der betreffenden Kanalstrecke die 1 ½-fache Schiffsbreite zu geben, oder vergrössert man entsprechend die Tiefe derselben, weil sonst das Durchfahren der Schiffe in solchen Kanalstrecken zu sehr erschwert sein würde. Ein Ausweichen der Schiffe ist alsdann nicht mehr möglich, und es muss eines so lange warten, bis das andere durch die Verengung gefahren ist. Damit dieser Umstand bei grösserer Länge einer solchen Strecke jedoch nicht nachtheilig sei, muss man Ausweichstellen anbringen, in denen die Schiffe an einander vorbeifahren können. Eine *Verbreiterung* hingegen findet statt: in sehr kurzen Kanalstrecken, wo der Wasserspiegel bei der gewöhnlichen Breite durch den Wasserverlust beim Durchschleusen zu sehr sinken und die Schifffahrt dadurch beeinträchtigen würde; in Gegenden, wo wegen Mangel an Erdreich zur Herstellung der beiden Einfassungsdämme und bei genügender Wassermenge die Anlage eines breiteren Kanales wohlfeiler als die eines engeren zu stehen kommen möchte, z. B. in Gebirgsgegenden, in sumpfigen Niederungen; wenn Schifffahrtskanäle zugleich als Entwässerungs-Gräben von Niederungen dienen, welchem letzteren Zwecke sie demnach vollkommen entsprechen müssen. In einzelnen Kanalstrecken aber, worin die Schiffe längere Zeit liegen müssen, oder wo sie beladen und entladen werden, und binnen welcher Zeit der Verkehr nicht gestört werden darf, gestalten sich solche Erweiterungen zu *Kanalhäfen*, welche zugleich den Zweck des Wendens der Schiffe erfüllen. Endlich wäre noch unmittelbar vor und hinter den Kanalschleusen eine Erweiterung sehr nützlich, weil daselbst bei lebhaftem Verkehr eine Ansammlung der Schiffe häufig vorkommt. Solche Erweiterungen verhindern auch bei dem Oeffnen der Schütze ein plötzliches Senken des Oberwasserspiegels, wodurch bei engen Kanälen die Schiffe leicht auf den Grund aufliegen und dabei Schaden erleiden können; ferner erleichtern diese Erweiterungen das Ein- und Ausfahren der Schiffe aus der Schleuse, indem bei der gewöhnlichen Anordnung es unmöglich ist, ein Schiff sogleich hineinzubringen, nachdem das erste in entgegengesetzter Richtung herausgetreten ist. Hagen empfiehlt aus diesem Grunde den Kanal vor und hinter der

Schleuse so breit zu machen, dass darin drei Schiffe liegen können. Wäre aber eine Verbreiterung des Kanales nicht möglich, so scheint es angemessen, die Achse des Kanales nicht mit der der Schleuse zusammenfallen zu lassen, sondern sie so weit seitwärts zu legen, dass das herauskommende Schiff, ohne seine Richtung zu ändern, in der Nähe des Kanalufers seinen Lauf fortsetzen kann.

Die Böschung der Seitenwände des Kanales hängt vorzugsweise von der Beschaffenheit des Bodens ab. Ist dieser Felsen, so kann man die Wände oft vertikal ausführen; bei gewöhnlicher Erde genügt eine $1\frac{1}{2}$-, bei lockerer Erde eine 2fache Böschungsanlage, obwohl man in Deutschland nicht selten eine noch flachere Dossirung aus der Ursache findet, weil steilere Böschungen in der Höhe des Wasserspiegels leicht abbrachen und dadurch neben Beschädigungen der Ufer auch Verflachungen im Kanale veranlasst werden. Bei den vorerwähnten steileren Böschungen muss man hingegen die Abbrüche, die sich hin und wider zeigen, durch eine solide Deckung wieder ausbessern. Uebrigens gibt der Wellenschlag, der theils vom Winde, theils von den Schiffen herrührt, auch bei flachen Ufern zu Uferbrüchen in der Höhe des Wasserspiegels Veranlassung; um solche Beschädigungen zu vermeiden, verändert man zuweilen das Kanalprofil und bringt in geringer Höhe (bei 6 Zoll) unter dem Wasserspiegel *Bankete* oder *Bermen*, die etwa 1 Meter breit sind, an, Fig. 431, Taf. XII, und bepflanzt solche mit Schilf und andern Wasserpflanzen, die den Wellenschlag brechen und die von der oberen Böschung herabfallenden Erdtheilchen auffangen. Der Nutzen dieser Bermen ist jedoch nicht besonders, denn abgesehen davon, dass dadurch die Breite des anzukaufenden Grundes vergrössert wird, erleiden sie auch grosse Beschädigungen, theils wenn die leeren Schiffe vom Winde darauf geworfen werden, theils vom weidenden Vieh, das in Sommertagen sich besonders gern auf solchen Bermen aufhält. Bei Kanälen, die zugleich zur Entwässerung einer Gegend dienen, entsteht auch eine Beschädigung der Böschungen durch die Strömung und durch den bedeutenden Wechsel des Wasserstandes; in diesem Falle ist es zweckmässig, die Ufer in der Nähe des Kanales nur wenig über den Wasserstand vortreten zu lassen. Die äussere Böschung des Kanaldammes ist keinen Beschädigungen ausgesetzt und kann daher so steil angelegt werden, als es die Beschaffenheit des Bodens überhaupt gestattet, wozu in den meisten Fällen eine $1\frac{1}{4}$fache Anlage genug sein dürfte. Die Krone der Kanaldämme ist 0.6 bis 0.7 Meter über den Wasserstand des Kanals erhöht.

Zur Seite des Kanals befindet sich jedesmal ein *Ziehweg* oder *Leinpfad;* häufig sind deren auch zwei, nämlich auf jedem Ufer einer, angebracht. Wenn nur ein Ziehweg angelegt wird, so erscheint es immer zweckmässig, auf der andern Seite des Kanals einen Fusspfad herzustellen. Die Ziehwege brauchen nur so hoch über dem Wasserspiegel zu sein, dass sie stets trocken und dadurch gangbar bleiben, wozu eine Höhe von 0.45 bis 0.6 Meter genügt. Die Breite derselben richtet sich nach der Art des Zuges. Die Kanalschiffe werden fast überall durch Pferde gezogen, weil die Transportkosten sich so billiger stellen, als wenn hiezu Menschenkräfte gebraucht würden. Die Zahl der Zugpferde richtet sich natürlich nach der Grösse der Schiffe und dem Gewichte der Ladung. Mehr als zwei Pferde sieht man nur höchst selten vor einem Kanalschiffe eingespannt; die in England üblichen ziemlich schmalen Kanalschiffe werden nur von einem Pferde gezogen, häufig zieht ein Pferd aber auch mehrere Schiffe. Für zwei Pferde muss ein Ziehweg eine Breite von 3 bis 3.2 Metern und für ein Pferd eine von 1.8 bis 1.9 Meter haben. Soll jedoch der Pfad nur von Menschen betreten werden, so ist eine Breite von 1.5 bis 1.8 Meter hinreichend. Die englischen Kanäle haben grösstentheils nur einen Ziehweg, und die Schiffe fahren aneinander vorüber, ohne dass eine Zugleine gelöst und ohne dass ein Schiff stehen zu bleiben braucht; das Pferd, welches das auswärts fahrende Schiff zieht, braucht nur etwas langsamer zu gehen, damit sich die Leine senkt und das zweite Pferd darüber fortschreiten kann, während auch zugleich das zugehörige Schiff, welches neben dem Ziehweg bleibt, über diese lose Leine gleitet. Ein einzelner Leinpfad soll immer auf der dem herrschenden Winde zugekehrten Seite angelegt werden, weil die Leine das Schiff immer nach der Seite des Leinpfades hinzieht und dadurch der Einfluss des Windes, das Schiff an das entgegengesetzte Kanalufer zu werfen, zum Theil paralysirt wird.

Hinter denjenigen Pfaden, die im Abtrage liegen, müssen Gräben angebracht werden, um das Bergwasser aufzufangen und abzuleiten, weil dasselbe, wenn es über den Pfad in den Kanal treten sollte, ersteren beschädigen und letzteren durch die mitgeführte Erde verflachen würde. Gewöhnlich führt man das Wasser, welches solche Gräben auffangen, gar nicht in den Kanal, sondern mittels Durchlässen unter denselben nach der Thalseite fort. Man gibt solchen Gräben ein angemessenes Gefälle, und wo das Terrain es ge-

stattet, werden sie durch vertikale Fallkessel unterbrochen, welche in die Durchlässe unter dem Kanale münden. Hinter den Pfaden jedoch, die durch Anschüttungen gebildet sind, sind am Fusse ihrer äusseren Böschungen solche Gräben unnöthig; ebenso fehlen gemeinhin dergleichen Seitengräben auf der Thalseite, weil die Wassermenge, welche bei starkem Regen von der äusseren Dossirung herabfliesst, zu unbedeutend ist, als dass sie eine solche Anlage erforderte. Nur wenn die Filtration aus dem Kanale sehr stark ist und man theils das nebenliegende Terrain vor Versumpfung schützen, theils auch das Quellwasser nicht ganz verlieren, vielmehr dasselbe der nächst unterhalb liegenden Kanalstrecke wieder zuführen will, kann eine Ausnahme stattfinden; endlich führt man zuweilen solche Gräben aus, um dadurch die Grenze des zum Kanale gehörigen Terrains zu bezeichnen, oder das Uebertreten des Viehes zu verhindern.

Die folgenden Figuren stellen verschiedene Kanalprofile dar, und zwar Fig. 432 a, b und c, Taf. XIII, drei Profile des Caledonischen Kanals, Fig. 433, Tafel XIV, des Kanals du Centre, Fig. 434 a und b, Taf. XIV, des Kanals de l'Ourcq, Fig. 431, Taf. XIII, des Kanals du Midi, Fig. 435, Taf. XIV, des Kanals St. Denis und die Fig. 441 a, b und c, Taf. XIV, drei Profile des Franzens-Kanals in Ungarn.

§. 20.

Der Wasserverlust durch Filtration ist selbst bei einem guten Boden ein beträchtlicher; ist der Boden aber kein guter, so sind in solchen Kanalstrecken die Wasserverluste ausserordentlich gross und es kann dadurch nicht nur die Schifffahrt gestört werden, sondern es können auch die nebenliegenden Felder Schaden leiden.

Eine unterirdische Kanalstrecke vom Kanale St. Quentin ist in so klüftigem Kalke ausgeführt, dass sie in wenig Stunden vollkommen trocken wird, und da das Speisewasser für diesen übermässigen Verlust während des Sommers nicht genügte, so füllte man dieselbe in jeder Woche nur einmal und schloss diese Strecke sogleich von beiden Seiten wieder ab, sobald die Schiffe passirt waren. Es soll gelungen sein, diesen Verlust beträchtlich zu mässigen, dennoch aber ist dieser noch immer so gross, dass bei ununterbrochener Speisung der Wasserstand sich täglich um nahe 4 Schuh senkt. Noch auffallender war in dieser Beziehung der Seitenkanal, der bei Hüningen den Rhein-Rhone-Kanal mit dem Rhein verbindet. Derselbe wird aus dem Rhein gespeist und hat daher hinreichenden Zufluss, aber man fand, dass an einem Tage der ganze Inhalt des Kanals fünf und dreissigmal ersetzt werden musste, um den Verlust durch Filtration zu decken. Der Untergrund dieses Seitenkanals besteht aus grobem Rheinkies.

Bei der Frage, wann ein Kanal hinlänglich dicht sei, muss immer die vorhandene Quantität des Speisewassers mit berücksichtigt werden; ist diese hinlänglich gross, so kann der Kanalboden auch weniger dicht, ist sie aber gering, so muss offenbar der Boden dichter sein, damit die Schifffahrt nicht gestört werde. Senkt sich der Wasserspiegel einer Haltung in 24 Stunden um 0.05 Meter, so kann dieselbe im Allgemeinen als hinreichend wasserdicht bezeichnet werden.

Wichtig ist es, die undichtesten Stellen des Kanales gleich zu erkennen. Oft lassen sich diese durch den blossen Augenschein finden, indem man einen kleinen Wasserwirbel oder Trichter, oder auch auf der Kanalsohle eine gewisse Bewegung der Sandkörnchen beobachtet. Ist das den Kanal umgebende Erdreich nass und feucht, so kann mit Gewissheit auch auf eine bedeutende Filtration geschlossen werden. Die Beobachtung des Wasserstandes ist aber das sicherste Mittel, um die Stärke der Filtration zu ermitteln. Hiezu untersucht man zuerst, ob eine Kanalstrecke zwischen zwei Schleusen bei eingestellter Schifffahrt und geschlossenen Thoren besonders viel Wasser verliert. Ist die Senkung bedeutend und steht zu vermuthen, dass einzelne Theile der Haltung mehr Wasser durchlassen, als die andern, so muss man, um diese finden und dichten zu können, die Haltung in mehrere Abtheilungen zerlegen. Zu diesem Zwecke führt man mehrere Fangdämme durch den Kanal und bringt in allen Vorrichtungen an, wodurch die in denselben freigelassenen Verbindungs-Oeffnungen schnell geschlossen werden können. Die Stärke der Strömung durch diese Oeffnungen lässt schon ungefähr auf die Dichtigkeit der einzelnen Abtheilungen schliessen, doch wird erst dann das Urtheil sicher, wenn man nach dem gleichzeitigen Sperren der Oeffnungen an den in allen Abtheilungen angebrachten Pegeln das Sinken des Wasserspiegels innerhalb gewissen Zeiträumen beobachtet. Jene Abtheilungen, welche den meisten Wasserverlust zeigen, müssen verdichtet werden, welches natürlich auch mit der ganzen beobachteten Strecke geschehen muss, sobald der Verlust in allen Abtheilungen sich gleich gross erwiesen hat.

Das Zulassen von trüben, schlammigen Wassers ist eine schon in früheren Zeiten und auch jetzt noch

häufig angewendete Methode der Verdichtung. Zieht sich der Schlamm in die Poren des Kanalbettes hinein, so bewirkt er die Verdichtung. Man erreicht dies am einfachsten, wenn man die Bäche oder Flüsse zur Zeit ihres Hochwassers in den Kanal treten lässt. Da hiebei aber nicht zu verhindern ist, dass Sand, Kies und Erdwasser auch in grösseren Quantitäten dem Kanale zugeführt werden, welche sich an einer Stelle mehr, als an der andern ablagern, so müssen solche wieder weggeräumt werden. Das trübe Wasser sucht man zuweilen zu erhalten, indem man in einem Bache die Sohle mit grossen Rechen aufrührt, oder das Kanalwasser durch Zusatz von fettem Thon oder Lehm trübt. Letzteres kann entweder in eigenen Seitenbassins geschehen und die zubereitete Flüssigkeit wird in den Kanal gelassen, oder man kann auch in diesem selbst den Zusatz von Thon oder Lehm hineingeben und die Auflösung desselben durch mechanische Hilfsmittel bewirken. Damit durch derlei Mittel der Kanal nicht an Tiefe verliert, muss derselbe gleich anfänglich etwas tiefer gehalten werden. Diese Art der Dichtung ist aber keineswegs ganz sicher. Es gibt Speisegräben und einzelne Kanalstrecken, welche schon seit hundert Jahren in dieser Weise behandelt werden, ohne dass ihre grossen Wasserverluste aufgehoben wären.

Ausser Thon werden zu solcher Dichtung auch andere Erdarten, namentlich auch Sand, verwendet. Letzteres zeigt sich in vielen Fällen vortheilhafter, als der Thon, weil er sich nicht so fein zertheilt, wie letzterer, also sicherer und leichter die Wasseradern, wenn auch nicht ganz sperrt, doch sehr verengt. Am Kanale von Bourgogne sollen die Erfolge bei Anwendung von Sand überraschend gewesen sein; die Adern wurden augenblicklich gestopft und einzelne Strecken, in denen der Wasserstand sich um 2 Zoll gesenkt hatte, erlitten plötzlich gar keinen Verlust mehr. Der Sand wurde hiezu in einem Boote über die undichte Stelle gebracht und ausgestreut. Eine Mengung von Sand und Thon in gleichen Theilen wurde auf dem Caledonischen Kanale mit gutem Erfolge angewendet.

Eine andere und mehr sichere Art der Verdichtung besteht darin, dass man die Sohle und die Dossirungen des Kanals mit einem Thonschlage überdeckt. Besser als reiner Thon ist, wenn man hiezu den Thon mit Sand vermengt. In England wird zur Dichtung der Kanäle häufig eine Mengung von Thon, Sand und Kies, *Puddle* genannt, benützt. Dieselbe wird vorher stark mit Wasser versetzt, so dass sie einen dickflüssigen Brei bildet, der eben dadurch eine innige Verbindung aller Theile veranlasst. Durch Schlagen und Stampfen wird diese Masse comprimirt und sodann mit Erde überdeckt. Soll die Sohle eines Kanals mit einem Thonschlage versehen werden, so wird vorher das Bett, so wie die Sohle des Kanals entsprechend verbreitert und durch Abrammen gedichtet. In der Stärke von 6 bis 8 Zoll werden sodann die Lagen aufgebracht, gestossen und erst, wenn die vorhergehende Lage etwas steif geworden, kömmt die nächste darauf. Mindestens sollte der Thonschlag aus zwei solchen Lagen bestehen, häufig macht man ihn auch 2 bis 3 Fuss dick. Nachdem der Thonschlag vollendet und etwas getrocknet ist, bringt man wieder, wie die Fig. 442, Taf. XV, zeigt, gewöhnliche Erde, deren Lagen festgestossen werden müssen, darüber. Manchmal stellt man den Thonschlag aus vier schwächeren und zwar 2 bis 3 ½ Zoll dicken Lagen her, wobei man jede vorhergehende Lage, bevor die nächste aufgebracht wird, mit Kalkwasser anfeuchtet.

Im klüftigen Felsboden, oder wenn grober Kies den Untergrund bildet, wo die Wasserverluste gewöhnlich sehr bedeutend sind, ist die Anwendung eines Thonbettes von wenig Erfolg, weil dasselbe sich mit solchem Untergrunde nicht gut verbindet. In diesem Falle muss man zu kräftigeren Mitteln seine Zuflucht nehmen und eine vollständige *Uebermauerung* oder, was besser ist, eine *Bétonirung* der Sohle vornehmen. Die Sohle des Bétonbettes genügt mit ⅔ bis 1 Fuss. Wird aber statt Béton ein Stein oder Ziegelmauerwerk angewendet, so ist eine Dicke von 1 bis 1 ½ Fuss nothwendig. In beiden Fällen ist es zweckmässig, ja sogar nothwendig, die Mauer und das Bétonbett durch eine darüber gelegte, wenigstens 1 Fuss starke Erdschicht gegen den Einfluss der Witterung und selbst gegen äussere zufällige Beschädigungen zu sichern. Fig. 449 a, Taf. XV, zeigt eine solche Uebermauerung, wie sie am Kanal du Centre, und Fig. 449 b, Taf. XV, eine Bétonirung, wie sie am Kanal St. Quentin ausgeführt wurde.

Zuweilen wird nur ein Bétonbett auf der Sohle des Kanals hergestellt, und zu beiden Seiten in den Kanalböschungen werden Mauern aufgeführt, was sich sehr gut bewährt hat.

In Brückenkanälen, wo die Sohle und die Seitenwände von massiven Pfeilern getragen werden, wird zur Dichtung auch Asphalt benützt.

Die Resultate verschiedener Dichtungs-Versuche am Rhein-Marne-Kanal sollen hier eine passende Stelle finden.

Kanalstrecken im Kiesboden ohne Grundwasser konnten mit Hilfe von feinem Sand sehr leicht gedichtet werden. Es gehörte jedoch dazu, dass man

stets über eine Wassersäule von 1.6 Meter zu disponiren hatte, indem diese Last sich nöthig erwies, die Sandkörner in die Zwischenräume des Kieses zu treiben. Die Dauer eines Monats war zur Erlangung der Dichtigkeit eines Untergrundes durch dieses Verfahren nothwendig. Bei einem aus Stein und Erde gemischten Untergrunde bewährte sich die Anwendung von Sand nicht. — Es ist auch der Versuch gemacht worden, das Kanalwasser durch Einwerfen thoniger Erde zu trüben und hiedurch den Kanal zu dichten. Man verschlämmte dadurch nur in unregelmässiger Weise den Kanal, dichtete ihn aber nicht. — Durch Thonschlag wurden einige Strecken gut gedichtet. Der dazu erforderliche Letten bestand aus einem Theile Thon und zwei Theilen Sand. Im Laufe der Zeit hat aber dieser Thonschlag gelitten und wurde häufig von Maulwürfen durchlöchert. — Bei Bétonirungen gab man der Bétonlage des Kanals eine Stärke von 0.15 Meter mit 0.10 bis 0.20 Meter zu beiden Seiten über dem Wasserspiegel endigend; darüber breitete man eine Mörteldecke von 0.02 Meter Stärke zum Ausfüllen etwaiger Risse und undichter Stellen. Hierauf kam eine Erdaufschüttung von mindestens 0.30 Meter.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass in solchen Kanalstrecken, wo das Grundwasser sich zu gewissen Zeiten über den Horizont der Kanalsohle erhebt, indem dasselbe von dem Wasserstande eines benachbarten Flusses abhängt, es einen Druck von unten nach oben auf die Bétonlage ausüben und Veranlassung zur Bildung von Wasseradern geben wird. Um dieses zu verhindern, stellte man bei dem Rhein- und Rhone-Kanal weit geöffnete Verbindungen zwischen dem Kanal- und dem Grundwasser her, indem man Tonnen ohne Boden in die Kanalsohle eingrub, deren oberer Rand mit der beabsichtigten Höhe des Bétonbettes übereinstimmte. Nach vollständiger Erhärtung des Bétons wurden diese Tonnen durch Klappen geschlossen. Entsteht nun durch das Grundwasser ein starker Druck von unten her, so öffnen sich die Klappen, das Grundwasser fliest in den Kanal und ein Druck gegen das Bétonbett findet nicht statt. Hört der Druck von unten auf, so wird die Klappe durch die auf derselben ruhende Wassersäule geschlossen.

Wasserbedarf der Kanäle *).

§. 21.

Das in den einzelnen Kanalstrecken ruhende Wasser wird besonders durch die Verdunstung, durch die Filtration, durch den unvollkommenen Schluss der Schleusenthore und durch die Schifffahrt selbst dergestalt stark vermindert, dass es stets wieder ersetzt werden muss, indem sonst die Schifffahrt unterbrochen werden würde. Bei Kanälen, die längs der Flüsse laufen, sind die Zuflüsse mächtig, und es verschwindet bei solchen die Besorgniss eines möglichen Wassermangels. Wird aber ein Kanal über eine Wasserscheide geführt, wo nur mässige Quellen zu seiner Speisung benützt werden können, so ist es dringend nöthig, sich schon vorher zu überzeugen, dass diese zur Erhaltung des erforderlichen Wasserstandes wirklich genügen. Sollte dieses bei demjenigen Entwurfe, welcher den sonstigen Terrain-Verhältnissen am meisten entsprechen würde, nicht der Fall sein, so muss eine andere Kanallinie aufgesucht werden, durch welche diesem wichtigsten Bedürfnisse sicher entsprochen wird.

Zuweilen beruhigt man sich, wenn ein Kanal nicht dauernd gespeist werden kann, mit dem Troste, dass eine Unterbrechung der Schifffahrt zur Ausführung der nothwendigen Reparaturen doch nicht zu umgehen ist und dass gerade die Zeit der grössten Dürre sich hiezu am meisten eignet. Solche Reparaturen sollen aber nur eine möglichst kurze Zeit in Anspruch nehmen und dürfen sich nicht in jedem Jahre wiederholen. Alle Schifffahrts-Unterbrechungen, welche absichtlich eingeführt werden, muss man, um sie so wenig als möglich störend zu machen, dem Publikum schon lange vorher anzeigen.

Um sich die Ueberzeugung zu verschaffen, dass einem Wassermangel vollständig vorgebeugt sei, muss man den Wasserbedarf genau kennen, um zu wissen, welche Wasser-Quantität einem Schifffahrts-Kanale zugeführt werden muss, damit er stets hinreichend gefüllt bleibe.

Der *Wasserverlust durch Verdunstung* muss während des Sommers, namentlich während der grössten Dürre, ermittelt werden, denn wenn man die ganze Oberfläche des Kanalwasserspiegels mit der Differenz aus der jährlichen Verdunstung und der jährlichen Regenmenge multiplicirt, würde man zu keinem brauchbaren Resultate gelangen. Bei trockener Luft und grosser Hitze verdunsten nach den angeführten Beobachtungen in 24 Stunden 2 par. Linien oder 0.00435 Meter; dieses Ausmass mit der Fläche des Kanalwasserspiegels multiplicirt, gibt den Kubik-Inhalt der in 24 Stunden verdunsteten Wassermenge.

Beträchtlicher ist der *Verlust der Filtration*, deren Wirksamkeit jedoch in so hohem Grade durch äussere Verhältnisse bedingt ist, dass es schwierig bleibt, ihren Werth auch nur mit einiger Sicherheit anzugeben. Die Filtration ist hauptsächlich abhängig:

*) Hagen's Wasserbau.

a) Von der Höhendifferenz zwischen dem Wasserspiegel des Kanals und dem des Grundwassers, d. i. von der Druckhöhe; denn je höher das Wasser über dem angrenzenden Terrain liegt, desto grösser ist der Druck, durch welchen es in den Boden getrieben wird. Der Stand des Grundwassers ist aber sehr verschieden; dieses erreicht nach anhaltendem Regen eine grössere Höhe, welche mit zunehmender Dürre sich vermindert. Da aber der Kanalwasserspiegel meistens immer derselbe sein muss, so ergibt sich daraus, dass zur Zeit der grössten Dürre auch die Filtration am stärksten ist. Der Fall, dass das in den Boden dringende Wasser nicht bis zum Grundwasser herabsinkt, sondern schon in geringerer Tiefe einen Ausweg findet, durch welchen es leichter abfliessen kann, wiederholt sich besonders bei jenen Kanälen häufig, bei welchen das nebenliegende Terrain auf beiden oder auf einer Seite niederer ist, als der Wasserspiegel im Kanale. Besonders wenn der Kanal sich zur Seite eines steilen Abhanges hinzieht, bilden sich sehr bedeutende Quellen neben demselben, die, indem sie ihr Wasser dem Kanale entziehen, nicht nur diesem sehr nachtheilig sind, sondern auch in den nebenliegenden Aeckern und Wiesen Versumpfungen erzeugen, oder auch noch bedeutendere Beschädigungen verursachen.

b) Von der Beschaffenheit des Bodens; denn je mehr freie Zwischenräume in dem Boden des Kanals vorhanden sind, um so grösser ist unter sonst gleichen Verhältnissen der Wasserverlust. Im festen Thonboden ist letzterer sehr unbedeutend und meist gar nicht zu bemerken; je mehr Sand aber beigemischt ist, um so leichter dringt das Wasser durch. Im reinen Sande ist die Filtration schon sehr bedeutend und wird am stärksten im groben Sande oder im Kiese und klüftigen Gesteine. Auch Maulwurfgänge geben zuweilen selbst in sehr gutem Boden Veranlassung zu Quellen in den Kanaldämmen.

Woltmann nimmt auf Beobachtungen am Kanal du Midi gestützt, diesen Wasserverlust fünfmal so gross an, als den der Verdunstung; dieses wäre 10 par. Linien oder $0._{021}$ Meter, was jedoch nur einen sehr guten Thonboden voraussetzt. Minard nimmt für guten Boden einen Verlust von 1 bis 1½ Zoll in 24 Stunden an. Für Sandboden nehmen die französischen Ingenieure, auf Erfahrungen gestützt, den Verlust in 240 Tagen gleich dem doppelten Rauminhalt des Kanals; dies gäbe, wenn L Meter die Länge der Kanalstrecke und Q der Inhalt des Kanalquerschnittes in Quadrat-Metern wäre, für 24 Stunden $\frac{2\,L\,Q}{240}$ Kubikmeter.

Von der Filtration rührt auch der sehr starke Wasserverlust her, der in neuen Kanälen bei der ersten Füllung eintritt, der sich aber auch bei älteren Kanälen zeigt, die einige Zeit hindurch trocken gelegen sind. Man hat in Frankreich bemerkt, dass Kanäle, deren Sohlen mit Bétonbetten gedichtet waren und deren Seitenwände aus massivem Mauerwerk bestanden, dennoch in den ersten 24 Stunden eine Senkung des Wasserstandes von 3 Zoll erlitten, dessen Grund in der Anfeuchtung der Mauern allein zu suchen ist. Offenbar ist der Verlust ohne Vergleich grösser, wenn nur eine unverkleidete Sohle und Erd-Dossirungen das Kanalbett bilden, weil zum Anfeuchten derselben weit grössere Wassermengen erforderlich sind, und man darf bei günstigem gutem Boden wohl die Wassermenge zur ersten Füllung 1½-, bei minder günstigem Boden auch 2mal dem Rauminhalt des Kanals gleich setzen.

Nicht allein in den eigentlichen Kanälen, sondern auch in den Speisekanälen und in den Speisebassins kommt die Filtration in Betracht. Die Speisekanäle, welche dem Kanale das Wasser zuführen, bringen nicht diejenige Wassermasse dem Kanale zu, welche sie empfangen. Dieser Verlust ist offenbar von der Zeit abhängig, während welcher jedes Wassertheilchen im Speisekanale bleibt; er ist um so grösser, je kleiner die Geschwindigkeit ist. Man muss aus diesem Grunde solchen Speisegräben ein möglichst grosses Gefälle geben, und es wird, wenn auch der obere Theil des Baches eine geringere Wassermenge besitzt, bis zu einer gewissen Grenze vortheilhaft sein, den Bach in grösserer Höhe abzufangen, als ein schwächeres Gefälle dem Speisekanal zu geben und dadurch den Wasserverlust in letzteren während des Durchfliessens zu vermehren.

Der *Verlust durch den unvollkommenen Schluss der Schleusenthore* lässt sich nur sehr annähernd angeben, er ist je nach der Ausführung und Construction der Thore mehr oder minder beträchtlich. Was die eine Haltung verliert, gewinnt die andere, und wenn alle Thore gleich viel durchlassen, so findet ein beständiges Abfliessen des Wassers von der Scheitelstrecke statt. Nach Minard beträgt dieser Verlust bei sorgfältiger Ausführung der Thore 300 Kubikmeter in 24 Stunden. Hagen dagegen gibt ¼ Kubikfuss in der Sekunde an, d. i. in 24 Stunden 665 Kubikmeter, also mehr als das Doppelte.

Die Schifffahrt selbst, d. i. das *Durchschleusen der Schiffe*, verursacht den grössten Wasserverlust. Die Grösse dieses Wasserverlustes lässt sich, wenn

man die Schifffahrts-Verhältnisse kennt, genauer als die übrigen Verluste ermitteln.

Soll ein Schiff einem andern, vorher in der derselben Richtung vorangegangenen folgen, so findet es die Schleuse gefüllt, und ehe das Schiff eingehen kann, muss die Schleuse durch Oeffnen der Schütze in den Unterthoren, oder der unteren Umläufe, entleert werden. Nach Oeffnung der Unterthore fährt das Schiff in die Kammer und schliesst diese. Nun öffnet man die Ziehschützen oder Oberthore oder die oberen Umläufe und lässt das Oberwasser in die Kammer treten; sind die Wasserspiegel gleich hoch, so öffnet man die Oberthore und lässt das Schiff in die obere Kanalstrecke abgehen. Es sei M das Füllungsprisma (die Füllmasse) oder die Wassermenge in der Kammer zwischen dem Ober- und Unterwasserspiegel und m diejenige Wassermenge, deren Gewicht dem des Schiffes gleich ist, d. i. jene, welche vom Schiffe verdrängt wird. Indem nun das Schiff beim Aufsteigen in die Kammer fährt, drängt es in die untere Kanalstrecke m zurück; um den Wasserstand in der Kammer bis auf jenen der oberen Kanalstrecke zu erhöhen, muss von letzterer M genommen werden; fährt nun das Schiff aus der Schleuse heraus, so wird aus derselben Kanalstrecke noch m in die Kammer gedrängt. Es wurde sonach im Ganzen bei dem Aufsteigen eines Schiffes M + m Wasser von der oberen Haltung entnommen, welches der unteren zn Gute kam.

Wenn dagegen ein Schiff hinabfährt, dem ein anderes erst vorausging, so ist das Resultat ein anderes. Die Schleuse, welche in diesem Falle nur Unterwasser besitzt, muss gefüllt werden, wodurch wieder dem Oberwasser die Masse M entzogen wird. Fährt das Schiff in die Schleuse, so wird von diesem Wasser der Theil m in die obere Kanalstrecke zurückgedrängt. Nach Schluss der Oberthore wird der Wasserspiegel in der Kammer gesenkt und es ist sonach zum Herabschleusen eines Schiffes eine Wasserquantität M — m nothwendig. Die beim Auf- und Abgehen eines Schiffes verloren gegangene Menge ist daher M + m + M — m = 2 M.

Es stellen sich jedoch diese Resultate günstiger, wenn die Schiffe abwechselnd in einer und der andern Richtung durch die Schleuse gehen. Wäre z. B. ein Schiff herabgekommen und soll ein anderes aufwärts geschleust werden, so findet das letztere die Kammer leer und kann ohne Weiteres in dieselbe hineingezogen werden, wodurch die Masse m in das Unterwasser zurückgedrängt wird. Nun wird die Kammer gefüllt, das Schiff fährt in die obere Haltung und drängt aus dieser wieder die Masse m in die Kammer. Das Oberwasser hat daher wieder M + m verloren. Das nächste Schiff, welches nun herabgeht, findet die Schleuse gefüllt und drängt beim Hineinfahren die Wassermenge m aus der gefüllten Kammer in die obere Haltung, wodurch das Oberwasser, statt einen Verlust zu erleiden, noch um die Masse m vermehrt wird. Beim Entleeren der Kammer gewinnt das Unterwasser die Füllmasse M — m, wovon aber, wenn das Schiff die Kammer verlässt, wieder m aus der unteren Haltung in die Kammer zurückgedrängt wird. Beim Herabschleusen hat demnach das Oberwasser m und das Unterwasser M — m gewonnen. Für beide in entgegengesetzten Richtungen durchgeschleuste Schiffe beträgt der Verlust des Oberwassers M + m — m = M.

Hierauf ersieht man, wie vortheilhaft es ist, die Schiffe abwechselnd aus dem Ober- und dem Unterwasser in die Schleuse treten zu lassen. Die Schleusenwärter sollen auch, so viel es geschehen kann, in diesem Sinne ihre Verhaltungen erhalten; aber die Verkehrsverhältnisse bedingen gewöhnlich, dass zu gewissen Zeiten eine grosse Mehrzahl der Schiffe sich nach einer und dann wieder nach der andern Richtung bewegt.

Durchfahren die Schiffe die oberste Kanalstrecke, d. i. die Theilungshaltung, so ist der Wasserverlust für jedes Schiff beim Aufsteigen in dieselbe M + m und beim Austreten, d. i. beim Herabgehen aus dieser Haltung, M — m, somit der Verlust für das Durchfahren eines Schiffes 2 M.

Gehen alle Schiffe leer hinauf und beladen herunter, wie dieses nicht selten geschieht, wenn der Kanal zum Transporte der Produkte des Bergbaues dient, so ist es möglich, dass die oberste Haltung gar keinen Verlust erleidet. Wäre die Wassermenge, die durch das beladene Schiff verdrängt wird, gleich m′ und des leeren gleich m, so ist der Wasserverlust beim Herabgehen M — m′ und beim Aufsteigen M + m, folglich der ganze Verlust M — m′ + M + m = 2 M + m — m′. Ist nun m′ = 2 M + m, so ist der Wasserverlust gleich Null. In der Wirklichkeit kommt dieser Fall wohl niemals vor, weil das Füllungsprisma M nie so klein sein kann. Haben auch die Schiffe eine solche Form, dass sie möglichst die Schleusenkammer füllen, d. h. haben sie senkrechte Wände und nur eine mässige Zuschärfung, so muss ihr horizontaler Querschnitt doch immer merklich kleiner, als der der Schleusenkammer bleiben, weil die Schiffe sonst nicht hinein- und herausgebracht werden können. Das äusserste Verhältniss beider dürfte etwa

5 : 6 sein. Damit der Wasserverlust in dieser Weise beim Durchschleusen gleich Null ist, wäre man demnach gezwungen, das vorhandene Gefälle auf sehr viele Schleusen zu vertheilen, wodurch sich die Anlage und Erhaltungskosten sehr vergrössern und auch die Schifffahrt durch häufige Unterbrechung sehr verzögert wird.

Bei mehreren hinter einander liegenden Schleusen, die gleiche Fallhöhe haben und auf gleiche Weise benützt werden, ist der Wasserbedarf der einen eben so gross, wie der der andern, und die Speisehaltung darf nur so viel liefern, als jede einzelne Schleuse verbraucht.

Es lässt sich demnach leicht der Wasserbedarf finden, der zur Speisung einer Scheitelstrecke eines Kanals erforderlich ist. Die Speisung der Scheitelstrecke ist aber die wichtigste und in den meisten Fällen auch die schwierigste. Gewöhnlich lässt man bei Ermittlung dieser Wassermengen das m als von wenig Bedeutung ganz ausser Rechnung. Fahren Schiffe in entgegengesetzter Richtung, so behalten die Kanalstrecken nicht immer den gleichen Wasserstand, indem ihr Inhalt bald durch die Füllmasse vergrössert und bald um eben so viel vermindert wird. Sind die horizontalen Kanalstrecken hinlänglich lang, so ist dieser Umstand ganz ohne Bedeutung, sind die Strecken aber kurz, so ist es möglich, dass durch die einer solchen entnommenen Wassermenge die zur Schifffahrt erforderliche Tiefe verloren geht. Der Wasserspiegel in einem Kanale darf sich durch die für das Füllungsprisma nothwendige Wasserquantität nicht mehr als um 0.06 Meter senken oder heben; demnach lässt sich bei bekannter Wasserspiegelbreite und bei bekanntem Füllungsprisma die geringste Menge einer Kanalstrecke leicht berechnen. Sollte aber das Terrain so stark fallen, dass man die einzelnen Kanalhaltungen nicht so lange machen kann, als es die Rechnung ergibt, so muss der Kanal entsprechend verbreitert werden, damit bei Füllung der Kammerschleuse die Senkung des Wasserspiegels keine grössere, als die schon angegebene, wird.

Bei gekuppelten Schleusen, d. i. bei jenen, wo zwei oder mehrere Schleusen ohne dazwischen liegenden Kanalstrecken unmittelbar aufeinander folgen, ist bei dem Durchschleusen der Schiffe der Wasserbedarf ein bedeutend grösserer. Es sei z. B. jeder Abhang eines Kanals mit einer solchen gekuppelten Schleuse versehen, die auf dem nördlichen Abhange bestehe aus drei, die auf dem südlichen aus zwei Kammern. Wenn dann ein Schiff in der Richtung von Nord nach Süd einem vorgegangenen folgt, so wird dasselbe beim Aufsteigen alle, so wie auch die Kammern der gekuppelten Schleuse gefüllt antreffen. Damit das Schiff nun in die unterste Kammer einfahren könne, muss der Inhalt derselben in das Unterwasser abgelassen werden; die untere Kammer wird, nachdem das Schiff darin ist, aus der zweiten gefüllt, wodurch sich letztere entleert und das Schiff kann in diese eintreten. In gleicher Weise gelangt es in die obere Kammer und aus dieser in das Oberwasser der gekuppelten Schleuse. Die folgende Kanalstrecke gibt also nur eine Füllmasse, d. i. nur M ab. Im südlichen Abhange sind aber alle Schleusen leer. Kommt das Schiff an die gekuppelte Schleuse, so muss aus dem Oberwasser zur Füllung der oberen Kammer ein Füllungsprisma M entnommen werden, welches, wenn das Schiff darin ist, in die zweite Kammer übergeht und genügt, um den Durchgang des Schiffes zu bewirken. Sollte die Schleuse auch noch mehr Kammern haben, so genügt doch immer dieselbe Wassermenge, um den Durchgang des Schiffes zu vermitteln. Es ist also, wenn die Schiffe einander in derselben Richtung folgen, ganz gleichgültig, ob gekuppelte oder einfache Schleusen im Kanale liegen; der Wasserverlust beträgt in beiden Fällen 2 M. Wenn dagegen die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzter Richtung durch den Kanal fahren, so findet jedes Schiff die Schleuse in dem Zustande, dass es sogleich hineingezogen werden kann. Geht z. B. wieder ein Schiff von Norden nach Süden, so tritt dasselbe unmittelbar in die untere Kammer der gekuppelten Schleuse; um es zu heben, muss das zum Füllen der Kammer erforderliche Wasser, weil die zweite und dritte Kammer leer ist, aus dem Oberwasser durch beide Kammern durchfliessen. Das Schiff gelangt alsdann in die zweite Kammer, während die nächst obere wieder leer ist; es muss aus dem Oberwasser wieder eine Füllmasse abgelassen werden, was auch noch zum dritten Male geschehen muss, bis das Schiff vollends zur Höhe des Oberwassers ansteigt. Es muss demnach die Füllmasse vom Oberwasser so oft abgegeben werden, als die gekuppelte Schleuse Kammern enthält, welcher Verlust sich beim Aufsteigen, eines jeden Schiffes unter denselben Verhältnissen wiederholt. Die obere Kanalstrecke kann aber diese Verluste nicht tragen, wenn sie nicht durch verstärkten Zufluss ersetzt werden. Beim Herabgehen findet das Schiff alle Kammern gefüllt, daher ist kein Zufluss aus der Scheitelstrecke erforderlich; es ergiessen sich aber grössere Wassermassen in die unteren Kanalstrecken, welche von den daselbst befind-

lichen Schleusen nicht verbraucht werden und die, um die Strecken zu entlasten, abgelassen werden müssen.

Die Nachtheile der gekuppelten Schleusen für einen Kanal, der nur mässige Zuflüsse hat, sind demnach bedeutend und sollen aus diesen Gründen nur in den äussersten Fällen zur Anwendung kommen.

Nach dem Gesagten lässt sich nun die Grösse des ganzen Wasserbedarfes ermitteln, und dieser muss, wenn die Schifffahrt nicht unterbrochen werden soll, zur Zeit der grössten Dürre zur Erneuerung vorhanden sein. Bei der verschiedenen Länge der einzelnen Kanalstrecken und bei der Verschiedenheit der Wasserverluste durch Filtration, so wie auch bei der unvermeidlichen Unregelmässigkeit des Schifffahrtsbetriebes geschieht es, dass einzelne Strecken eine stärkere Speisung erfordern, als andere. Das dazu nöthige Wasser der Scheitelstrecke liefern Bäche oder Reservoire, d. h. Speisebassins, und dieser Zufluss versorgt zugleich die beiden nächst anliegenden Kanalstrecken auf beiden Abhängen, bis man in grösserer Tiefe noch andere Bäche und Quellen dem Kanale zuführen oder ihn durch das Wasser eines Flusses speisen kann.

Eine genaue Messung der vorhandenen Quellen und Bäche ist hiezu nothwendig. Am besten ist es, wenn entweder ausgedehnte Sümpte oder selbst Seen von hinlänglicher Ausdehnung den Kanal speisen, weil darin das Wasser während der nassen Jahreszeit sich ansammelt und sodann die gleichmässige Speisung während des ganzen Jahres liefert.

Um in einem Beispiel den Wasserverlust zu berechnen, nehmen wir einen Kanal an, dessen Strecken, welche keinen andern, als den in die Scheitelstrecke mündenden Zufluss erhalten, eine Gesammtlänge von 40000 Meter betrage; der Kanal sei im Wasserspiegel 16 Meter breit, die Schleusenkammern seien 35 Meter lang, 6 Meter breit und hätten eine Fallhöhe von 2.5 Meter. Ferner wird angenommen, dass täglich 26 Schiffe den Kanal passiren, die eben so oft einander folgen, als sie sich vor einer Schleuse kreuzen, Hieraus ergibt sich der tägliche Wasserbedarf in folgender Weise:

1) der Verlust durch Verdunstung

$40000 \times 16 \times 0.00435 =$. 2784 Kubik-Meter.

2) der Verlust durch Filtration, wenn diese den Wasserstand täglich um 0.05 Meter vermindert,

$40000 \times 16 \times 0.05 =$ . . 32000 » »

Summa 34784 Kubik-Meter.

Transport 34784 Kubik-Meter

3) der Verlust durch den unvollkommenen Schluss der Schleusenthore, wenn, wie nach Hagen, täglich 665 Kubik-Meter durchfliessen,

$2 \times 665 =$ . . . . . 1230 » »

4) der Bedarf zum Durchschleusen der Schiffe $(35 \times 6 \times 2.5 \times 25)\ (2 \times 13 + 13) =$ 13135 » »

Summa . . 49139 Kubik-Meter.

Es müssten demnach der Scheitelstrecke 0.5688 Kubik-Meter Wasser in der Sekunde zufliessen. Das Gebiet dieser Zuflüsse müsste jedenfalls mehrere Quadrat-Meilen enthalten. — Wie man die Ergiebigkeit einer Quelle oder eines Baches beurtheilt, ist schon im §. 112 bei den Wasserleitungen ausführlich besprochen worden, nur muss bemerkt werden, dass, wie schon erwähnt, hier die verlangte Wassermenge zur Zeit der grössten Dürre geliefert werden muss.

Speisung und Entlastung der Kanale.

§. 22.

Vortheilhaft ist es, wenn die erforderliche Wassermenge einem Kanale durch Bäche zugeführt wird, welche in der Nähe seiner Scheitelstrecke sich befinden. Werden diese Bäche nicht für ausreichend befunden, so wird man zur Zeit des starken Regens oder beim Schmelzen des Schnees das abfliessende Wasser in grosse Reservoire auffangen und mit demselben den Kanal speisen. Wenn man sich von solchen Reservoirs auch nicht zu viel versprechen darf, da nur ein mässiger Theil des gesammelten Wassers nutzbar sich verwenden lässt, so sind sie doch bei Kanälen mit hochliegenden Scheitelstrecken von grossem Vortheile und haben auch schon vielfach Anwendung gefunden. Reservoirs haben in mancher Beziehung gegenüber der Speisung der Kanäle durch Bäche einige Vorzüge. Sie stellen nicht nur eine Ausgleichung her, sondern sie sind auch im Stande, ungewöhnlich grosse Wasserquantitäten zu liefern, wenn solche durch zufällig sehr lebhaften Schifffahrts-Verkehr nothwendig werden. In seltenen Fällen speist man die Scheitelstrecken der Kanäle mittels kräftiger Wasserhebungs-Maschinen, wie z. B. bei dem Grand-Junction-Kanale, dem Sambre-Oise-Kanale, dem Kanale zwischen Charleroy und Brüssel. Auch artesische Brunnen sind hin und wieder, jedoch niemals mit namhaftem Erfolg, zur Speisung der Kanäle versucht

worden. Wenn auch artesische Brunnen bedeutende Wassermassen liefern können, so lässt es sich doch nicht annehmen, dass auf der Wasserscheide in einer hohen Gebirgsgegend reiche Adern aufgeschlossen werden, die bis zur erforderlichen Höhe steigen.

Werden Bäche dem Kanale zugeleitet, so lässt man diese nicht unmittelbar in das Kanalbett eintreten, sondern sie dürfen nur so viel Wasser an den Kanal abgeben, als er bedarf, weil sonst bei jeder Anschwellung der Bäche ersterer überlastet und durch ein Uebertreten des Wassers über die Kanaldämme diese zerstört werden könnten. Der erforderliche Theil der Wassermenge wird aus dem Bache durch einen eigenen Graben, den Speisekanal, dem Schifffahrtskanale zugeführt. Im Bachbette baut man zu diesem Behufe irgend eine Stauvorrichtung, die man nach Nothwendigkeit ausser Thätigkeit setzen kann, und durch eine Schleuse an der Mündung des Speisekanals wird der Eintritt des Wassers in denselben regulirt. Die Wasserverluste in den Speisekanälen kann man durch Abkürzung ihrer Längen und durch Vergrösserung der Geschwindigkeit des Wassers in denselben vermindern; zu letzterem Behufe muss man den Speisekanälen ein zweckmässiges Profil und, so weit es angeht, das grösstmöglichste Gefälle geben. Das Gefälle wechselt zwischen 1 : 2000 und 1 : 14000 nach der Beschaffenheit des Bodens. Wäre durch örtliche Verhältnisse ein zu starkes Gefälle geboten, so müsste dieses durch entsprechende Einbauten gemässigt werden.

Seitenbäche, welche Sand und Geschiebe mitführen, dürfen nicht in den Speisekanal eintreten, sondern sind entweder über oder unter demselben wegzuleiten.

Speisekanäle sind im guten dichten Boden einzuschneiden, damit die Filtrationen sich mindern. Werden sie an einer Bergwand geführt, so können sie durch Zuflüsse von Seitenbächen und Quellen verstärkt werden. Ist man gezwungen, Speisekanäle in Ablagerungen von Steingerölle einzuschneiden, so schliesst man den Kanal nicht nur mit Mauern ein, sondern stellt auch seine Sohle aus einem umgekehrten Gewölbe her. Befürchtet man, dass Gerölle von einer Bergwand in den Speisekanal gelangen kann, so muss dieser auch überwölbt werden. Um einer zu starken Filtration vorzubeugen, legt man die Speisekanäle mit guter fetter Erde aus, oder man leitet anfänglich trübes Wasser in dieselben, damit die darin schwebenden erdigen Theile nach und nach die undichten Stellen verstopfen. Um das Material, welches dem Kanale durch einzelne Bäche zugeführt wird, abzulagern, versieht man ihn mit eigenen Sammelbassins; es sind dies breitere, vertiefte Stellen, welche wie Schlammkasten wirken. Die Ausmündung des Speisekanals in den Schifffahrtskanal geschieht gewöhnlich durch eine kleine Schleuse, an deren Seitenmauern sich die Kanalwände anschliessen. Weil der Speisekanal eine geringere Tiefe hat, muss die Schleuse mit einem Fachbaume oder einer massiven Schwelle versehen werden. Eine Erweiterung des Speisekanals vor dieser Schleuse ist zweckmässig, um die Sand- und Kiesmassen vor dem Eintritt in den Kanal abzulagern. Finden sich in der Nähe der Scheitelstrecke kleine Bäche und Quellen, so leitet man diese, um auch ihre Wassermassen im geeigneten Falle benützen zu können, über ein festes Wehr in den Kanal, damit sich die Geschiebe vor demselben ablagern.

Es trifft sich häufig, dass der Kanal Bäche kreuzt, die man zur Speisung benützen kann. Gewöhnlich wird in einem solchen Falle der Kanal über den Bach fortgeführt und mit dem Durchlasse, worin der Bach fliesst, die Stauanlage verbunden, mittels welcher der Bach so weit gehoben wird, dass er in den Kanal treten kann. Eine solche bei dem Marne-Rhein-Kanal ausgeführte Anordnung zeigt die Fig. 436 a und b, Taf. XVI. Von der Bergseite fliesst der Bach dem Kanale zu, und mit ihm verbinden sich die Gräben, die vor dem Leinpfade an der Bergseite des Kanales sich hinziehen. Die ganze vereinigte Wassermenge stürzt sich in einen massiven Fallkessel auf die Sohle des Durchlasses herab. Das horizontal abgeglichene Gewölbmauerwerk des Durchlasses, worauf eine 0.3 Meter hohe Thonschichte liegt, bildet die Kanalsohle. Der Kanal ist durch die Erhöhung der beiden Enden der Widerlager des Durchlasses bis in die Höhe der Kanaldämme von beiden Seiten mit Mauern eingeschlossen und mit zwei Seitenöffnungen versehen, in welchen sich zwischen Quadereinfassungen, zur Einlegung von Dammbalken, Falze befinden. In der Stirnmauer des Durchlasses, welche denselben gegen den erweiterten Fallkessel begrenzt, bewegt sich eine Schütze, welche von der hölzernen Leinpfads-Brücke bewegt werden kann. Ist diese geöffnet, so fliesst der Bach durch den Durchlass unter dem Kanal fort ohne in diesen hineinzutreten; wird hingegen die Schütze eingestellt, also der Durchlass geschlossen, so sammelt sich das Wasser im Fallkessel und steigt endlich so hoch, dass es über die Dammbalken in den Kanal tritt und denselben speist. Während dieser Zeit setzt sich allerdings der Niederschlag des Wassers in den Fallkessel ab, aber sobald man später die Schütze wieder öffnet, wird derselbe bei der hef-

tigen Strömung, die der anfänglich hohe Wasserstand veranlasst, grossentheils sogleich fortgeführt. Das allenfalls demnach liegen bleibende Geschiebe muss durch Räumung entfernt werden, welche leicht vorzunehmen ist, indem sowohl der Fallkessel, als der Durchlass so grosse Dimensionen erhalten muss, dass Leute darin arbeiten können. Die zweite, der Thalseite zugekehrte Oeffnung des Kanals dient zum Ablassen des Wassers, wozu die Dammbalken nach Bedarf ausgehoben werden. Zu beiden Seiten des Kanals führen über den Bach leichte hölzerne Brücken, welche zur Communication für die Leinpfade dienen.

Jeder Kanal soll nur bis zu dem normalen Stande mit Wasser gefüllt bleiben; aber trotz aller vorbeschriebenen Vorsichtsmassregeln geschieht es nicht selten, dass sie Ueberfluss erhalten, der abgelassen werden muss. Man nennt dieses die *Entlastung der Kanäle.* Erstreckt sich die Entlastung nur auf geringe Quantitäten, so kann sie durch Schützen-Oeffnungen in den Schleusen-Thoren oder in den Umläufen erfolgen. — In manchen Fällen, z. B. in dem Schleswig-Holsteinischen Kanale, hat man besondere Freiarchen neben den Schleusen erbaut, um das Wasser aus einer Kanalstrecke in die andere und auf diese Weise bis in den Fluss zu leiten. Sollte ein Kanal mit einer tiefgelegenen Mittelstrecke zwischen zwei Scheitelstrecken versehen sein, so kann man von der ersteren immer einen Seitenkanal an dem Flusse oder Bache herabführen, der in dem durchschnittenen Thale sich vorfindet. Wo möglich soll man aber diese Art der Entlastung vermeiden, sobald es sich um Abführung grösserer Wassermassen handelt, weil dabei eine starke Strömung entstehen würde, welche zu Uferbrüchen und Versandungen Veranlassung gibt; ferner könnte auch, wenn die Schütze nicht zeitlich genug geöffnet und grosse Wassermassen dem Kanale zugeführt werden, das Ueberwasser bis zur Höhe der Leinpfadsdämme steigen, diese überströmen und die Kanaldämme durchbrechen. Durch an der Seite des Kanals angebrachte massive Ueberfälle ist man nicht im Stande, jede beliebige Wassermenge abzuführen, ohne den Wasserstand zu erhöhen. Bei einem Kanale von mässiger Breite, worin das Wasser strömt, bildet sich keine horizontale Oberfläche, vielmehr ein der Geschwindigkeit entsprechendes Gefälle. Das Wasser steht demnach an derjenigen Stelle, wo der Zufluss in den Kanal tritt, höher als am Ueberfall, und wenn diese beiden Stellen weit von einander entfernt sind, so kann es leicht geschehen, dass an de ersteren die Kanaldämme schon überströmt werden, während an der letzteren das Wehr oder der Ueberfall erst zu wirken beginnt. Besser sind zur Abführung bedeutenderer Wassermassen eingelegte Dammbalken, weil man sie bis zu einer beliebigen Tiefe entfernen kann.

Auf manchen englischen Kanälen findet man brunnenartige Ueberfälle, welche nichts anderes sind, als Wehre, deren Rücken nicht gerade, sondern kreisförmig gekrümmt ist, wie Fig. 437, Taf. XVI, zeigt, und einen vollständigen Cylinder bilden; sobald das Wasser den oberen Rand übersteigt, ergiesst es sich in ihn und wird durch einen unter dem Kanaldamme laufenden überwölbten Kanal abgeführt. Fig. 438 a und b, Taf. XVI, zeigen einen ähnlichen Brunnen im Durchschnitte und Grundrisse, doch steht derselbe nicht frei im Kanale, sondern lehnt sich an eine Seitenmauer und stellt nur einen Theil des Umfanges eines gebogenen Cylinders dar, der auf zwei Strebepfeilern ruht. Dergleichen Brunnen sind auf dem Birmingham-Fazeley-Kanale ausgeführt.

Als zweckmässig empfiehlt sich hier die bei dem Kanale du Midi angewendete und schon im §. 49 der II. Abtheilung bei den Wasserleitungen beschriebene Vorrichtung mit den Hebern, Fig. 278 a und b, Taf. XXIII, welche bei gewissen Wasserständen in Wirksamkeit treten und alsdann das Wasser mit der ganzen, der Druckhöhe entsprechenden Geschwindigkeit abführen, deren Wirksamkeit aber von selbst bei Senkung des Wasserspiegels unterbrochen wird.

Grundablässe, wie der in Fig. 439, Taf. XVI, dargestellte, leisten auch gute Dienste. In einer den Kanaldamm zum Theil ersetzenden Mauer ist eine Nische angebracht, in deren Sohle ein Brunnen mit einem bis an die äussere Flucht der Mauer gehenden Ablass-Kanale in Verbindung steht. Dieser Brunnen, durch den man das Wasser abfliessen lässt, kann durch ein Ventil, welches von der Krone der Mauer bewegt wird, geöffnet und geschlossen werden. Die verschiedenen Arten der beweglichen Wehre, welche sich bei gewissen Wasserständen selbst öffnen und sehr bedeutende Abflussprofile darstellen, sind bei den Kanälen wenig anwendbar, weil sie nicht scharf genug schliessen und durch sie zur Zeit der Dürre bedeutende Wasserversuste veranlasst würden.

Weil keines der erwähnten Mittel zur Entlastung eines Kanals als ganz zweckmässig und sicher erkannt worden ist, so wurden bei den in der letzteren Zeit ausgeführten Kanälen meistens solche Anlagen gewählt, die durch einen Wärter in Thätigkeit gesetzt werden, d. h. entweder Schützen oder Einlagsbalken.

Um einzelne Kanalstrecken für verschiedene Zwecke möglichst schnell abschliessen zu können,

dienen die *Sicherheitsthore*, welche auch einen möglichst wasserdichten Verschluss bilden müssen. Häufig sind diese den gewöhnlichen Schleusenthoren (Stemmthoren) ganz ähnlichen Thore in der Art aufgestellt, dass beim Durchbruche eines Kanaldammes, wodurch sogleich eine starke Strömung entsteht, dieselben von dieser gefasst werden und sich dann selbst schliessen. Da man in den meisten Fällen nicht voraussagen kann, an welcher Stelle ein Durchbruch erfolgen wird, so ist wegen der Stellung der Thore ihre Wirkung eigentlich immer eine ungewisse und es müssten, um sicher zu gehen, zwei Thorpaare (eine ähnliche Anordnung, welche man bei dem Unterhaupte einer Schleuse, die den Kanal mit dem Strome verbindet, wählt) erbaut werden, damit die Strömung, von welcher Seite sie kommen mag, immer ein Paar derselben schliessen kann. Jedenfalls wird man diese Sicherheitsthore nur in langen Kanalstrecken anbringen, weil es nur bei diesen von besonderer Wichtigkeit ist, dass das ganze Kanalwasser nicht abfliesse; sie werden so vertheilt, dass sie die Kanalstrecke in zwei, oft auch in drei Theile theilen. Man wird hiezu an entsprechenden Stellen ein gewöhnliches Schleusenhaupt erbauen, in welchem die fraglichen Thore angebracht werden. Wenn man ein solches Schleusenhaupt um einige Fuss weiter macht, als die Kanalschleusen sind, so kann man die Thore, indem sie an vortretende Stützen gelehnt werden, ausserhalb der Thornischen halten. Im Falle eine stärkere Strömung im Kanale sich bildet, so werden sie von derselben sogleich gefasst und gegen die Schlagschwellen bewegt, so dass sie sich von selbst schliessen. Die Anlage- und Erhaltungskosten werden aber durch diese sehr zweckmässige Anordnung allerdings bedeutend erhöht.

Aus diesen Ursachen ist man von der Herstellung solcher Stemmthore abgegangen und hat den Abschluss durch ein einfaches Thor, das sich um eine horizontale Achse dreht und sich flach auf den Boden legt, hergestellt. Die Fig. 425 a, b und c, Taf. XIV, zeigen eine derartige auf dem Kanal du Centre gewählte und bewährte Anordnung. Das in Fig. 425 a aufgerichtet gezeichnete Thor dreht sich um eine starke eiserne Achse, die in metallenen Pfannen ruht. Die Schlagsäulen sind in die horizontale Wendesäule verzapft und durch zwei Riegel mit einander verbunden; zwischen letzteren sind noch einige Mittelstücke angebracht. Das Thor lehnt sich sowohl unten, als zu beiden Seiten an die mit Werkstücken eingefassten Mauerränder, Fig. 425 b und c; ist es hingegen niedergelassen, so liegt es flach auf dem Boden in der Lage, die in Fig. 425 b in punktirten Linien angegeben ist. Zum Aufrichten dieser Thore dienen zwei eiserne Stangen, Fig. 425 a und b, welche zur Seite an den Köpfen der Schlagsäule befestigt sind. Die zum Heben erforderliche Kraft ist sehr gering, indem bei der Construction des Thores schon darauf gesehen werden muss, dass das Gewicht desselben in allen Stellungen nahe durch den Wasserdruck aufgehoben werden muss; doch gibt man ihm einiges Uebergewicht, damit es sich nicht von selbst hebe. Durch den Wasserdruck wird es nur von einer Seite geschlossen erhalten, daher muss es, wenn der Druck von entgegengesetzter Richtung erfolgt, durch stark verstrebte in der Figur ersichtliche Vorreiber, die sich um horizontale Achsen drehen, gestützt werden; zwei derselben treffen den oberen und zwei den mittleren Riegel des Thores. Wenn das Thor niedergelegt ist, so kann nicht verhindert werden, dass sich darauf eine Schichte Schlamm oder Kies ablagert. Um nun beim Aufrichten das Herabsinken dieser Ablagerung zwischen der Wendesäule und der Anschlagschwelle zu verhindern, ist die Fuge mit einem Flügel, in Fig. 425 b mit a hezeichnet, aus Eisenblech überdeckt, der mittels einer horizontalen Achse am Thor befestigt ist. Das Schliessen dieses Sicherheitsthores geschieht durch einen in der Nähe stationirten Wärter, der schon bei eintretendem starkem Regen oder überhaupt bei einem zu erwartenden grossen Wasserzudrang, ehe ein Dammbruch erfolgen kann, das Thor aufrichtet. Wurde das Thor zur Entleerung einer Kanalstrecke geschlossen, so geschieht die nachherige Füllung derselben mittels zweier Oeffnungen im Thore, welche durch Klappen mit zwei Flügeln geschlossen werden. Um für den Wasserdruck nach beiden Richtungen diese Klappen leicht öffnen zu können, hat man jede Klappe mit zwei Drehungsachsen versehen, Fig. 425 a und c; je nachdem man die eine oder die andere derselben herauszieht, bewirkt man, dass der eine oder der andere Flügel der längere wird. Die Klappe dreht sich in beiden Fällen nach derselben Richtung. Angemessene Schützenvorrichtungen dürften statt diesen Klappen vortheilhafter sein.

Die Theilung einer Kanalstrecke gewährt auch den Vortheil, dass, wenn ein Schiff verunglückt und sinkt, man den Kanaltheil leicht entleeren kann und dadurch die oft sehr zeitraubende Arbeit des Hebens des Schiffes unter Wasser vermeidet. Ein solches verunglücktes Schiff sperrt den Kanal gewöhnlich vollständig und die Unterbrechung der Schifffahrt ist in Folge der Entleerung der Strecke eine geringere, nur kann in solchen Fällen der Verlust des Wassers nachtheilig werden.

Speisebassins.

§. 23.

Es sind dies grosse Reservoirs, durch welche der Kanal während der grössten Dürre oder überhaupt in der Zeit in welcher derselbe keine anderen Zuflüsse erhält, gespeiset wird. Speisebassins werden in der Art hergestellt, dass man geeignete Thäler durch Erddämme oder durch hohe Mauern abschliesst und auf diese Weise künstliche Seen bildet. Die Thäler hiezu müssen ziemlich weit und mit hohen Wänden verschlossen sein, sich aber an einer für den Abschluss geeigneten Stelle sehr verengen, um diesen leichter herzustellen; ferner müssen sie gegen die zu speisende Kanalstrecke hoch genug und nicht zu weit von dieser entfernt liegen. Auch müssen diese Thäler viele Quellen und einen reichhaltigen Bach enthalten, nach welchem die atmosphärischen Niederschläge rasch abfliessen; sie dürfen keine starke Filtration zulassen, müssen also im gewachsenen Felsboden einer dichten Gebirgsart eingeschnitten sein. Grosse Kieslager und klüftiges Gestein dürfen sonach weder das Thal einschliessen, noch den Grund bilden.

Die Abschlussdämme so wie die Vorrichtungen zum Ablassen des Wasser kommen bei Herstellung eines Speisebassins besonders in Betracht. Damit sich das Bassin nicht über die Krone des Abschlussdammes anfülle, wodann das überstürzende Wasser letzteren beschädigen könnte, müssen entsprechende Ableitungen hergestellt werden, durch welche das zuströmende Wasser einen Ausweg findet, sobald es sich der Krone des Dammes genähert hat.

Wie schon erwähnt, stellt man die Dämme zur Abschliessung der Speisebassins entweder aus Mauerwerk oder aus Erde her. Zuweilen verbindet man auch beide Konstruktionsarten und verstärkt die Mauern durch angeschüttete Erd-Dossirungen.

Bei festem Boden und bei festen Thalwänden sind Mauern den Erdschüttungen unbedingt vorzuziehen; sie sind am wasserdichtesten und es finden sich auch in Gebirgsgegenden Steine viel leichter vor als Erde.

Die Anordnung und Ausführung solcher Mauern erfordert jedoch grosse Vorsicht, indem man es mit Druckhöhen von 40 bis 60 Fuss, ja in einzelnen Fällen auch bis 100 Fuss zu thun hat. Eine solche Mauer muss nicht nur die nöthige Stabilität, sondern auch die nöthige Wasserdichtigkeit besitzen. Nach Minard ist deren geringste Dicke gleich der halben Höhe. Häufig böscht man diese Mauern an einer Seite, oder lässt durch Anbringung von Banketen ihre Stärke nach unten wachsen. Die Bankete legt man gewöhnlich auf die dem Bassin zugekehrte Seite und gibt der äusseren Seite eine sehr mässige Neigung. Geböschten Mauern gibt man öfter zur oberen Dicke ein Drittel der Mauerhöhe, und die untere Dicke macht man doppelt so stark als die obere. Die Fig. 443 a, b, c und d, Fig. XVII, zeigen mehrere Mauerprofile. Besonders wichtig ist es, die Mauer gut mit dem Untergrunde zu vereinen, damit nicht Wasseradern zwischen beiden durchziehen. Hiezu empfehlen sich vor allen die sogenannten Herdmauern von Stein oder von Beton, die etwas tiefer in den Untergrund eingreifen und mit der eigentlichen Mauer in Verbindung stehen.

Häufig werden solche Thäler durch Erddämme abgeschlossen. Sind die Thalwände mit fruchtbarer Erde bedeckt, so sind solche Dämme auch wohlfeiler als Mauern. Das Profil des Erddammes ist sehr ähnlich dem eines Deiches; es wird von der Krone und den Seitendossirungen begrenzt. Nach Massgabe der Tiefe und der Ausdehnung des Speisebassins muss die Krone 3 bis 5 Fuss, auch wohl noch höher über dem Wasserspiegel gehalten werden, weil zur Zeit der Stürme heftige Wellenbewegungen eintreten, die das Wasser über die Krone treiben. Dieser Umstand macht die Pflasterung der Krone und der inneren Dossirung nothwendig. Die Breite der Krone ist gewöhnlich bei 18 Fuss. Die innere Dossirung ist durch ein Steinpflaster gesichert und dennoch gibt man ihr die $1\frac{1}{2}$ bis 2fache Anlage, weil der Wasserstand sehr veränderlich ist, hiemit die durchnässte Erde zeitweise den Gegendruck verliert und sich in grösseren Massen bei steilerer Böschung ablösen würde.

Die gewöhnliche Dammerde eignet sich am besten zu solchen Dämmen; ganz reiner Thon hat den Nachtheil, dass er in der Dürre stark reisst und zu fest ist, um nachzusinken, wenn Höhlungen entstehen sollten. Auch reiner Sand ist nicht brauchbar, weil das Wasser zu leicht durchsickert. Man darf nur reine Erde verwenden; Rasen, Torf, Holz, Zweige u. d. g. müssen sorgfältig beseitigt werden.

Bei der Ausführung der Anschüttung ist alles das zu beobachten, was bei Herstellung der Deiche hierüber gesagt wurde. In England hat man vielfach, obwohl es nicht als empfehlenswerth bezeichnet wird, die Schüttung in gekrümmten Lagen so hergestellt, dass die konkave Seite aufwärts gekehrt ist, wie es die Fig. 444, Taf. XVII, zeigt. Auch ist es daselbst üblich, diese Dämme noch durch einen Kern

von besonders gutem Thon (Puddle) gegen die Filtration zu schützen. Die Fig. 432 c, Taf. XVI, und Fig. 450, Taf. XVIII, zeigen solche Abschlussdämme. Die Höhe des letzteren beträgt 25 Fuss; er wurde von Telfort vor dem Rotten-Park-Reservoir erbaut, welches den Kanal von Birmingham nach Staffordshire speist.

Fig. 445 a, b und c, Taf. XVII, zeigt den Abschlussdamm am Reservoir Torcy, Kanal du Centre. Die Wasserhöhe beträgt daselbst 11 Meter. Die Höhe des Dammes ist gegen die Mitte hin 12.7 Meter, die Länge 253 Meter. Die Verkleidung der inneren Dammböschung bestand anfänglich aus sechs liegenden Mauern, die durch abgepflasterte Bermen getrennt waren. Die zu rasche und nicht mit der gehörigen Sorgfalt ausgeführte Erdanschüttung verursachte bald eine unregelmässige Senkung dieser Mauern und man sah sich genöthigt, den bedrohten Theil der Böschung solider zu befestigen. Man errichtete, wie Fig. 445 c, Taf. XVII, zeigt in Entfernungen zwischen 6 und 10 Meter ein System von 1.5 Meter starken Pfeilern und verband sie durch Gewölbe, welche der Dossirung der vorerwähnten Dammböschung angepasst wurden. Nur jedes zweite solche Pfeilersystem ist in der Weise hergestellt, wie es die Figur zeigt, während bei den andern der Pfeiler an der Sohle der Dossirung und hiemit auch das erste Gewölbe fehlt.

Auch hat man Erddämme und Mauern vereint und zur Herstellung der Abschlussdämme der Speisebassins angewendet. Eine durchgehende hohe Mauer, welche den Rücken oder die Krone des Dammes bildet, wird zu beiden Seiten durch angeschüttete Erddossirungen verstärkt. Ob hiebei wirklich ein Vortheil erreicht wird, muss dahingestellt bleiben, indem eine innige Verbindung oder ein genauer Anschluss der Erdschüttung an das Mauerwerk doch nicht erreicht, also auch nicht erwartet werden kann. Die Mauer hat demnach den ganzen Wasserdruck auszuhalten und wenn sie auch durch die äussere Erdschüttung gegen einen vollständigen Einsturz gesichert ist, ist sie es doch nicht gegen das Durchsickern und gegen das Durchbrechen; die innere Dossirung ist denselben Beschädigungen ausgesetzt als wenn die Mauer nicht vorhanden wäre. Diese Konstruktionsart, welche fast mehr Kosten verursacht als jede andere Anordnung, ist nach den gemachten Erfahrungen keineswegs vortheilhaft. Das Bassin St. Fériol, welches die Scheitelstrecke des Kanals du Midi speist, ist durch einen Damm dieser Art geschlossen.

Zum Ableiten des Wassers aus den Reservoirs hatte man gewöhnlich überwölbte Gallerien durch die Mauern, selbst durch die Erddämme geführt, während man in neuerer Zeit hiezu häufig gusseiserne Röhren benützt. Die überwölbten Gallerien werden durch Schützen geschlossen, für welche ein eigener Schacht Fig. 445 a und b, Taf. XVII, bis über den höchsten Wasserstand aufgeführt werden muss. Zum Verschluss der gusseisernen Röhren dienen gewöhnlich Schiebeventile; damit aber diese reparirt werden können, pflegt man noch eine Abschlussvorrichtung am vorderen Ende der Röhren anzubringen, und zwar dienen dazu eigene Klappen, welche die Röhrenmündung schliessen und durch einen Zug geöffnet werden können. Die Fig. 450, Taf. XVIII, zeigt eine gusseiserne Ableitungsröhre und die Fig. 451 a und b, Taf. XVIII, die Konstruktion der zweiten Abschlussvorrichtung an der Mündung der Röhre. Bei einer Druckhöhe von etwa 20 Fuss trägt man schon Bedenken, gewöhnliche Schützen anzuwenden, weil sie schwer zu handhaben sind und man hat daher ziemlich allgemein bei grosser Höhe des Abschlussdammes mehrere Ausflussöffnungen in verschiedenen Höhen angebracht, von denen jede einzelne bei denjenigen Wasserständen benutzt wird, die zwischen ihr und der nächst oberhalb befindlichen liegenden.

Folgende Einrichtung dürfte bei Speisebassins von geringer Tiefe mehrere Vortheile bieten. Dieselbe besteht aus einer heberförmigen gusseisernen Röhrenleitung, die nicht unter dem Damme, sondern wie Fig. 444, Taf. XVII, zeigt, auf demselben liegt, also mit Ausschluss des in das Bassin herabreichenden Theiles überall zugänglich ist. Vor der Mündung der Röhre befindet sich ein starkes eisernes Gitter, um das Eintreiben von grösseren Körpern zu verhindern. Die heberförmige Leitung kann an ihrem rückwärtigen Ende durch ein Schiebeventil geschlossen werden und im Scheitel ist noch eine kleine, aufwärts gekehrte Ansatzröhre angebracht, um durch Zulassen von Luft die Thätigkeit des Hebers zu unterbrechen, so wie auch denselben in Thätigkeit zu setzen. Will man den Heber wirken lassen, während der Wasserstand im Bassin niederer ist als der obere horizontale Theil des Hebers, so öffnet man die Ansatzröhre, stellt eine Pumpe darauf, schliesst das Schiebeventil und pumpt die Luft aus der Leitung. Das Wasser wird unter dem Drucke der Atmosphäre in den luftverdünnten Raum eindringen, durch den oberen horizontalen, in den abwärts gekehrten Theil bis zum Schiebeventil gelangen, und diesen wie auch die Scheitelstrecke der Röhre vollständig anfüllen. Dass dies geschehen, erkennt man, wenn aus der Pumpe

nicht mehr Luft, sondern Wasser ausfliesst. Alsdann schliesst man die Ansatzröhre mit einem Hahne, öffnet das Schiebeventil und der Heber tritt in Wirksamkeit. Durch das Schiebeventil oder durch das Oeffnen der Ansatzröhre kann man beliebig die Strömung unterbrechen. Besorgt man ein zu hohes Anfüllen des Bassins, so kann bei geschlossener Ansatzröhre und geöffneten Scheiteventil, das Wasser, wenn dasselbe eine grössere Höhe als die Scheitelstrecke des Hebers erreicht, von selbst abfliessen, und ist es im Bassin genügend gefallen, so wird die Ansatzröhre geöffnet, worauf die Heberwirkung wieder aufhört.

Unterirdische Kanalstrecken.

§. 24.

Bei immer mehr steigendem Terrain kommt man zu einer gewissen Grenze, von welcher an es vortheilhafter ist, den Kanal unterirdisch, statt in einen tiefen Einschnitt zu führen. Anhöhen von 60 Fuss werden noch mit Vortheil durch offene Einschnitte durchzogen, häufig aber thut man dies noch bei einer grösseren Höhe. Doch treten selbst schon bei dieser Höhe Verhältnisse ein, wo Einschnitte nicht herzustellen sind, weil entweder die Böschungen nicht halten, oder die Oberfläche des Bodens ganz unverändert in der bisherigen Weise benützt werden soll. In solchen Fällen ist man genöthiget, die Kanalstrecke unterirdisch zu führen, d. i. einen Tunnel zu bauen.

Nicht nur die Ausführung, sondern auch die Benutzung eines solchen Tunnels ist stets mit Beschwerden ja sogar oft mit Gefahren verbunden. Selbst kürzere Strecken, etwa von 1000 Fuss Länge, sind fast ganz dunkel; Menschen wie Pferde gehen daher viel unsicherer und der Zug der Schiffe erfordert eine viel grössere Anstrengung, weil man den Kanal stark beengen muss, um dem Gewölbe oder auch der freitragenden Decke des natürlichen Felsbodens keine zu grosse Spannung zu geben. Die durch die Decke und durch das Gewölbe herabträufelnde Frdfeuchtigkeit macht den Leinpfad schlüpfrig. Bald nach einer, bald nach der andern Richtung stellt sich beinahe immer ein heftiger Luftzug ein, der besonders in längeren Strecken zum Winde wird und manches Mal verhindert, dass die Schiffe nach einer Richtung fortgeschafft werden können; ein Licht kann sodann nur in einer wohlverschlossenen Laterne brennen. Auch ist die feuchte kalte Luft, besonders in heissen Tagen, der Gesundheit nachtheilig und das vielfache Echo macht jeden Zuruf der Schiffer unverständlich. Diese Umstände und besonders die Schwierigkeiten der Ausführung sind Ursache, dass man bei Aufstellung eines Kanalprojektes sich bemüht, solche unterirdische Strecken, wenn möglich ganz zu vermeiden, oder wenn dieses aber nur mit zu grossen Kosten verbunden wäre, ihre Ausdehnung auf das geringste Mass zu beschränken.

Bei Bestimmung des Profils einer unterirdischen Kanalstrecke muss man darauf Bedacht nehmen, die Weite möglichst zu ermässigen, ohne jedoch den Durchgang der Schiffe zu sehr zu erschweren. Man beschränkt deshalb das eigentliche Kanalbett jedesmal so weit, dass nur ein Schiff fahren kann; damit aber der Widerstand nicht übermässig gross wird, pflegt man die Breite des Kanals um den vierten bis dritten Theil grösser anzunehmen, als die der Schiffe ist, damit auf jeder Seite zwischen dem Bord des Schiffes und der Kanalwand noch ein Raum 2 bis 3 Fuss frei bleibt. Die Vermehrung der Breite lässt sich aber zum Theil wieder aufheben, dass man die Leinpfade auf dünne Pfeiler stellt, wie Fig. 446, Taf. XVII, zeigt.

Manche unterirdische Kanalstrecken haben gar keine Leinpfade und man hat statt dieser, in angemessener Höhe an beiden Seitenwänden oder unter der Decke eiserne Handhaben oder starke Taue angebracht, die an Ringen befestiget sind. Die Schiffer fassen diese Handhaben oder die Taue und ziehen das Schiff daran vorwärts. Auf dem Regens-Kanal in London hat man ein Dampfschleppschiff eingerichtet, welches die Kanalschiffe durchzieht, da bei dem gesteigerten Verkehr das Durchziehen an Tauen zu zeitraubend war. Auf der Sohle des Kanals befindet sich daselbst eine starke eiserne Kette, die in zwei geneigten Röhren durch den Boden des Schleppschiffes nach einer horizontalen Trommel in der Mitte des Schleppschiffes geführt und mehrmals um dieselbe geschlungen ist. Die Trommel wird von der kleinen Dampfmaschine nach einer oder der andern Richtung bewegt, wodurch das entsprechende Kettenende angezogen und das Schleppschiff mit den angehängten Kanalbooten rasch durchgeführt wird.

Die gewöhnliche Methode des Durchführens der Schiffe ist aber die mit dem Leinenzug. Der Leinpfad ist sodann nur für ein Pferd eingerichtet und muss, damit dieses bei dem unbedeutendsten Fehltritte nicht sogleich herabstürzt, wenigstens 5 Fuss breit sein. Sind mehr Pferde nothwendig, so müssen mehrere Zugleinen angebracht werden und die Pferde gehen hintereinander. Wird der Zug durch Menschen ausgeübt, so kann die Breite des Leinpfades füglich auch nicht geringer gemacht werden. In beiden

Fällen ist zur Beseitigung jeder Gefahr ein Geländer nothwendig. Zwei Leinpfade findet man höchst selten angelegt, was auch ganz entbehrlich ist, indem ein Begegnen von zwei Fahrzeugen innerhalb eines solchen Tunnels nicht stattfinden soll.

Die Form und Höhe des Gewölbes oder der natürlichen Ueberdeckung muss immer derart sein, dass nicht nur über dem Schiffe, sondern auch über dem Leinpfade hinreichender Raum bleibt, um nicht gegen die Decke zu stossen; man führt deshalb die Seitenwände vorher in entsprechender Höhe vertikal auf und beginnt erst dann das Gewölbe.

Durchlässe und Brückenkanäle.

§. 25.

Trifft ein Kanal in seiner Richtung quer auf einen Bach oder einen Fluss, dessen Abfluss nicht verhindert werden darf, oder ein Thal, so muss der Kanal entsprechend hinüber geführt werden.

Bei vielen Kanälen, die seitwärts eines Baches liegen, hat man in früherer Zeit alle Zuflüsse des letzteren in den Kanal geleitet und wenn diese zu viel waren, den Kanal entsprechend entlastet. Hiedurch traten aber, ungeachtet man die Bäche erst aus eigenen grossen Bassins, worin sich ihr Material niederschlagen sollte, eintreten liess, bedeutende Versandungen ein. Kreuzte ein Kanal einen grösseren Bach oder kleineren Fluss, so liess man den Kanal von der einen Seite in den Fluss eintreten und an der gegenüber liegenden wieder fortsetzen. Bei grossen Wasserständen wurde aber dadurch nicht nur die Schifffahrt unterbrochen, sondern die Fluthen, welche sich in die nächstliegenden Kanaltheile erstreckten, füllten diese mit Material an.

Eine solche Kreuzung kann bei grösseren Strömung, die selbst schiffbar sind, gar nicht umgangen werden. Auch muss man diese Art Verbindung mit grösseren schiffbaren Flüssen schon deshalb wählen, um die Schiffe aus den Kanal in den Fluss und umgekehrt gelangen zu lassen. Es ist aber hiebei nothwendig, dass man die beiderseitigen Kanäle an ihren Mündungen in dem Flusse, mit Schleusen versieht.

Kreuzt aber der Kanal einen Strom, dessen Wasserspiegel eine verschiedene Höhe von jener des Kanals hat, so kann man offenbar die Verbindung nicht in obiger Art herstellen und man muss den Kanal durch eigene Bauten, welche man Brückenkanäle oder Aquädukte nennt, über den Fluss führen. Sind aber die Wasserspiegel derart, dass der Kanal bei kleinem Wasser des Flusses von diesem seine Speisung erhält, so muss die Einrichtung getroffen sein, dass bei höheren Wasserständen des Flusses einer Ueberlastung des Kanals und somit auch einem Eintreiben von Kies und Sand vorgebeugt werde.

Wird der Bach oder Fluss, wie es am häufigsten geschieht, unter dem Kanale durchgeführt, was auch die geringsten Schwierigkeiten verursacht, weil Bäche und Flüsse immer den tiefsten Einsenkungen des Bodens folgen, so unterscheidet sich der hiezu nothwendige Bau nur insofern von einer gewöhnlichen Strassenbrücke, als auf dem Gewölbe ein Kanalbett ruht. Die Ausführung einer solchen Brücke ist aber schwieriger und erfordert grössere Sorgfalt, weil sowohl die Durchlässe als Brückenkanäle wasserdicht sein müssen. Eine Anordnung dieser Art, wobei der Kanal auch gespeist werden kann, zeigt die Fig. 436 a und b, Taf. XVI. Man nennt sie einen Durchlass. Hiebei bestimmt man die Grösse der Durchflussöffnung nach der Wassermenge, welche der Bach oder Fluss zur Zeit seiner stärksten Anschwellung abführt. Sind die Durchflussöffnungen nur gering, so pflegt man, wie es auch bei Durchlässen unter den Strassen geschieht, die Durchlasswölbung unter den beiderseitigen Dossirungen des Kanaldammes fortzusetzen. Hingegen ist es bei grösseren Oeffnungen, von etwa 12 bis 15 Fuss, wohlfeiler, das Gewölbe nur unter dem Bette des Schifffahrtskanales und unter den Leinpfaden auszuführen und letztere gegen Stirnmauern zu lehnen. Hier wird die Sohle des Baches entweder gegen den überwölbten Durchlass hin gesenkt Fig. 447, Taf. XVII.; oder man legt einen heberartigen Durchlass an, wie Fig. 448. Beide Anordnungen haben den Nachtheil, dass sich die Durchlassöffnungen nach und nach mit Geschieben und Schlamm anfüllen, und öfter mühsame und kostspielige Räumungen erfordern. Auch ist das Gewölbe von unten aus einem starken Druck ausgesetzt, in Folge dessen es gehoben werden kann, wie es bei einem Seitenkanale der Oise der Fall war. Am Kanal du Centre hat man diesem Uebelstande durch ein zweites verkehrt gespanntes Gewölbe, das sich gegen dieselben Widerlager lehnte, zu begegnen gesucht, wodurch aber, um dieselbe Höhe für den Durchlass zu erhalten, die Sohle desselben noch tiefer gesenkt werden musste, was jedoch noch mehr zur Ansammlung von Geschieben Veranlassung gab.

Solche Durchlässe von Holz auszuführen, ist wegen der kurzen Dauer des Holzes und wegen der häufigen und schwierigen Reparaturen nicht gerathen.

Dagegen lassen sich Durchlässe in vielen Fällen vortheilhaft durch gusseiserne Röhren ersetzen. Durch

die gewöhnliche Muffenverbindung erhält der Strang einige Biegsamkeit; er wird nur auf dem gehörig geebneten und festgestampften Boden aufgelegt und sodann mit Erde überschüttet. Um die Dossirungen der Dammschüttung dem Angriffe zu entziehen, werden die beiden Mündungen mit kleinen Stirn- und Flügelmauern eingeschlossen. Der Durchmesser dieser Röhren wird entsprechend der Wassermenge angenommen; in einzelnen Fällen betrug er 3 Fuss und es wurden zwei und auch mehrere solche Röhrenstränge neben einander gelegt. Mehrfach hat man diese Leitungen nicht unmittelbar vom Bache gespeist und ihre obere Mündung in die Seitenwand eines gemauerten Brunnens, der eine Art Schlammkasten bildete, gelegt. Die Sohle dieser Brunnen muss aber 3 bis 4 Fuss tiefer als die Röhrenmündung liegen. Auch unter Schleussen kann man solche Röhren, ohne eine Filtration zu befürchten, durchführen; sie fallen und steigen in den Mauern des Oberhauptes und gehen horizontal unter dem Oberboden durch. Ein eisernes Gitter vor der oberen Mündung verhindert bei solchen Röhren das Eintreiben des gröberen Kieses, wogegen die feineren Stoffe durch die Strömung fortgerissen werden. Durchlässe überhaupt sollen nur in Fällen ausgeführt werden, wo keine Verlegung oder Vertiefung des Baches möglich ist. Wäre aber dieses letztere nicht möglich und die Stelle, wo der Kanal den Bach kreuzt, sumpfig und lose, dass die Fundirung besonders schwierig wäre, so muss man wenigstens in sofern eine Verlegung des Baches vornehmen, um den Durchlass auf festeren Grund zu stellen. Man erreicht hiebei noch den Vortheil, dass man den Bau ganz im Trockenen ausführen kann.

Die Aquädukte oder Brückenkanäle unterscheiden sich von den eben besprochenen Durchlässen vorzugsweise durch ihre Grösse und dadurch, dass sie keine Erdanschüttung tragen. Die Leinpfade auf den Brückenkanälen bestehen entweder aus vollen Mauern, oder sie sind auf Pfeilern durch Gewölbe hergestellt. Auch können die Leinpfade aus Holz oder Eisen konstruirt werden. Da das Gewicht eines Brückenkanales bedeutender als das einer Brücke ist, weil das Wasser darin doch mindestens 4 bis 5 Fuss hoch gehalten werden muss, und da ferner in Bezug auf die Wasserdichtigkeit Verstärkungen und besondere Vorkehrungen nothwendig sind, so müssen Brückenkanäle im allgemeinen stärkere Dimensionen als gewöhnliche Brücken erhalten. Die Anlagekosten eines Brückenkanales sind sehr nahe mit seiner Breite proportional, ebenso der Wasserverlust durch Filtration mit seiner Grundfläche; deshalb ist man immer bemüht, den Kanal möglichst zu verengen und ihm keine grössere Breite als in unterirdischen Strecken, zu geben. Die Wasserdichtigkeit erreicht man gewöhnlich dadurch, dass man nach vollständiger Setzung der Bögen, die Nachmauerung mit hydraulischem Mörtel herstellt, sodann über das ganze Gewölbe eine Bétonlage ausbreitet und diese mit mehreren immer feiner werdenden hydraulischen Mörtelschichten überdeckt, damit die Risse, welche sich in jeder Schichte beim Erhärten bilden, durch die folgende wieder gefüllt werden. Durch sorgfältiges Ueberdecken mit Stroh muss einem zu schnellen Erhärten, was die Bildung von Rissen befördern würde, vorgebeugt werden. Zur grösseren Sicherheit überzieht man manchmal das Bett noch mit Asphalt. Sehr nachtheilig würde der Frost auf die massiven Brückenkanäle einwirken, deshalb werden dieselben vor Eintritt des Winters vollständig entleert. Die Herstellung eines wasserdichten Anschlusses der Erdanschüttung gegen den massiven Brückenkanal ist schwer, und noch schwerer diesen Anschluss bei verschiedener Temperatur zu erhalten. Man pflegt deshalb, um einen allmähligen Uebergang zu bilden, der Erde in der Nähe der Brücke Kalk zuzusetzen und zunächst neben dem Widerlager eine Art Mörtel, der sehr viel Sand enthält, zu verwenden. Derselbe wird ebenso wie die Erde lagenweise aufgebracht und fest gestampft.

Die Fig. 452 a, b und c, Taf. XVIII, zeigt einen massiven Brückenkanal, dessen Bögen 19 Meter Spannweite und 4 Meter Pfeilhöhe haben. Die Brückenbögen sind an ihren Schenkeln übermauert und mit einer Bétonschichte bedeckt, welche die Sohle des Kanalbettes bildet, das $2._7$ Meter tief und im Mittel 8 Meter breit ist. Jede Kanalwand hat eine Böschung von 1 : 5 und besteht der Wasserdichtigkeit wegen aus dreierlei Mauerwerk: dem Ziegelmauerwerk innen, dem Quadermauerwerk aussen und dem Gussmauerwerk zwischen beiden ersteren. Sohle und Wände des Kanalbettes sind aus demselben Grunde noch mit einer Asphaltschichte von 2 und $1._5$ Centimeter Stärke überzogen. Zum Schutze dieser Asphaltbekleidung an den Wänden gegen Stoss und Reibung der Schiffe dienen mehrere angelegte schwache Balken, welche in Entfernungen von 2 Meter in einer auf der Sohle liegenden Schwelle verzapft und oben durch Holme verbunden sind, die ihrerseits mit den Decksteinen der $2._1$ Meter breiten Ziehwege durch Bolzen in fester Verbindung stehen. Durch die $0._6$ Meter breiten Consolen, welche einer Reihe von

Halbkreisbögen, anf denen das Gurtgesims ruht, als Pfeiler dienen, wurden zwei Vortheile erreicht: und zwar, dass die Brückengewölbe, Pfeiler und Widerlager um 1.5 Meter kürzer gemacht werden konnten und ferner, dass die bei Brückenkanälen wegen des tiefen Wasserweges unvermeidlich hohen Stirnwände auf eine gefällige Weise in ihrer Einförmigkeit unterbrochen sind.

Holz-Construktionen sind namentlich in früherer Zeit bei Brückenkanälen vielfach angewendet worden. Ihre Dauer ist wegen der geringen Dauer des Holzes keine grosse, und Reparaturen werden sehr häufig nothwendig, aber die Wasserdichtigkeit ist bei ihnen eine grössere. Eine solche hölzerne Rinne besitzt immer eine gewisse Biegsamkeit und kann daher, selbst, wenn Joche oder Pfeiler etwas nachgeben sollten, ihre Wasserdichtigkeit behalten. Zeigt sich irgend wo ein Leck, so kann derselbe, wenn die Rinne überall leicht zugänglich ist, bald wieder hergestellt werden. Der dichte Anschluss der Erde an Holz ist allerdings schwierig, wenn aber auch dieser nicht vollständig gelingt, so ist doch gewöhnlich der Wasserverlust geringer als bei massiven Brückenkanälen.

In England, wo die Preise des Eisens nieder sind, baute man Brückenkanäle aus Gusseisen, welche sich gut bewähren. Das gewalzte Fisen eignet sich aber hiezu bei weitem besser. Auch das System der Hängebrücken, nach welchen ein Brückenkanal über den Alleghany-Fluss bei Pittsburg in Pennsylvania-Kanale erbaut wurde, eignet sich, wie die Erfahrung bewiesen, gut zu Aquäducten, weil die gleichmässig vertheilte Belastung stets eine gleiche, und keine Ursache für vertikale Schwankungen vorhanden ist, indem Pferde und einzelne Menschen, die auf den schmalen Leinpfaden gehen, bei dem grossen Gewichte des im Kanale enthaltenen Wassers gewiss keine merklichen Erschütterungen veranlassen können. Die Wasserdichtigkeit eines solchen Brückenkanales würde aber durch Seitenbewegungen in Folge von Stürmen im hohen Grade gefährdet werden.

VI. Abschnitt.

Die Fundirungen.

Einleitung.

§. 26.

Dauer und Festigkeit sind offenbar die ersten Erfordernisse eines jeden Bauwerkes, welchen unter allen Umständen genügt werden muss. Die Mittel, um diesen Anforderungen nachzukommen, sind: die kunstgerechte Verwendung guter, dauerhafter, dem baulichen Zwecke entsprechender Baumaterialien, wie auch die Bedingung, dass das Bauwerk auf einer sicheren, festen Unterlage ruhe. Da die Kenntniss der Baumaterialien, sowie auch der Bauconstructionslehre vorausgesetzt werden muss, so wird hier nur von der letzteren Bedingung, d. i. von der *Fundirung* gesprochen.

Die oberen Erdschichten, welche dem Einflusse der Witterung ausgesetzt sind und gewöhnlich aus lockerer Dammerde oder aus verwittertem Gestein u. s. w. bestehen, haben fast nie die nöthige Festigkeit, um schwere Lasten tragen zu können. Deshalb werden Gebäude beinahe nie auf die Oberfläche des Bodens gestellt. Aus dieser Ursache muss jeder Bau, wenn nicht die Erreichung einer festen Bodengattung eine grössere Vertiefung nothwendig macht, wenigstens so tief fundirt werden, als der Frost eindringt, weil die Erdschichten oberhalb dieser Linie in ihrer Festigkeit wechseln, je nachdem sie von Feuchtigkeit durchdrungen oder im Winter gefroren sind. Eine auf nasser, durchweichter Erde stehende Mauer wird bei Froste durch Ausdehnung des gefrierenden Wassers gehoben, beim Aufthauen sich wieder senken; sie wird also bewegt werden, was für ihren Zusammenhang offenbar nachtheilig sein muss. Die Tiefe der Frostlinie beträgt in unserem Klima zwischen 3 und 4 Fuss. Ein weiterer Grund, dass man ein Bauwerk nie auf die Oberfläche des Bodens stellt, ist der, dass die Tragkraft des Bodens mit der Vertiefung in denselben zunimmt, und, der Erfahrung gemäss, ist die Last, welche eine gewisse Grundfläche, insbesonders bei sandigem Grunde, tragen kann, dem Quadrate der Tiefe proportional.

Den Theil der Erdoberfläche; welcher von einem Bauwerke eingenommen wird, nennt man *Baustelle,* während man den Boden, auf welchen ein Gebäude gestellt wird und der die Last des letzteren tragen muss, *Baugrund* nennt.

Nach der Beschaffenheit des Baugrundes richten sich die verschiedenen Fundirungsmethoden; demnach ist vor allem die genaue Kenntniss desselben nothwendig. Die Fundirung in der Nähe der Baustelle befindlicher Gebäude gibt in vielen Fällen einen Anhalt zur Schlussfolgerung über die Beschaffenheit des Baugrundes; um aber sicher zu gehen, muss die Untersuchung des Grundes auf der Baustelle selbst vorgenommen werden.

Diese geschieht durch Aufgraben, durch Abteufen eines Schachtes, oder durch Grabung eines ohnedies für das Bauwerk erforderlichen Brunnens, oder durch das Herabtreiben enger Bohrlöcher, ähnlich wie zur Herstellung artesischer Brunnen, indem man dadurch aus grösserer Tiefe Proben von der Erdart herausbringen kann; durch Hinabstossen des Sondireisens lässt sich aus dem Widerstande desselben die Festigkeit einer Sandschicht beurtheilen.

Zur Herstellung der Bohrlöcher bedient man sich der Erdbohrer, die aus einem Kopfstück, den Mittelstücken und dem eigentlichen Bohrer zusammengestellt sind. Die Form solcher Bohrer ist auf Taf. XIX durch Fig. 453 a und b dargestellt. Sie bestehen aus einem aufgeschlitzten, sich nach unten etwas verengenden hohlen Cylinder, mit einem am unteren Ende zugeschärften und in eine spiralförmige Spitze aus-

laufenden Rande Fig. 453 a, wodurch in der hohlen Röhre festerer Boden aus dem Bohrloche mit heraufgezogen wird. Bei Sand, Schlamm u. s. w. könnte man auf diese Weise keine Proben heraufbefördern; man wendet daher für solche Bodengattungen einen ähnlichen mit einem Schlitz versehenen Cylinder, Fig. 453 b, an, welcher aber unten mit einem Boden geschlossen ist. Ueber dem Schlitze ist ein verschiebbarer Deckel angebracht, und zwar so, dass der erstere durch Drehen des Bohrers geöffnet und nach der Füllung durch entgegengesetztes Drehen wieder geschlossen werden kann, wodurch beim Aufziehen des Bohrers sein Inhalt zu Tage gefördert wird. Die Mittelstücke des Bohrers dienen zu dessen Verlängerung nach Massgabe der Zunahme der Tiefe des Bohrloches. Das Kopfstück, mittels welcher der Bohrer gedreht, niedergedrückt und gehoben werden kann, ist mit einer Oese zum Durchstecken einer Stange versehen. Beim Bohren in Stein wirkt der Bohrer durch den Schlag oder Stoss, und es wird der bei den artesischen Brunnen beschriebene meisselförmige Bohrer angewendet.

Man wird, wenn man die Untersuchung der Tragfähigkeit des Bodens vornimmt, nicht bis zu sehr grossen Tiefen herabgehen, indem bei den wichtigsten Gebäuden und in bedenklichsten Fällen eine Tiefe von 50 Fuss mehr als genügend ist.

Man unterscheidet dreierlei Baugründe: 1) *Stein- oder Felsgrund*, bestehend aus zusammenhängenden Lagen (Bänken) oder aus auf einander liegenden Geschieben. 2) *Sandgrund*, so wie auch alle kiesigen und sandigen Erdarten. 3) *Erdgrund*, welcher die erdigen Bodenarten jeder Art in sich begreift, und zwar von der Pflanzenerde bis zum nassen Thon- oder Sumpfboden, die torfhaltigen Erden u. s. w.

Unzerklüftetes gesundes Gestein jeder Art ist nicht nur unzusammenpressbar, sondern widersteht auch vollkommen dem Zudrange des Wassers und kann daher als vorzüglicher Baugrund angesehen werden. Sehr gefährlich wirkt bei manchen Felsarten die Verwitterung. — Bezüglich der sicheren Lage des Felsbodens muss man genau Untersuchungen pflegen, und zwar ob er sicher unterstützt ist; ob er durch heftige Wasserströmungen nicht derart angegriffen wird, dass Theile desselben sich lösen können; ob er wirklich gewachsener Boden ist und nicht aus einem losen Geschiebe besteht; ob er nicht durch Wasser und Frost in Bewegung gesetzt werden kann. Hat man nach diesen Untersuchungen keine Besorgniss in Bezug auf die sichere Lage des Felsbodens, so wird zunächst die Oberfläche geebnet, und zwar in der Regel normal auf die Richtung des zusammengesetzten Druckes. Grössere Spalten und Risse werden mit Béton ausgegossen. Bei abhängigen Felsen muss eine dem Bauwerke entsprechende Abtreppung hergestellt werden.

Ausser Felsen bilden auch einen guten Baugrund Kies, gröbere Steingerölle, Sand, und zwar entweder rein oder mit Thon gemengt, so wie auch fester und reiner Thon, indem diese Bodengattungen bei hinreichender Mächtigkeit die schwersten Gebäude mit Sicherheit tragen. Hat der Kies eine Mächtigkeit von 10 bis 20 Fuss, so kann man leichtere und schwerere Gebäude mit aller Sicherheit darauf bauen. Im Trocknen ist der Sand bei hinreichender Mächtigkeit ein sehr guter Boden zum fundiren, denn die einzelnen Körnchen desselben äussern eine so starke Reibung gegen einander, dass sie nur schwer aus ihrer Lage zu bringen sind und einen Druck unter sich ausgleichen. Dies gibt einer Sandlage die Eigenschaft, den Druck auf eine grössere Fläche zu vertheilen, wenn man ihn da, wo er nicht vorhanden ist, als die unterste Schichte des Fundaments benützt. Bei Fundirungen unter Wasser muss bei diesen Bodengattungen einer Auswaschung derselben unter dem Fundamente vorgebeugt werden. Ein Boden aus reinem Sand oder Kies ist nicht pressbar.

Der Erdgrund erfordert jedenfalls die grösste Vorsicht und Aufmerksamkeit. Je nach seinen Bestandtheilen ist er mehr oder weniger pressbar, eben so je nach dem Grade seiner Nässe, nach der Dicke der einzelnen Lagen und nach der Beschaffenheit der Seitenbegrenzungen; und je pressbarer der Grund, um so schlechter ist er. Eine Hauptbedingung der Brauchbarkeit des Erdgrundes ist die, dass er aus gewachsenem, d. i. bisher unberührtem, Boden besteht. Bei einem Erdgrunde wird man immer auf ein, wenn manchmal auch nur geringes Setzen rechnen müssen. Nach der Mengung und sonstigen Beschaffenheit kann der Erdgrund nach und nach an Güte verlieren, bis er endlich, wenn er aus aufgefülltem Boden, Schlamm, Torf und Moorerde besteht, zu den schlechtesten Baugründen gezählt werden muss.

Bei vermischtem Grunde hat man sich von der Beschaffenheit der einzelnen Bestandtheile zu überzeugen, hauptsächlich aber davon, ob der Boden gewachsene Masse ist, oder schon früher einmal künstlich bewegt wurde.

Am meisten Vorsicht erfordert der Thon. Die Eigenschaften desselben sind jenen des Sandes gerade entgegengesetzt. Besonders der blau gefärbte Thon gehört keineswegs zu den guten Baugründen. Er

widersteht sehr sicher dem Eindringen des Wassers, wenn er gegen irgend eine Wand geschlagen ist, und auch in seiner natürlichen Ablagerung lässt er keine Quellen durchdringen. Trocken widersteht er einem sehr grossen Drucke, ist er aber einmal durchnässt, so nimmt er leicht noch mehr Wasser auf und verliert dadurch bedeutend an Tragfähigkeit. — Bei Erdgrund hat man auch im Allgemeinen zu untersuchen, ob die Schichten, wenn sie auch die Last des Gebäudes zu tragen im Stande sind, nicht seitwärts ausweichen können. Besonders ist diese Untersuchung dann nöthig, wenn die Baustelle an einem Abhange liegt, wo die Erdschichten etwa nach dem Flussbette hin ausweichen können. Erfahrungsgemäss steht fest, das ein natürliches, gewachsenes Erdreich, welches aus Lehm, Sand und Stein besteht und 10 bis 12 Fuss mächtig ist, bei angemessener Flächenausdehnung einen guten Baugrund gibt. Hingegen bildet einen schlechten Baugrund mit Wasseradern durchzogener feiner Sand, Thon, Mergel; besonders aber Gartenerde, Torf, Moorerde, Schlamm und aufgeschütteter Boden. Bei allen Baugrunduntersuchungen ist jedesmal der Stand des Grundwassers genau zu ermitteln. Er ist bedingt durch den Wasserstand der anliegenden Gewässer und ebenso veränderlich wie diese.

Ist die Tiefe der den schlechten Baugrund bildenden Schichten nicht bedeutend, so müssen alle diese comprimirbaren abgehoben und das Fundament selbst darf erst auf jene gesetzt werden, die einen guten Baugrund darstellen. Hiezu werden Einschnitte im Erdboden, die sogenannten *Fundamentgräben,* oder die *Fundamentgrube* gemacht. Findet man aber auf der Stelle, wo das Gebäude erbaut werden soll, entweder gar keinen vorzüglichen Baugrund, oder diesen erst in einer sehr bedeutenden Tiefe, so dass sich die hiedurch vermehrten Baukosten, nämlich die der Erdarbeiten und der Fundamentmauern, verhältnissmässig zu sehr vergrössern würden, und da auch in grosser Tiefe ein starker Wasserzudrang zu befürchten ist, so muss man bei Beibehaltung einer geringeren Tiefe und demnach eines minder guten, oder gar schlechten Baugrundes durch Anwendung künstlicher Mittel diesem Uebelstande je nach der Wichtigkeit des Gebäudes entweder zu mindern, oder ganz zu begegnen suchen.

Durch Vermehrung der Dichtigkeit der den natürlichen Baugrund bildenden Erdschichten kann derselbe tragfähiger gemacht werden. Dieses kann geschehen:

1) durch Comprimiren der Sohle der Baugrube durch Belastung;

2) durch Abrammen der Sohle derselben; endlich

3) durch Einschlagen von Pfählen, um den Boden zwischen denselben zu verdichten.

Das Aufstapeln von grossen Lasten auf der Sohle der Baugrube, z. B. der zum Bauwerk erforderlichen Steine, muss schon lange Zeit vor Beginn des Baues geschehen; man braucht demnach, um eine Comprimirung der Erdschichten zu erlangen, sehr viel Zeit. Die Kosten hiebei sind auch bedeutend, und wenn die aufgestapelte Belastung nicht jener des Gebäudes gleich ist, so erreicht man den angestrebten Zweck entweder unvollkommen, oder gar nicht. Eben so werden bei einer Abrammung nur die der Sohle unmittelbar zunächst liegenden Schichten zusammengepresst, wodurch ebenfalls wenig oder gar kein Vortheil erreicht wird. Am besten wäre noch zur Verdichtung des Baugrundes das Einschlagen von kürzeren Pfählen, weil dadurch jedenfalls dem Zwecke entsprochen werden kann. In Venedig wird diese Methode häufig angewendet; die gewöhnlichen Privatgebäude erhalten daselbst keine andere Fundirung, als dass man vor Legung des Fundaments so viele kleinere Pfähle mit der Handramme in die ausgehobene Baugrube einschlägt, bis sie anfangen, schwer einzudringen. Bei grossen und sehr schweren Bauwerken wird man zur Verdichtung des Baugrundes auch grosser Pfähle bedürfen. Diese eingerammten Pfähle werden jedenfalls eine Verdichtung des Baugrundes bewirken, die aber mit der Zeit etwas abnehmen, weil die Pressung, in welcher das Erdreich sich befindet, sich etwas ausgleichen wird. Dies sieht man am besten beim Einrammen der Pfähle, indem solche, welche man schon bis zum Stillstande eingetrieben hat, nach Verlauf von etlichen Tagen mit Leichtigkeit weiter eingetrieben werden können. Der Baugrund zwischen den Pfählen wird daher in den meisten Fällen noch immer einem Setzen ausgesetzt sein. Legt man nun das Fundamentmauerwerk grosser Bauten unmittelbar auf die Sohle und auf die Pfahlköpfe, so werden jene Theile des Mauerwerks, die unmittelbar auf der Sohle liegen, sich eher setzen, als jene Theile, die auf den Pfahlköpfen ruhen, besonders wenn man grosse Pfähle einrammt. Findet nun ein Nachgeben der Sohle statt, so entsteht ein ungleiches Setzen des Mauerwerks, welches starke schädliche Risse und Sprünge zur Folge hat. Man sieht also, dass man durch diese Mittel schwer eine wesentliche Verbesserung des Baugrundes erreicht.

Die Fähigkeit der Erde, sich durch die Last der darauf gebauten Gebäude zusammendrücken zu lassen, ist nur relativ und auch begrenzt, denn jeder, selbst auch noch so schlechte Baugrund kann einem gewissen

Drucke widerstehen und wird erst dann anfangen, nachzugeben, wenn der Druck grösser, als die Tragfähigkeit des Baugrundes wird; ist die Compression der Erde bis zu einem gewissen Grade erfolgt, so wird ein Stillstand eintreten. Bereits comprimirte Erde, unter welcher man alle gewachsene, das ist, durch Naturkräfte über einander gelagerte, natürliche Erde mit wenigen Ausnahmen versteht, lässt sich durch keine Kraft weiter zusammendrücken. Auch steht die Compressibilität der Erde durchaus nicht im verkehrten Verhältnisse mit den Grundflächen der drückenden Körper; hieraus folgt: dass, wenn eine Mauer sich um einen Zoll gesetzt hat, dieselbe sich nicht um ½ Zoll, sondern ungleich weniger, vielleicht um gar nichts, gesetzt haben würde, hätte man ihr eine doppelt so grosse Grundfläche gegeben. Es kommt also darauf an, den Druck auf eine möglichst grosse Fläche zu vertheilen, weil dann jeder einzelne Theil derselben um so weniger belastet und die Zusammendrückbarkeit eine bedeutend geringere wird.

Ein weicher, pressbarer Boden verhält sich gegen eine darauf drückende Last gewissermassen wie eine Flüssigkeit, d. h. kann er nicht zur Seite ausweichen, so wird das Bauwerk so tief in denselben einsinken, bis der Druck desselben mit dem Widerstande der Pressbarkeit des Bodens im Gleichgewichte steht. Kann der Boden aber ausweichen, sei es seitwärts oder nach oben, so wird das Bauwerk so weit sinken, bis der durch dasselbe ausgetriebene Theil des Bodens mit seiner Rückwirkung mit dem von dem Bauwerke ausgeübten Drucke im Gleichgewichte steht. Es wird daher im letzteren Falle ein Gebäude um so tiefer einsinken, je specifisch leichter der Grund ist, und im ersteren wird die Tiefe der Einsenkung von der Pressbarkeit des Grundes abhängen. Bei jedem Boden, der nicht die Eigenschaft der Flüssigkeit zeigt, ist daher die Vergrösserung der Fundamentfläche durch Absätze oder Bankete an dem Mauerwerk das einfachste Mittel, das Setzen des Bauwerkes zu mindern oder in manchen Fällen auch ganz zu vermeiden. Da aber die Erbreiterung der das Gebäude tragenden Fläche in manchen Fällen verschiedener Umstände wegen nur beschränkt, in andern Fällen gar nicht vorgenommen werden kann, so müssen sodann, um eine sichere Fundirung zu erreichen, andere Mittel angewendet werden.

Ein nachgiebiger Baugrund ist auch häufig nicht an jeder Stelle von gleicher Beschaffenheit und Tragfähigkeit. Wollte man ein Gebäude unmittelbar auf diesen stellen, so würden einzelne Theile der Mauern oder eine Ecke mehr einsinken, als die übrigen. Eine solche ungleiche Setzung beschädigt aber immer das Gebäude sehr, während eine gleichmässige Setzung im ganzen Zusammenhang des Gebäudes, wenn sie nicht eine gar zu grosse ist, nie, oder nur in den allerseltensten Fällen, nachtheilig wirkt. Die tragende Fläche muss also bei einem solchen Baugrunde unter dem ganzen Bauwerke zusammenhängen und durch feste Verbindung gegen Trennung gesichert sein. Weiter findet sich gewöhnlich, wenn auch die oberen Erdschichten des Baugrundes nachgiebig und zum Tragen schwerer Bauwerke nicht geeignet sind, in gewisser Tiefe eine feste Schicht, auf welche die Last des Bauwerkes, ohne Abräumung der comprimirbaren Schichten, übertragen werden kann. Um in diesen Fällen mit Beruhigung bauen zu können, wendet man je nach der Beschaffenheit des Untergrundes, nach den örtlichen Verhältnissen, nach den zu Gebote stehenden Mitteln und nach dem Zwecke und der Wichtigkeit des Gebäudes verschiedene künstliche Vorrichtungen, Constructionen und Fundirungsmethoden an, welche im Folgenden besprochen werden sollen.

Da verschiedene Arten der Fundirungen auch verschiedene Senkungen zur Folge haben und diese, wie schon erwähnt, für ein Bauwerk sehr nachtheilig sind, so ist es Regel, bei demselben Bauwerke immer ein und dieselbe Fundirungsmethode zu wählen.

Bei jeder Fundirungsart hat man immer darauf zu sehen, dass sämmtliches Holzwerk unter das niederste Wasser zu liegen kommt, weil dasselbe bei abwechselnder Nässe und Trockenheit sehr leidet. Das Holz würde in diesem Falle bald verfaulen und man könnte alsdann nicht nur gar keinen Vortheil von diesem erwarten, sondern es würde von der darauf ruhenden Last gedrückt werden und dadurch eine neue Veranlassung zur Senkung des Bauwerkes geben. Bei Fundirungen in Flüssen und Bächen ist daher auch auf deren allenfalls eintretende künftige Regulirung Rücksicht zu nehmen.

Um die Roste, von welchen gleich die Rede sein wird, in die gehörige Tiefe unter das Grundwasser legen zu können, wird es nöthig, die Baugrube vom Wasser frei zu halten. Zu diesem Behufe umgibt man dieselbe mit wasserdichten Umfassungen, das ist mit sogenannten *Fangdämmen*, und schöpft das in der Baugrube befindliche, so wie das in dieselbe eindringende Wasser aus. Sowohl in reissenden, als auch in tiefen und hoch anschwellenden Flüssen verursacht diese Art der Fundirung bedeutende Schwierigkeiten und grosse Kosten. Aus dieser Ursache ist man schon seit langer Zeit bemüht, Fundirungsarten, so wie auch Construc-

tionen der unter Wasser herzustellenden Mauern zu wählen, wobei die Fernhaltung des Wassers von den Mauern entbehrt werden kann.

Der liegende Rost.

§. 27.

Der Zweck des *liegenden Rostes* ist, die Last eines Gebäudes möglichst gleichförmig auf eine grössere Fläche zu vertheilen. Diese Roste werden, besonders in Fällen, wenn der Baugrund nicht an jeder Stelle die gleiche Tragfähigkeit besitzt, nur dann ihrem Zweck entsprechen, wenn eine Biegung derselben durch guten Verband und gutes Material des darauf ruhenden Mauerwerks verhindert wird, indem die gewöhnlichen liegenden Roste keinerwegs so steif sind, dass sie jeder Biegung widerstehen. Bei gleicher Beschaffenheit des Baugrundes wird sich dieser so lange gleichmässig comprimiren, bis das Gleichgewicht zwischen dem Druck des Gebäudes und dem Widerstande des Bodens hergestellt ist; das Bauwerk wird sich gleichmässig ohne Nachtheil senken.

Bei leichteren Bauwerken wird der liegende Rost als *Bohlenrost*, bei wichtigeren aber als *Schwellrost* hergestellt.

Zur Herstellung eines gewöhnlichen einfachen *Bohlenrostes* für leichte Bauwerke werden auf die gestampfte und horizontal ausgeglichene Sohle der Baugrube 3- oder mehrzöllige Bohlen eben so weit im Lichten auseinander, als sie breit sind, und parallel mit den langen Seiten der Mauern gelegt, worauf das Mauerwerk erbaut wird. Bei grösseren Bauwerken werden auf der Sohle der Baugrube in Abständen von 4 bis 6 Fuss Bohlen nach der Breite der Mauer gelegt und auf diese wird nach der Längenrichtung der Mauer eine zweite solche volle Lage aufgebracht und festgenagelt. Die Bohlen dieser Decklage dürfen nur über einer Querbohle gestossen werden.

Obwohl die Construction der *Schwellroste* sehr einfach ist, so gibt es doch mehrfache Abänderungen derselben. Fig. 454 a, b und c auf Taf. XIX stellt die in Deutschland gebräuchlichste Form dar. Die Querschwellen q ruhen in Abständen von 4 bis 6 Fuss auf dem Boden, in welchen sie so eingegraben und eingestossen werden, dass sie horizontal liegen. Darauf werden die Langschwellen r, welche 8 bis 12 Zoll stark sind und das Fundament der Länge nach zusammenhalten sollen, verkämmt, d. h. es werden die Querschwellen an den Stellen, wo die Längenschwellen sie treffen, 2 bis 3 Zoll tief eingeschnitten, während die letzteren in ihrer vollen Stärke aufgelegt werden. Müssen zwei solche Schwellen gestossen werden, so geschieht dies durch den Stoss mittels des schrägen Hakenblattes, oder sie stossen stumpf aneinander und werden mittels eiserner Klammern gehörig verbunden, oder es geschieht derart, dass man die beiden Enden der Langschwellen aneinander vorbeilaufen lässt und jenes der neuen noch auf eine Querschwelle weiter rückwärts aufkämmt. Solche Stossungen dürfen auf denselben Querschwellen, auf welchen die vorigen mit ihren Enden aufliegen, nicht weiter stattfinden. Die Rostfelder werden, damit die Querschwellen nicht allein den ganzen Druck des Bauwerkes auszuhalten haben, bis znr oberen Fläche der Langschwellen sorgfältig ausgefüllt und festgestampft, so dass diese Ausfüllung die darauf kommenden Bohlen unterstützt. Man nimmt dazu Thon oder Lehm mit Zusatz von kleinen Steinen, Bauschutt, Sand; das Beste hiezu ist aber Béton, oder eine sorgfältige Ausmauerung mit hydraulischem Mörtel. Sodann werden die ausgefüllten Rostfelder mit 3 bis 6 Zoll starken Bohlen, welche mit hölzernen Nägeln auf die Langschwellen befestigt werden, überdeckt.

Ist der Rost durch eine Spundwand s gegen Unterspülung zu schützen, so darf diese weder in einer festen Verbindung mit dem liegenden Rost sein, noch unter, sondern nur neben demselben liegen, weil er sonst gehindert wäre, sich zu setzen, wodurch er leicht brechen könnte. Eine Verbindung des Schwellrostes mit der Spundwand kann nur derart geschehen, dass man die äussere Langschwelle beim Einrammen der Spundpfähle gleich als Lehre benützt; man erreicht dadurch den Vortheil, dass zwischen der Spundwand und dem Bohlenbelage die Erde unter dem Roste sicher eingeschlossen ist. Baut man unmittelbar am fliessenden Wasser, oder in einem quellenreichen Boden, so ist eine solche Spundwand, deren Erklärung später gegeben wird, unbedingt nothwendig. Diese gewährt ausserdem, dass sie den Wasserzudrang während des Baues mindert, noch den Vortheil, dass ein Ausweichen der Erde nicht stattfinden kann und also der liegende Rost viel früher den nöthigen Widerstand findet, um ohne ferneres Einsinken das Gebäude sicher zu tragen.

Wenn der Schwellrost, wie in Fig. 454 d und e, Taf. XIX, eine Ecke bildet, so wechseln von der einen Richtung zur andern die Lang- und Querschwellen ihre Rolle, indem die Langschwellen des einen Theils über die des andern fortschiessen. Auf diese Weise kommt der Bohlenbelag des einen Theils höher zu

liegen, als der des andern, was durchaus nichts schadet, so lange der höher gelegene Theil noch unter dem Grundwasser zu liegen kommt. Dass man in solchem Falle den kleineren Theil des Rostes tiefer legt, erklärt sich aus ökonomischen Gründen wohl von selbst. Bei nicht rechtwinkligen Ecken, Fig. 454 e, Taf. XIX, verlässt man mit den Querschwellen allmählig die rechtwinklige Lage, um in die neue Richtung überzugehen; die Bohlen werden fächerförmig zugerichtet, jedoch nicht so spitz, dass ihr Tragvermögen dadurch leidet.

In Frankreich ist die Construction der Schwellroste abweichend von der vorbeschriebenen; man legt daselbst gewöhnlich die Langschwellen r, Fig. 454 f, g und h, Taf. XIX, auf die Sohle des Baugrundes und die Querschwelle q, die nun Zangen bilden, darüber. Oft sind die letzteren so tief eingelassen, dass sie mit dem Boden bündig liegen. Zuweilen fehlen die Zangen ganz und der Bohlenbelag versieht allein ihren Dienst. Belidor und Sganzin rathen, den Bohlenbelag wegzulassen und nur die einzelnen Felder mit lagerhaften Steinen auszumauern, weil, wie sie angeben, der Verband des Mauerwerks durch die Bohlen unterbrochen und daher die Festigkeit desselben beeinträchtigt wird.

In England und auch anderwärts wendet man häufig die in Fig. 454 i, k und l, Taf. XIX, dargestellte Construction an, nach welcher auf dem geebneten Baugrunde flache lagerhafte Steine ausgebreitet sind, auf denen die weniger dicken als breiten aufgekämmten Rostbalken r und q liegen; diese werden durch Bohlen b zusammengehalten, welche auf die Längenrichtung der Mutter schräg aufgenagelt werden. Für schwerbelastete Brückenpfeiler werden öfters in England die liegenden Roste so construirt, dass man Lagen h und h' von 6zölligem Halbholz in zwei unter rechtem Winkel sich kreuzenden Richtungen, wie Fig. 454 m und n es zeigt, dicht neben einander legt und durch eiserne Nägel verbindet.

Wenn auch ein gleichmässiges Setzen des Bauwerkes nicht im allgemeinen nachtheilig ist, so kann es aber doch nachtheilig werden, wenn, wie z. B. bei Brückenpfeilern, die Setzung eines jeden einzelnen Pfeilers eine andere ist. In solchen Fällen ist die Anwendung der liegenden Roste nicht zu empfehlen und man muss, wenn der Boden sehr nachgiebig ist, eine andere Fundirungsart wählen, welche nur sehr geringe oder gar keine Senkungen zulässt. Der liegende Rost wird daher meist nur bei Moor- und Torfboden angewendet, wo man zur Erreichung eines festen Grundes zu langer Pfähle benöthigen würde, oder bei einem Boden, der überhaupt ein geringes Setzen zulässt und bei welchen das kostspielige Einrammen der Pfähle füglich unterbleiben kann.

Der Pfahl- oder Pilotenrost.

§. 28.

Der Pfahlrost ist ein von Pfählen oder Piloten getragener Rost. Es wird hiebei die Last des Gebäudes, welche der Rost trägt, durch diesen auf die Piloten übertragen, und diese letzteren tragen die ganze Belastung des Gebäudes. Ein schlechter Baugrund kann entweder in einer durch Piloten zu erreichenden Tiefe einen festen Boden unter sich haben, oder nicht. In beiden Fällen kann man den Pfahlrost anwenden. Im ersten Falle müssen die Pfähle noch hinlänglich tief in den unterhalb befindlichen festen Boden eindringen; es wird durch dieselben die Last des Bauwerkes auf diesen festen Boden übertragen, und man kann sagen: die Pfähle wirken durch Uebertragung. Im zweiten Falle, wenn keine feste Erdschicht sich unter der Baustelle, wenigstens nicht in mit den Pfählen erreichbarer Tiefe sich befindet, und die Pfähle demnach mit ihren Spitzen nicht auf dem festen Grund aufstehen (wie z. B. bei Felsen), oder in denselben eindringen, wendet man auch nicht selten den Pfahlrost an. Hier ist es nur die an den Umfängen der Pfähle stattfindende Reibung, welche ein tieferes Eindringen derselben und hiemit ein Sinken der von ihnen getragenen Last verhindert, und man pflegt aus dem leichteren oder schwereren Eindringen der Pfähle unter den Schlägen des Rammklotzes auf ihre geringere oder grössere Tragfähigkeit zu schliessen. In diesem Falle kann man sagen: die Pfähle wirken durch die Reibung.

Bei Anwendung des Pfahrostes bleibt es, wie bei dem liegenden Roste, eine Hauptbedingung, denselben so anzuordnen, dass seine Oberfläche stets unter dem niedersten Stande des Wassers bleibt. Die Nichtbefolgung dieser Regel war schon vielfach Ursache, dass Gebäude abgetragen werden mussten. Die Holzart, welche zu Pfahlrosten gewöhnlich verwendet wird, ist Kiefern- oder Eichenholz, wenn letzteres wohlfeil zu haben ist.

Die Constructionen des Pfahlrostes erleiden noch mannigfaltigere Veränderungen, als die des Schwellrostes. Sie wechselt theils mit der Art des zu fundirenden Bauwerkes, theils mit der Beschaffenheit des Baugrundes, theils mit der Ansicht des Baumeisters. — Da jedes Fundament in einer gewissen Richtung (wie z. B. bei Widerlagen) Widerstand leisten muss,

so kommt es vor, dass man die Pfähle eines Rostes nicht vertikal, sondern geneigt einrammt, wie es die Fig. 31, 32 des Strombaues und 460 a, b und c auf Taf. XX zeigen, wenn nämlich die Richtung der Resultirenden aus den auf das Fundament wirksamen Pressungen nicht vertikal ist. Es ist wohl einleuchtend, dass die Pfähle nur dann den grössten Widerstand leisten werden, wenn sie in der Richtung der Resultirenden eingerammt sind. Diese Beobachtung besonders dann wichtig, wenn die Pfähle mit ihren Spitzen den festen Boden, z. B. Felsen, nur erreichen und sonst nur im weichen, nachgebenden Grunde stecken. Ob nun die Pfähle gerade oder schief stehen, so müssen sie immer in geraden oder versetzten Reihen regelmässig eingerammt werden. Auf diesen ruhen dann die Langschwellen, welche durch darüber gelegte Querschwellen bald zusammen-, bald nicht zusammengehalten und mit den Langschwellen in verschiedener Weise verbunden werden. In den meisten Fällen kommt hierauf der Bohlenbelag, welcher aber von einigen für überflüssig gehalten wird.

Die Fig. 455 bis 461 auf Taf. XIX und XX zeigen verschiedene Constructionen des Pfahlrostes.

Die Entfernung der Pfahlreihen von einander beträgt nach Massgabe der darauf zu stellenden Mauern $2\frac{1}{2}$ bis 4 Fuss, Mitte von Mitte gerechnet; die Entfernung der einzelnen Pfähle in jeder Reihe ist aber gewöhnlich etwas grösser. Jeder Pfahl erhält genau in gleicher Höhe einen Zapfen von 2 bis 3 Zoll Breite, 3 bis 4 Zoll Höhe und 5 bis 6 Zoll Länge, zur Verbindung mit den Langschwellen r, r, die stets unmittelbar auf den Pfählen ruhen. Am Stosse zweier, hier nur stumpf aneinander stossender Schwellen wird dieser Zapfen etwas länger gemacht, damit er in beide weit genug eingreife. Durch eiserne Klammern, oder besser durch eiserne Schienen geben Manche dieser Verbindung die nöthige Festigkeit, obwohl dies in den meisten Fällen unnöthig ist, da die Schwellen, durch den auf sie von oben ausgeübten Druck auf den Pfählen niedergehalten werden. Die Schwellen dürfen nur auf einen Pfahl gestossen und die Stösse müssen gehörig verwechselt werden. Bei Bauwerken, wo der Wasserdruck von unten den Druck von oben überwiegen könnte, wie z. B. bei Schleusenböden, werden stärkere Befestigungsmittel, als der gewöhnliche Zapfen, gewählt; das am häufigsten gebrauchte ist der sogenannte Keil- oder Grundzapfen. Die Langschwellen erhalten demnächst ihre Verbindung unter einander durch die darübergelegten Querschwellen oder Zangen. Diese werden, wie in den Figuren 455 a, b und c auf Taf. XIX, mit den Langschwellen durch Ueberplattung so verbunden, dass beide bündig sind; oder man schneidet sie, wie in Fig. 456 a, b und c auf Fig. XIX, so tief ein, dass sie um die Bohlendicke über die Langschwellen vorstehen; oder sie werden, wie in Fig. 457 a, b und c auf Taf. XIX, verkämmt, wodurch sie noch weiter über die Langschwellen vortreten; oder endlich, man lässt, wie es in Frankreich, England und Holland sehr gewöhnlich geschieht, sie ganz weg, wie in der Fig. 458 a, b und c, Taf. XIX. In der Fig. 456 a und 459 a ist je eine Querschwelle a b verkehrt auf den Rost gelegt, um die Einschnitte auf ihrer Unterseite zu zeigen; sie hat ihre rechte Lage, wenn sie so umgewendet wird, dass a b auf a′ b′ trifft. Eine möglichst sorgfältige Ausfüllung, besser noch eine Ausmauerung des Raumes in den Rostfeldern, ist auch hier ebenso, wie bei dem liegenden Roste, nothwendig. Gewöhnlich hebt man, nachdem die Pfähle eingerammt sind, den Grund noch 1 bis 2 Fuss unter dem Roste aus, bringt sodann auf die Sohle sorgfältig einen Lehmschlag auf, auf welchem die Ausmauerung ruht, die zwischen den Schwellen bis zu deren oberen Flächen reicht. Durch diese Vertiefung wird auch das Ausschneiden der Zapfen erleichtert. Die Bohlen b, b müssen so dick sein, dass sie dem auf sie ausgeübten Druck auch ohne Ausmauerung widerstehen können. Bei den angegebenen Entfernungen haben sie, je nach der Grösse des Bauwerkes, eine Dicke von 3 bis 5 Zoll. Die Bohlen werden theils mit eisernen, theils mit hölzernen Nägeln auf die Schwellen befestigt. Wenn man sie, wie in Fig. 459 a, b und c, Taf. XIX, ganz weglässt, so beabsichtigt man dabei, die Reibung des Mauerwerkes auf dem Roste zu vergrössern, weil die Erfahrung gelehrt hat, dass Mauern, die einem starken Horizontalschub ausgesetzt sind, auf dem glatten Bohlenbelag gleiten können. In einem solchen Falle muss die Ausmauerung der Rostfelder recht fest und die untere Mauerschichte so versetzt sein, dass jeder Stein theilweise auf den Schwellen liegt. In England geschieht es auch, dass man auf den ersten Bohlenbelag noch einen zweiten so verlegt, dass die Fugen sich kreuzen, worauf beide zusammengenagelt werden.

Zuweilen rammt man die Pfähle so ein, dass sie in den einzelnen Reihen sicht nicht gegenüber stehen, sondern wie die Fig. 458 a, Taf. XIX, und 460 a, Taf. XX, zeigen, versetzt sind. Dieses begründet sich dadurch, dass, weil hier die Pfähle alle in gleicher Entfernung von einander eingerammt werden, die Compression des Bodens eine gleichförmige und dadurch einem schwierigeren Einrammen der Pfähle be-

gegnet wird. Die versetzten Pfähle treffen nicht immer unter die Querschwellen, Fig. 460 a, Taf. XX, was aber in Bezug auf die Festigkeit des Rostes ziemlich gleichgültig ist.

Der in Fig. 461 a und b, Taf. XX, dargestellte Rost gehört den Pfeilern der Londonbrücke an. Diese Brücke hat fünf elliptische Bögen, wovon der mittlere 152, und jeder Landbogen 130 englische Fuss Spannung hat; die Breite der Brückenbahn beträgt 56 Fuss. Die Pfeiler sind, auf der Rostfläche gemessen, 38 Fuss breit und 100 Fuss lang. Diese Rostfläche liegt 42 Fuss unter dem höchsten Wasserstand, und etwa 10 Fuss unter der Sohle des Flussbettes. Die 15 Zoll starken vierkantigen Rostpfähle stecken 20 bis 25 Fuss tief im Boden und stehen von Mitte zu Mitte 4 Fuss weit auseinander. Sie sind nach einer horizontalen Ebene abgeschnitten, und bis zu dieser Höhe sind alle Zwischenräume mit Bruchsteinen ausgemauert. Auf den Pfählen sind die Querschwellen q mit starken Nägeln befestigt. Zwischen diesen Querschwellen befinden sich eine Ziegellänge dicke Ziegelmauern m n, welche bis unter die 5zölligen Bohlen reichen, die auf die Langschwellen r genagelt sind. Alle übrigen Zwischenräume sind mit Gussmauerwerk ausgefüllt.

Eben so wie bei dem liegenden Roste muss auch hier bemerkt werden, dass man bei einer Veränderung der Richtung des Rostes dieselben Verbandstücke, welche für einen Theil Langschwellen waren, in den andern als Querschwellen übergreifen lässt.

Jeder Pfahlrost, welcher einer Unterspülung ausgesetzt ist, wird mit einer Spundwand s, s umgeben, falls man es nicht vorzieht, dieser Unterspülung durch einen Steinvorwurf zu begegnen, dessen Anwendung jedoch in vielen Fällen von den örtlichen Verhältnissen bedingt ist. Da beim Pfahlrost ein Einsinken des Bauwerkes gar nicht stattfinden darf, so ist hier eine innige Verbindung der Spundwand mit dem Roste nicht nachtheilig. Man kann demnach auch in besonderen Fällen unter dem Roste Spundwände anbringen, die das Durchdringen der Quellen verhindern. Bei Wehren, Schleusen und überhaupt bei jedem Bauwerke, das einen höheren Wasserstand gegen einen tieferen begrenzt, ist dieses vorzugsweiee wichtig. Soll aber die Spundwand nur den Rost umgeben, so erhält sie die passendste Stelle ausserhalb der vorderen Pfahlreihe. Man benützt in diesem Falle die äusseren Rostpfähle als Leitpfähle, und die äusseren Rostschwellen als Holme der Spundwände. Will man die Spundwand dicht an die Rostpfähle anlegen, so kann es mit Weglassung der Leitpfähle auf die in Fig. 459 a, b und c, Taf. XIX, angedeutete Weise geschehen, wo die Spundwand mit einem Gurtholze s umgeben, und mit diesem und dem äusseren Rostschwellen durch Bolzen verbunden ist. Anderweitige Stellungen und Constructionen der Spundwände zeigen die Figuren.

Zuweilen lässt man den Rost ganz weg und stellt das Mauerwerk unmittelbar auf die Pfahlköpfe, nachdem man den Boden um die Pfähle bei 1 Fuss tief ausgegraben und diese Zwischenräume mit einem soliden Mauerwerk oder mit Béton ausgefüllt hat. Es ist schon erwähnt worden, warum man diese Art der Fundirung nicht empfehlen kann. Sollten jedoch Béton-Mauern im weichen, nachgiebigen Grunde ausgeführt werden, bei welchen vielleicht auch ein Vorwärtsgleiten zu befürchten wäre, dann ist diese Art der Fundirung sehr zu empfehlen. Nachdem in solchem Falle die Baugrube, sei es durch Aushebung oder durch Baggerung, entsprechend vertieft und die Pfähle eingerammt wurden, werden diese bei 1 Fuss oberhalb der Sohle abgesägt, die Formkasten der Mauer darüber gestellt und der Béton eingegossen. Dieser lagert sich um die Pfähle, und die Mauer kann sich, weil der Béton erst nach einer gewissen Zeit erhärtet, mit dem Untergrunde senken, wodurch die Pfähle nur noch besser in die Bétonmauer eingreifen. Auf diese Weise wurden die sämmtlichen Ufermauern der Werfte zu Muggia bei Triest mittels Santorin-Gussmauerwerks mit gutem Erfolg aufgeführt.

In der Regel sollen die Rostpfähle ganz in den natürlichen Boden eingerammt werden, damit das Mauerwerk gleich von dem Flussbette an beginnen kann; denn ein Freistehen der Pfähle hat, wenn auch in Bezug auf ein Ausbiegen derselben keine Gefahr vorhanden ist, doch den Nachtheil, dass das strömende Wasser sie mit der Zeit angreift. Wenn man auch in solchen Fällen die Zwischenräume der freistehenden Pfähle mit Steinen ausfüllt, so können doch diese leicht unterwaschen werden. Dennoch sind solche Fundirungen ausgeführt worden und unter dem Namen Stelzfundamente bekannt. Bei dem Baue der Brücke zu Rouen hat man die Pfähle auf 13 Fuss Höhe frei stehen lassen, die Zwischenräume mit Béton ausgefüllt und das ganze Fundament aber von aussen durch einen Steinvorwurf geschützt. Fig. 483, Taf. XXIV, zeigt ein Profil der Kaimauer im Hafen zu Rouen, welche 30 Fuss über dem Strombette fundirt wurde. Der Boden wurde daselbst, um den Pfählen einen festen Stand zu geben, stellenweise 25 Fuss hoch, im allgemeinen aber bis auf 16 Fuss unter dem kleinsten Wasser, mit Mergelkalk und

Feuersteinknollen, die sich dort vorfinden, ausgefüllt. Nachdem hierauf die Rammarbeiten beendigt und die Pfähle unter Wasser abgeschnitten waren, so erfolgte die zweite Schüttung, welche auch in der Figur ersichtlich ist. Sodann wurden Caissons, von welchen später die Rede sein wird, versenkt und die Mauern aufgeführt. Während man das Terrain hinter dem Kai erhöhte, brachte man noch Erdanker an, die an das Banket der Mauer verbolzt wurden. Gleichzeitig mit der Hinterfüllung wurde noch eine dritte Schüttung vor der Kaimauer aufgebracht. Fig. 508, Tafel XXVIII, zeigt das Profil einer ähnlich erbauten Kaimauer. Die Streben bestehen aus doppelten Zangen, die über Wasser mittels Bolzen zusammengesetzt und so ausgeschnitten wurden, dass sie die Oeffnungen für die Pfähle zwischen sich frei liessen. Wegen des erforderlichen Spielraums trieb man zwei starke Keile zwischen die äusseren Pfähle und die letzten Bolzen der unteren Zangen ein, wodurch die nöthige Spannung erzielt wurde. Die untere Zange lag auf der Böschung des Ufers und die Anschüttung erstreckte sich bis zur oberen Zange. Der angedeutete Wasserspiegel in dieser, wie in der vorhergehenden Figur, ist der niederste.

Von den Pfählen.

§. 29.

Man hat nach Art ihrer Gestaltung und Anwendung zwei Gattungen von Pfählen, und zwar:

Spitzpfähle, welche an ihrem unteren Ende eine Spitze in pyramidalischer Form, oder eine Zuschärfung nach vier Seiten haben, und

Spundpfähle, welche nach zwei Seiten zugeschärft sind, mithin eine Schneide haben. Das charakteristische Merkmal der Spundpfähle ist die Spundung, mit welcher sie ineinander greifen und eine dichte Wand bilden.

Unter den Spitzpfählen unterscheidet man wieder:

Grundpfähle, wenn sie ganz im Boden stecken;

Langpfähle, wenn sie mit einem Theil ihrer Länge über den Boden vorragen, und zwar entweder im, oder selbst über dem Wasser.

Grundpfähle kommen namentlich bei Pfahlrosten vor; Langpfähle bei Jochbrücken, Bohlwerkswänden, Schiffshalter u. s. w. Die Pfähle bestehen gewöhnlich aus Holz, und man wählt hiezu besonders Kiefern- und anderes Nadelholz, wie auch Buchen-, Erlen- oder Eichenholz, nur nicht Pappeln oder Weiden. Eine Hauptsache ist, dass der zu verwendende Stamm geradwüchsig sei, und keine gewundenen Fasern enthalte. Die vorbenannten Holzgattungen zeigen unter Wasser verwendet, eine sehr lange Dauer.

Die Länge der Pfähle richtet sich nach dem Zwecke ihrer Verwendung. Bei Langpfählen zu Jochen, Bohlenwerkswänden u. dergl. richtet sich die Länge der Pfähle nach der Höhe der Bauwerke, welche sie zu bilden bestimmt sind. Bei den Bohlwerken wurde bereits gesagt, wie tief die Pfähle eingerammt werden müssen. Bei Rostpfählen muss der feste Untergrund erreicht werden, um die Last des Bauwerkes darauf zu übertragen, oder die Pfähle müssen so tief eingerammt werden, dass die Reibung, welche sie von dem umgebenden, durch das Einrammen comprimirten Boden erfahren, ihnen die erforderliche Tragfähigkeit gibt. Die richtige Länge der Rostpfähle kann nur durch vorhergegangene Untersuchungen des Bodens mit Sicherheit ermittelt werden. Kann man eine Untersuchung des Bodens nicht vornehmen, oder findet es sich, dass die Pfähle nicht bis zu einem festen Grunde eingerammt werden können, dass nämlich die Pfähle durch Reibung wirken müssen, so bleibt nichts übrig, als mehrere Probepfähle an verschiedenen Stellen des Bauplatzes einzurammen. Die Pfähle müssen so tief eingerammt werden, dass sie bei der letzten Hitze nur noch einige Linien ziehen, in welchem Falle sie entweder den festen Untergrund erreicht haben, oder die vermehrte Reibung genügend der Kraft, die nothwendig wäre, sie tiefer einzutreiben, widersteht.

Die Länge der Pfähle muss man immer genau zu ermitteln trachten, denn eine zu grosse Länge vermehrt unnöthiger Weise die Kosten für den Ankauf des Holzes und für das Einrammen, während eine zu geringe Länge eine Aufpfropfung, d. i. Verlängerung der Pfähle, erfordert, wodurch jedenfalls ihre Standfähigkeit vermindert wird. Ein aufgepfropfter Pfahl biegt sich leicht, und es wird auch bei einem solchen der Effekt des Schlages der Ramme sehr geschwächt, weshalb man bei Beurtheilung des Feststehens mittels des Eindringens nach einer Hitze ein anderes Mass annehmen muss. Bei der Aufpfropfung hat man darauf zu sehen, dass die Achsen der zu verbindenden Pfähle in eine gerade Linie treffen, dass beide Hölzer sich mit möglichst grossen Flächen berühren und ein Spalten verhindert werde; ferner dürfen keine Eisentheile über die äussere Fläche der Pfähle hervorstehen, weil dies die Reibung vergrössern und das Einrammen erschweren würde. Hiernach erscheint die in Fig. 462 a, Taf. XX, dargestellte, in Frankreich oft gebrauchte Verbindung unzweckmässig, indem sie eine Splitterung gewisser-

massen einleitet, statt sie sorgfältig zu vermeiden. Auch die in Fig. 462 b, Taf. XX, gezeichnete, in Deutschland gebräuchliche Verbindung mit drei eisernen Schienen ist nicht zweckmässig, weil diese ein Brechen gar nicht und ein Ausweichen nicht kräftig genug verhindert. Es dürfte am zweckmässigsten sein, nach Fig. 462 c, Taf. XX, beide Hölzer genau senkrecht auf ihre Achsen abzuschneiden, jedes Ende mit einem starken, eingelassenen, eisernen Ringe zu versehen und einen etwa 12 Zoll langen, 1 bis 1½ Zoll starken, geschmiedeten, eisernen Dorn zur Hälfte in jedes Holz, in genau nach der Achse gebohrte, passende Löcher einzulassen. Die Engländer wenden zuweilen die in Fig. 462 d, Taf. XX, gezeichnete und ebenfalls zweckmässig erscheinende Verbindung an, welche durch eine gusseiserne Muffe bewirkt wird.

Die *Stärke der Pfähle* ist von ihrer Länge abhängig, so wie auch von dem Umstande, ob der Pfahl nur durch seine rückwirkende Festigkeit allein, oder wenn er zum Theil freisteht, wie in einer Bohlwerkswand, ob er auch durch seine relative Festigkeit in Anspruch genommen wird. Nach einer Regel von Perronet gibt man Pfählen von 15 bis 18 Fuss Länge eine mittlere Stärke von 10 Zoll, und auf jede vermehrte Länge von 6 Fuss lässt man den Durchmesser um 2 Zoll zunehmen; doch bemerkt er dabei, dass bei langen Pfählen, welche ganz im Grunde stecken, auch eine Stärkezunahme von 1 Zoll auf jede 6 Fuss grössere Länge genügen werde. Steckt der Pfahl seiner ganzen Länge nach im Boden, woselbst er sich nicht biegen kann, so wird auch eine geringere Stärke ausreichen. — Bevor man die Pfähle einrammt, müssen sie von ihrer Rinde befreit werden, indem dadurch die Reibung beim Einrammen gemässigt wird. Ein kantiges Behauen derselben, oder ein Ablösen des Splintes ist nicht nothwendig, weil das Holz dadurch nur geschwächt wird.

Es fragt sich ferner: ob man die Pfähle mit ihrem Stammende (dem dickeren) oder mit ihrem Zopf- oder Wipfelende (dem dünneren) gegen den Boden gekehrt einrammen soll? Diese Frage wird sich mit Perronet dahin beantworten lassen, dass man an die Stelle des Pfahls, welche den meisten Angriffen ausgesetzt ist, den bezüglich grössten Querschnitt desselben bringen muss. Diese Stelle ist bei Langpfählen die, wo sie den Grund verlassen, so dass man dieselben also, wenn sie mit mehr als der Hälfte ihrer Länge im Grunde stecken, mit dem Wipfel nach unten, im umgekehrten Falle aber in umgekehrter Lage einzurammen haben wird. Rostpfähle wird man wohl immer mit dem Zopfende nach unten einrammen, besonders dann, wenn sie den festen Grund nicht erreichen und nur durch die Reibung an ihrer Oberfläche tragen sollen. Ist das Stammende nach unten gekehrt, so wird der Pfahl in viel kürzerer Zeit zum Feststehen eingerammt werden, als wenn das Zopfende unten genommen wird; es erfolgt im erstern Falle das Eindringen des Pfahls anfangs zwar etwas langsamer, als im letzteren, aber im weiteren Verfolge des Einschlagens nimmt die Schnelligkeit des Eindringens merklicher zu, als wenn das Zopfende nach unten gekehrt wäre. Das Eindringen des dickeren Stammendes verursacht eine weitere Oeffnung, als der nachfolgende Theil des Pfahles ausfüllen kann, und der Pfahl zieht rascher, kann aber auch eben so gut durch eine Belastung eher wieder tiefer eingedrückt werden und steht weniger fest. Gewöhnlich nimmt man das Zopfende des Pfahls nach unten, wodurch beim fortschreitenden Eindringen desselben das Erdreich rings herum stets noch besser comprimirt wird.

Damit die Pfähle leichter in den Boden eindringen, werden sie mit einer *Spitze* versehen. Diese muss möglichst centrisch sein, darf weder zu spitz auslaufen, noch dürfen die Kanten zu scharf sein, damit kein Brechen oder Spalten veranlasst werde, wodurch der Pfahl beim Eindringen einen grösseren Widerstand erfährt und auch die angenommene Richtung verliert. Die Spitze erhält gewöhnlich den zwei- bis dreifachen Durchmesser des Pfahles zur Länge, und ist entweder ein Kegel oder eine drei- oder vierseitige Pyramide, wie es die Figuren 463 a und b, Taf. XX, zeigen. Damit die äusserste Spitze beim Eindringen in den Boden nicht so leicht beschädigt werde, läuft sie in eine stumpfe Pyramide c aus. Die runde Spitze ist gebräuchlicher als die eckige, weil sie das Drehen des Pfahles begünstigt. Im Sand, feinen Kiese, Thon- oder Lettenboden bedarf die Spitze des Pfahls keine besondere Verstärkung; dagegen bewaffnet man bei steinigem Boden oder Gerölle dieselbe mit einem schmiedeisernen oder gusseisernen Schuh, dem sogenannten *Pfahlschuhe*. Die schmiedeisernen, Fig. 463 c und d, Taf. XX, werden am häufigsten angewendet und bestehen aus einer Pyramide, an deren Grundfläche sich drei oder vier mit Löchern versehene Federn befinden, welche in das Holz eingelassen und durch Nägel an den Pfahl befestigt werden. Die Grundfläche dieser Pyramide soll breit und eben sein, und von dem senkrecht auf seine Längenrichtung abgeschnittenen Pfahl genau berührt werden, weil sich sonst der Schuh leicht auf die Seite schiebt. Die Köpfe der Nägel, womit der

Schuh, resp. die Federn, an die Pilote angenagelt werden, dürfen nicht vorstehen, sondern werden versenkt. Ein solcher Schuh wiegt sammt den Nägeln 15 bis 20 Pfund; je steiniger der Grund ist, desto schwerer müssen diese Schuhe werden. — Im Flussbette der Traun werden Piloten eingerammt, die mit 60 bis 70 Pfund schweren Schuhen bewaffnet sind. — Kleine schwache Pfahlschuhe drängen sich beim Einschlagen seitwärts und verfehlen ganz ihren Zweck. Die gusseisernen Schuhe Fig. 463 e, Taf. XX, bekommen der Haltbarkeit wegen ein grösseres Gewicht als die schmiedeisernen; man macht sie unter gleichen Verhältnissen etwa doppelt so schwer, als diese. Gusseiserne Pfahlschuhe haben keine Federn, sondern erhalten einen vorstehenden Rand, auf welchen der Pfahl zum Theil aufsteht. Die Befestigung erfolgt durch einen schmiedeisernen, eingekerbten Dorn. Auch kann nur die Spitze des Pfahlschuhes aus Gusseisen bestehen, Fig. 463 f, Taf. XX, welche durch angenietete schmiedeisere Laschen an den Pfahl befestigt wird.

Um ein Aufspalten des Pfahlkopfes durch den Schlag des Rammklotzes, so wie auch zu verhindern, dass durch die Schläge desselben der Kopf des Pfahles nicht zerfasert und eine sogenannte Perücke geformt werde, was die Wirkung der Schläge bedeutend schwächt, wird die Kopfkante des Pfahles abgeschrägt, womit diese Nachtheile etwas verhütet werden; wirksamer aber beugt man diesem vor durch einen eisernen Bandring um den obersten Theil des Pfahles. Dieser Ring wird bei schweren Rammen 3 Zoll breit und 1 Zoll dick, bei leichteren Rammen aber nur 2 Zoll breit und ½ Zoll gemacht. Er wird, sobald der Pfahl eingerammt ist, von demselben abgenommen und auf den neu einzuschlagenden aufgesetzt. Hat man keinen Bandring, so muss man von Zeit zu Zeit einige Zolle vom Pfahlkopfe, d. i. die Perücke, abschneiden, um den Schlägen frisches Holz zu bieten.

Der Ingenieur Mitchell wandte in England zuerst Schraubenpfähle an; er versah den unteren Theil des Pfahles mit einem Schraubengang und bewirkte das Eintreiben des Pfahles durch die rotirende Bewegung einer Erdwinde. Hat der Pfahl durch Hilfe des Schraubenganges jene Tiefe erreicht, auf welche man ihn rammen würde, so steht er fest und zeigt sowohl gegen das tiefere Eindringen, als auch gegen das Herausziehen eine grosse Widerstandsfähigkeit. Die Fundirung mittels solcher Pfähle ist ausschliesslich des festen Gesteins bei allen Bodenarten anwendbar. Die Form und die Dimensionen der Schraube richten sich nach der Beschaffenheit des Terrains; bei einem Baugrunde von geringem Widerstande wird gewöhnlich der Pfahlschuh durch eine schraubenförmige Scheibe von 1.$_2$ Meter Durchmesser ersetzt, die sich mit einer Schraube von demselben Durchmesser, als der Pfahl hat, verbindet, deren Spitze aber die Form eines Schneckenbohrers mit 1 ½ Umgang des Schraubengewindes bekommt. Bei festerem Boden ist die Schraube konisch und macht 3 ½ Umgänge um den Pfahl, auch hat der Schraubengang weniger Vorsprung und sein Durchmesser höchstens 0.$_{76}$ Meter. — Die Pfähle selbst sind entweder von Holz, von Guss- oder von Schmiedeisen. Zuweilen hat man die Pfähle auch hohl aus Blech verfertigt und sie mit einem pneumatischen Apparat in Verbindung gebracht, um das Eindringen derselben in den Boden zu erleichtern. Fig. 523 a, Taf. XXXI, zeigt einen eisernen Schraubenpfahl für einen sandigen Grund. Die Grundscheibe in solcher Form kann, wenn sie auf eine gehörige Tiefe im Grunde eingeschraubt und mit einer Ankerkette verbunden wird, auch zum Halte einer schwimmenden Tonne (Boie), die mit einem Ankerringe zum Anbinden der Schiffe versehen ist, dienen. — Zum Einschrauben der Grundschraube hat man den in Fig. 523 b, Taf. XXXI, dargestellten Apparat, welcher aus einem starken schmiedeisernen Schafte, der aus Gliedern von 10 bis 12 Fuss Länge zusammengekuppelt wird, besteht; der unterste Theil hat ein Zapfenloch, worin der Zapfen der Schraubenachse (des Ankers) eingepasst wird. In einer schicklichen Höhe an dem Schaft wird eine Erdwinde befestigt, durch welche man mittels eingesetzter Hebel die Drehung bewirkt. Bei Wasser-, besonders aber Meeresbauten haben die Schraubenpfähle in neuerer Zeit vielfach Anwendung gefunden.

Spundwände.

§. 30.

Der Zweck solcher Wände ist verschieden; vorzugsweise sind sie bestimmt, alle Wasseradern, die sich in einiger Tiefe befinden, zu unterbrechen und eine Unterspühlung des Fundaments durch Strömung oder Wellenschlag zu verhindern. Zuweilen haben sie auch den Zweck, eine feste Umschliessung des Baugrundes zu bilden und denselben zusammenzuhalten; um weichen moorigen Boden gegen das seitwärtige Ausweichen unter einer vertikal wirkenden Last zu schützen, damit er die nöthige Widerstandsfähigkeit gegen die Belastung durch das Bauwerk eher erhält, als wenn der erfolgte Druck sich gegen

das umgebende Erdreich ausgleichen könnte; endlich benützt man sie auch bei Bétonfundirungen, um die eingegossene Bétonmasse einzuschliessen.

Eine vollkommene Dichtigkeit ist durch eine einfache Spundwand selten, vielleicht nie zu erreichen; strebt man jedoch eine solche an, so wird dieses durch eine hinter der Spundwand angebrachte Thonwand ermöglicht.

Nach ihrem Zwecke und nach den örtlichen Verhältnissen richtet sich die Konstruktion der Wand, und man unterscheidet in dieser Beziehung *Spundwände* und *Pfahlwände*. Beide bestehen aus in den Boden eingerammten Pfählen, die mit einer Spundung in einander greifen, obwohl man auch Pfahlwände ohne eine solche bildet, und die einzelnen Pfähle nur möglichst dicht aneinander schliessen lässt.

Die Pfähle müssen viereckig beschlagen werden und man trachtet, möglichst breite Pfähle aus den Stämmen zu gewinnen. Auch ist recht geradwüchsiges Holz hiezu nothwendig, deshalb kommt fast nur allein Nadelholz zur Anwendung, obwohl Eichen, Buchen, Erlen u. dgl. auch verwendet werden können. Zu den Spundpfählen soll man nur grünes Holz nehmen, weil dieses im Boden sich weniger wirft und aufquillt als trockenes, und somit die Spundung erleichtert. Die Länge der Spundpfähle richtet sich nach der Höhe der zu errichtenden Spundwand und nach der Beschaffenheit des Bodens. In manchen Fällen lässt man die Spundwände über das Wasser hervorragen, versieht sie mit einem Lehmschlag, und benutzt sie als Fangdamm. Gewöhnlich werden sie unter dem niedersten Wasser, sei es in der Höhe der Sohle des Flussbettes oder nach Nothwendigkeit etwas höher, abgeschnitten. Die Spundpfähle haben in der Regel keine sonderliche Belastung zu tragen; sie werden theils aus dieser Ursache meistens nur halb so tief in den Boden eingetrieben, als die Rostpfähle, theils weil das Durchziehen von Wasseradern in grösserer Tiefe immer unwahrscheinlicher wird, und die Spundpfähle durch das Gegeneinanderklemmen auch einen sehr grossen Widerstand erfahren. Es können aber auch Fälle vorkommen, wo man genöthigt ist, die Spundpfähle tiefer hinabzutreiben, und zwar gewöhnlich dann, wenn starke Auskolkungen in der Nähe des Fundaments zu befürchten sind. Die Stärke der Spundpfähle schwankt zwischen 4 und 8, auch 10 Zoll. In schwächeren Bohlen erlangt die Spundung nicht mehr die nöthige Haltbarkeit. Bei einer Stärke der Spundpfähle bis zu 8 Zoll nennt man die daraus gebildete Wand eine Spundwand; bei einer grösseren Stärke der Pfähle aber eine Pfahlwand. In der Regel erhalten die sämmtlichen Spundpfähle einer Wand die gleiche Stärke.

Je einfacher die Spundung der Spundpfähle ist, desto besser ist sie, da alle complicirten Formen leicht abspringen und dadurch die Fuge geöffnet bleibt. Bei 4zölligen Pfählen wendet man die sogenannte Keilspundung, Fig. 464 a, Taf. XX, an; bei stärkerem Holze entweder dieselbe Spundung, jedoch mit Belassung eines Absatzes in der Stirn des Pfahles, wie sie die Fig. 464 b, Taf. XX, zeigt, oder indem man die Spitze des Dreieckes stutzt, wie Fig. 464 c, zeigt, oder endlich wendet man die Quadratspundung, Fig. 464 d, an. Die Bearbeitung der Spundungen soll möglichst genau vorgenommen werden und sollte diese mit der Queraxt geschehen sein, so muss das Profil, um es regelmässig zu erhalten, noch mit dem Hobel nachgeputzt werden, weil sonst die Reibung bei dem erforderlichen scharfen Schlusse leicht zu gross würde. Jeder Pfahl erhält, wie aus den Figuren zu ersehen ist, an der einen Seite eine Nuth, an der andern eine Feder. Nur bei steinigem Boden, bei welchem man auch starke Pfähle anwenden muss, lässt man wegen der Gefahr des Abspringens der Feder oder der Nuth, und wegen des grossen Holzverlustes bei Anfertigung der Spundung, diese ganz weg und rammt die Pfähle nur möglichst dicht nebeneinander ein. Der Spundpfahl wird an seinem unteren Ende nicht zugespitzt, sondern nur meisselförmig zugeschärft; dies darf aber nicht auf das Geradewohl an den einzelnen Pfählen geschehen, sondern so, dass die Schneiden aller zu einer Wand gehörigen Pfähle eine gerade Linie bilden. Zu diesem Zwecke werden 20 bis 30 bereits mit Feder und Nuthe versehene Pfähle in horizontaler oder in etwas aufwärts gerichteter Lage dicht zusammengeschoben, in Zwingen befestiget und dann auf der Mitte der Stärke mit einem Schnurschlag versehen, nach welcher die Zuschärfung an den einzelnen Pfählen bearbeitet wird. Ehe die Zwingen weggenommen, bezeichnet man die Pfähle mit Nummern, nach welchen sie eingerammt werden. Die Formen der Schneiden ergeben sich aus den gegebenen Spundungen und Abschrägungen. Auch spitzt man zuweilen die Spundpfähle von einer oder von beiden schmalen Seiten des Pfahls zu, so dass in der Wand zwischen den Spitzen Lücken entstehen; hiedurch ziehen zwar die Pfähle beim Einrammen besser, aber kommt eine Wurzel oder ein Stein dazwischen, so werden die Pfähle auseinander getrieben. Damit die Pfähle besser ziehen, hält man auch manchmal die Schneide jedes einzelnen Pfahles nicht horizontal, sondern macht sie schräge.

Die Spundpfähle, welche in festen Boden eingerammt werden müssen, erhalten wie die Rostpfähle auch Schuhe. Ein solcher Schuh, Fig. 464 e, Taf. XX, besteht aus einem Prisma mit zwei Blättern, welche so breit sind, als der Pfahl nach Abzug der Feder und der Nuth ist. Die Nägel, mit denen der Schuh befestigt wird, werden am unteren Ende der länglichen Löcher eingeschlagen, damit sie sich, wenn der Pfahl durch die Schläge besser in den Schuh hineingedrückt wird, etwas heben können, ohne abzubrechen. Auch versah man die Spundpfähle mit vollständigen Schuhen, die nicht nur nach unten, sond rn auch nach beiden Seiten zugeschärft waren. Fig. 464 f, Taf. XX, zeigt die Form eines Pfahlschuhes für eine Pfahlwand, die jedoch keine Spundung hatte und die beim Baue des Fangdammes vom St. Katharinen-Docks zu London angewendet wurde.

Vor dem Einrammen einer Spundwand muss der Grund in der Richtungslinie genau untersucht und alle Hindernisse, als: Wurzeln, Steine, Holzstücke u. s. w. durch Ausbaggerung eines Grabens möglichst entfernt werden, wenn die Arbeit gelingen soll. Das Einrammen einer Spundwand erfordert immer grosse Aufmerksamkeit; es kommt hiebei weniger darauf an, dass die Pfähle zu einer grossen Tiefe herabreichen als vielmehr, dass sie gehörig in einander greifen und keine Fugen zwischen sich lassen. Die Pfähle werden nicht einzeln eingerammt, sondern es werden immer 20 bis 30 Stück auf einmal gesetzt, und damit sie in gehöriger Stellung vor dem Einrammen gehalten werden, bedient man sich der festen und losen Zwingen oder Lehren. Eine feste Zwinge ist aus Fig. 466 a und b, Taf. XX, ersichtlich. Sie besteht aus zu beiden Seiten der Wand angebrachten horizontalen Balken, die, um einen festen Stand zu haben, auf eigens zu diesem Zwecke eingerammten Pfählen aufgezapft werden. Man wählt zu den Zwingen starkes Holz (8 bis 11 zöllig), um die Zahl ihrer Unterstützungspfähle möglichst zu vermindern und hiedurch die Kosten des Einrammens verringen zu können, so wie auch um den Boden nicht schon vor dem Einschlagen der Spundwand zu komprimiren. Der Abstand der Unterstützungspfähle ist gewöhnlich 6 bis 10 Fuss. Zwischen diese Zwingen werden nun die Spundpfähle der Reihe nach wie sie neben einander zu stehen kommen, so gestellt, dass die Federn in die Nuthen eingeschoben sind und sie sich gegenseitig berühren. Um der ganzen Wand eine grössere Festigkeit zu geben, verbindet man auch die gegenüberliegenden Zwingen stellenweise durch Bolzen, zu welchem Ende, hier und da, ein Spundpfahl durchbohrt wird. Wenn ein so durchbohrter Pfahl an die Reihe kommt, eingerammt zu werden, so muss der Bolzen herausgezogen und an einen andern Pfahl befestiget werden, und das entstandene Loch wird durch Eintreiben eines hölzernen Pflockes geschlossen. Eine lose Zwinge ist durch Fig. 467, Taf. XX, dargestellt; die die Zwinge bildenden Balken sind hiebei in grösserer Höhe an den Spundpfählen selbst mittels Bolzen befestigt, und der feste Schluss wird durch Einziehen eines Holzkeiles hinter dem letzten Pfahl bewirkt. Sind die Spundpfähle länger als 8 bis 12 Fuss, so vereinigt man die festen Zwingen mit der losen Zwinge; die feste wird immer dicht über dem Boden angebracht, und die lose in einiger Entfernung unter den Köpfen der Spundwände. Ist die Spundwand einige Fuss tief eingedrungen, so werden die Zwingen unwirksam und entbehrlich.

Sind die Pfähle in der beschriebenen Weise ordentlich gestellt worden, so wird mit dem Einrammen begonnen; es werden die Pfähle nach der Reihe eingeschlagen, jedoch nicht auf einmal zu ihrer ganzen Tiefe, sondern nur nach und nach, wie sie gerade leicht ziehen. Setzt man gleich die Pfähle einer ganzen Wand ein, so ist es gut, das Einrammen von der Seite gegen den mittleren Spundpfahl hin vorzunehmen, damit dieser gewissermassen als Schlusskeil dient. Die Ramme muss daher öfters versetzt werden oder man wendet auch gleichzeitig mehrere Rammen an. Zur Erleichterung des Einrammens einer Spundwand muss man diese immer eher einrammen, als andere Pfähle geschlagen werden.

Nachdem die Spundwand in ihrer ganzen Ausdehnung bis zur gehörigen Tiefe eingetrieben wurde, versieht man sie in ihrer obersten Begrenzung mit einem Holme, der an der Unterfläche eine fortlaufende Nuth hat, in welche die Spundpfähle mit Zapfen eingreifen. Die Zapfen einzelner Pfähle lässt man auch durch den Holm durchreichen, um sie von oben her zu verkeilen und so eine festere Verbindung herzustellen. An den Stössen des Holmes werden dreiarmige eiserne Klammern zur Verbindung eingeschlagen, und zwar mit zwei Spitzen werden die zustossenden Holme gefasst, während die dritte Spitze in die Spundwand eingetrieben wird. Oft befestigt man den Holm allein durch solche Klammern, die aber dann, mit Ausnahme jener an den Stössen, verkehrt gegen die vorigen eingeschlagen werden, d. i. eine Spitze wird in den Holm und die beiden andern in zwei nebeneinander stehende Spundpfähle eingetrieben. Statt der Holme versieht man auch die Spundwand an ihrem oberen Ende zu beiden Seiten mit Zangen-

oder Gurthölzern, welche alle Spundpfähle umschliessen und fest zusammengebolzt sind. Hat die Spundwand einen Rost zu umfassen, so können die äusseren Rostschwellen als eine der beiden Zangenhölzer dienen. Steht die Spundwand im festen Boden und ragt sie nicht weit über demselben hervor, so kann der Holm auch ganz wegbleiben.

Zuweilen stellt man die Spundwände auch in der Art her, dass man Nuth- oder Leitpfähle in gewissen Entfernungen zwischen die Spundpfähle setzt. Es wird hiedurch eine grössere Festigkeit der Wand erzielt, und man kann die Nuthpfähle auch gleichzeitig als Rostpfähle benützen, aber man muss dann auf das so vortheilhafte Einrammen von zusammenhängenden Theilen der Spundwand verzichten.

Die Figuren 465 a und b, Taf. XX, zeigen die Vereinigung der Spund- und Leitpfähle zu einer Spundwand. Der Holm nimmt die Spundpfähle in einer Rinne auf und wird mit den Leitpfählen mittels des geächselten Zapfens verbunden. Stossen zwei Holme in einer Ecke zusammen, so werden sie mit einander verkämmt. Die Nuth- oder Leitpfähle sind in der Regel vierkantig, werden, wenn es nothwendig ist, wie die Rostpfähle beschuht, wie die Spundpfähle genuthet nnd je nach dem Druck, den die Spundwand auszuhalten hat, alle 5 bis 10 Fuss weit auseinander gestellt. Bei kurzen Spundwänden genügt es, nur an den Enden oder in den Ecken Leitpfähle anzubringen.

In Fällen, wenn Spundwände nur von geringer Tiefe herzustellen sind, können statt diesen die *Stulpwände*, Fig. 468 a und b, Taf. XX, welche sich durch Leichtigkeit der Ausführung und Wohlfeilheit empfehlen, Anwendung finden. Es werden in der äusseren Wandfläche in Abständen von 4 bis 6 Zoll Brettstücke von passender Länge mit der Handramme eingestossen. Diese Bretter sind nach Umständen 1½ bis 2 Zoll stark und erhalten, wie die Spundpfähle, in der Mittellinie eine scharfe Schneide. Zum regelmässigen Eintreiben dient eine Lehre aus Halbholz, die auch später als äusserer Theil der Zange dienen kann, welche die Wand hält. Hinter der ersten Brettreihe wird eine zweite so eingetrieben, dass sie die offenen Zwischenräume der ersten deckt. Die hinteren Bretter erhalten ihre Schneide nicht in der Mittellinie, sondern in derjenigen Fläche, womit sie die bereits eingestossenen Bretter der ersten Reihe berühren.

Dient eine Spundwand nur zur Umschliessung einer Baugrube, um ein Bétonbett zu versenken, oder zu Fangdämmen oder sonst zu ähnlichen Zwecken, so wird dieselbe, um Rammarbeit zu ersparen, in der Weise hergestellt, dass Nuthpfähle in Abständen von 4 bis 6 Fuss eingerammt und in deren Nuthen Bohlen horizontal auf der Kante stehend herabgetrieben werden. Die Wand kann daher nur so weit herabreichen, als ausgegraben oder ausgebaggert worden ist.

Nicht selten wendet man in neuerer Zeit, besonders in England, gusseiserne Spundwände an, und zwar nicht allein, um eine Umspülung des Grundes zu verhindern, als vielmehr um während des Baues einen starken Wasserzudrang abzuhalten, indem gusseiserne Spundpfähle, weil sie weder quellen, noch auf der Oberfläche derart angegriffen werden, wie hölzerne, sich leicht einrammen und wieder ausziehen lassen. Nach Beendigung des Grundbaues werden die Spundpfähle, wenn die Wand nur einen Wasserzudrang abzuhalten hat, wieder herausgezogen und können zu andern Zwecken verwendet werden. In diesem Falle erhalten die Pfähle Löcher zum Eindringen von Haken, womit dieselben beim Herausziehen gefasst werden. Fig. 492 a, b und c, Taf. XXVI, stellt den horizontalen Durchschnitt, die Ansicht und den Längendurchscnitt einer eisernen Spundwand dar. Die Länge der Spundpfähle beträgt gewöhnlich 10 bis 15 Fuss, und wenn diese nicht genügt, so setzt man sie aus zwei Theilen, wie Fig. 492 d und e, Taf. XXVI, zeigt, zusammen; die beiden Theile greifen mit einer Spundung ineinander, und es werden hiebei eiserne Klammern gebraucht, welche mittels eingeschlagener Keile einen festen Schluss erhalten. Fig. 493 a und b, Taf. XXVI, zeigt den Querschnitt der gusseisernen Spundwand unter dem schon besprochenen gusseisernen Bohlwerke in der Ostindischen Docke zu London. Die gusseisernen Spundpfähle bestehen, wie die erwähnten Figuren zeigen, aus gusseisernen Platten mit Verstärkungsrippen; die Seiten der Platten sind entweder umgebogen, um ineinander zu greifen, oder sie greifen hintereinander, um die Fuge zu decken. Einzelne stärkere Stücke können als Leitpfähle dienen, zwischen welchen die Spundpfähle eingeschoben werden. Die Fig. 493 c, d und e zeigen die Form der gusseisernen Spundwand, welche bei dem Bau des Niedrigwasser-Bassins der Docks-Anlagen zu Birkenhead gewählt wurde. Man hat auch Spundpfähle von gewalztem Bleche in der Form, wie die Fig. 494, Taf. XXVI, zeigt, angewendet. Da diese eine grosse Biegsamkeit besitzen, so gebraucht man sie auch da, wo Unregelmässigkeiten sich vorfinden und die gusseisernen Spundwände nicht mehr einen gehörigen Schluss bewirken

würden. Gibt man den Spundpfählen aus gewalztem Bleche eine passende Form, so kann man damit leicht zwei Spundwände verbinden, welche sich unter irgend einem Winkel treffen. — Der Kopf eiserner Pfähle überhaupt erhält eine Verstärkung zur Aufnahme des Schlages vom Rammklotze. Ist derselbe von Gusseisen, so darf er die Pfähle nicht unmittelbar treffen, sondern man legt ein Stück hartes Holz, gewöhnlich Eichenholz, dazwischen. — Da der Rammklotz, damit kein allzu grosser Schlag ausgeübt werde, 3, höchstens 3 ½ Fuss hoch gehoben werden darf, so verwendet man zum Einrammen meistens nur die gewöhnliche Zugramme; sollen jedoch Kunstrammen in Thätigkeit kommen, so darf der Rammbär derselben keine grössere Fallhöhe, als die bezeichnete, erhalten.

Einrammen der Pfähle.

§. 31.

Die Maschinen, welche zum Einschlagen der Rost- und Spundpfähle dienen, heissen *Rammen*. Der Haupttheil derselben ist der Rammklotz oder der Rammbär, eine Eisenmasse oder ein schwerer Holzklotz, welcher gehoben wird und durch sein Niederfallen stossweise auf den Pfahl wirkt, der so in den Boden getrieben wird. Das Heben des Rammklotzes, um den Stoss ausüben zu können, wird auf verschiedene Weise bewirkt, und hiernach benennt man auch die Rammen mit verschiedenen Namen.

Die einfachste Ramme ist die Handramme Fig. 469 a und b, Taf. XXI; sie besteht nur aus dem, meistens eine abgestumpfte achtseitige Pyramide bildenden Rammklotz von Eschen-, Eichen- oder Ahornholz, welcher unmittelbar durch die Arbeiter gehoben und herabgestossen wird. Zu diesem Zwecke sind an denselben gewöhnlich vier, manchmal auch sechs Bügeln angebracht, welche den Arbeitern als Handhaben dienen, und die so lang sind, als der Klotz, damit die Arbeiter in verschiedener Höhe angreifen können. Unten wird der Klotz zur Verhütung des Aufspringens mit einem starken eisernen Bandringe, den man von oben heiss auftreibt, beschlagen. So vortheilhaft ein grosses Gewicht wirken würde, so kann doch ein grösseres als 100 bis 120 Pfund bei vier Mann, und 150 bis 160 Pfund bei sechs Mann (wobei man per Mann 25 bis 30 Pfund rechnet), nicht genommen werden. Um die Gefahr für die Arbeiter beim Ausgleiten der Handramme vom Pfahle zu beseitigen, da sie sonst aus Furcht, hiebei beschädigt zu werden, keinen kräftigen Stoss ausführen, schraubt man in der Richtung der Mittellinie des Pfahls einen, etwa 4 bis 5 Schuh langen und 1 ½ Zoll starken eisernen Dorn ein, durchbohrt die Handramme in ihrer Achse und lässt sie auf dem Dorn auf- und niedergleiten. Auch hat man, um den Effect der Handramme zu steigern, die Rüstung für den Stand der Arbeiter auf dem einzurammenden Pfahle selbst angebracht, wodurch nicht allein der Druck auf den Pfahl durch das Gewicht der Arbeiter vermehrt wird, sondern es bleibt auch der Pfahlkopf immer in passender Höhe, um die Ramme darauf bequem führen zu können. Zu diesem Zwecke wird der Pfahl 2 Fuss unter seinem Kopfe durchbohrt eine eiserne Stange durchgesteckt, darauf Bretter gelegt, welche mit ihrem andern Ende am Rande der Baugrube, oder sonst wo aufliegen, und die durch Stricke, Nägel oder Klammern fest mit einander verbunden werden. Der Pfahl muss, um als Unterstützung dieses Gerüstes dienen zu können, vorher durch Aufgraben oder Baggern schon etwas festgestellt sein. Da die Wirkung der Handramme nur immer eine geringe ist, so benützt man dieselbe meistens nur zum Einrammen provisorischer Pfähle, wie z. B. zu Nothbrücken, zur Herstellung einer Unterlage für andere Rammen, zur Einrammung von Fangdammpfählen u. dgl.

Die Wirkung einer *Zugramme* ist eine viel grössere, und man benützt dieselbe zu grösseren Rammarbeiten. Bei der Zugramme hängt der Rammklotz an einem Taue, dem Rammtau, das über eine, an einem besonderen Gestelle befestigte, feste Rolle geht, und durch welches von den Arbeitern, mittels an dem Rammtau befestigter Leinen, der Rammklotz gehoben und stossweise in die Höhe geschnellt wird. Derselbe wird hiebei durch das Gestell selbst geleitet, so dass er beim Niederfallen immer den Pfahl sicher treffen muss. Die Einrichtungen der Zugrammen sind verschieden, und einige derselben sollen hier beschrieben werden.

Fig. 470 a und b, Taf. XXI, stellt die einfachste Zugramme dar. Sie besteht aus der vorderen Wand mit dem Bodenschweller a, dem Läufer b, den beiden Seitenstützen c und d, und aus der rückwärtigen Stütze f. Gegen diese rückwärtige Stütze lehnt sich die Wand, um nicht zurückfallen zu können, während ein oder zwei Kopftaue t, die an eingeschlagenen Pfählen befestigt werden, sie halten, um einem Fallen nach vorwärts zu begegnen. Die Holzverbindungen bei p und q werden bei dieser einfachen Ramme nicht, wie sonst üblich, durch hölzerne Nägel, sondern durch Anlegarben y erzielt, damit man sie leichter auseinander nehmen und zusammenstellen kann.

Am oberen Ende des Läufers befindet sich die Rolle, auch Rammscheibe genannt, welche das Rammtau nach der entgegengesetzten Seite der Wand, nach der sogenannten Rammstube, führt. In dieser stehen die Arbeiter und ziehen mittels Zugleinen z das Ende des Rammtaues stossweise herab, den Rammklotz also hinauf, und indem sie plötzlich nachlassen, fällt dieser auf den Pfahl. Um zum Schmieren der Rolle und behufs sonstiger Verrichtungen zu dem oberen Theile des Läufers gelangen zu können, ist eine der beiden Streben c oder d als Steigbaum eingerichtet, nämlich auf je ein Fuss Entfernung mit Sprossen versehen. Auch der Läufer ist in verschiedenen Höhen horizontal durchbohrt, um durch die Löcher einen eisernen Bolzen stecken zu können, wenn der Klotz in einer bestimmten Höhe erhalten werden soll.

Für schwere Rammklötze wendet man Zugrammen mit zwei Läufern an.

Fig. 471 a, b und c, Taf. XXI, zeigt den Grundriss, das Profil und die vordere Ansicht einer solchen Zugramme. b b sind die beiden Läufer, c die mit Sprossen versehene rückwärtige Stütze, d d die beiden Seitenstützen, e e sind Riegel zur Erzielung einer festen Verbindung zwischen den Läufern und den Seitenstützen. a ist die vordere Bodenschwelle, f eine Mittelschwelle und g g sind die beiden Seitenschwellen. Die Bodenschwelle, die Läufer, die Seitenstützen und die Riegel bilden die vordere Wand der Ramme. i ist die Rolle, über welche das Rammtau geführt, und k das Rammtau, mittels welchen der Rammbär h gehoben wird. An einer in der Rammstube gebundenen Schleife sind die Zugleinen m befestigt.

Je nach dem Gewichte des Rammklotzes verwendet man zur Rammarbeit 20 bis 30 Mann, und per Mann rechnet man 25 Pfund Gewicht. Die Form des Rammklotzes ist stets prismatisch, mit quadratischer oder rechteckiger Grundfläche, wenn derselbe von Holz ist; eisernen gibt man aber eine sechseckige Grundfläche. Damit hölzerne Rammklötze gegen das Zerspalten gesichert sind, werden sie mit zwei starken eisernen Ringen versehen. An der oberen Fläche erhalten die Klötze einen Bügel oder ein Oehr aus Schmiedeisen, woran das Rammtau befestigt wird. Die Stellung dieses Bügels muss, zur Vermeidung eines schrägen Zuges und der hiedurch entstehenden vermehrten Reibung, so über dem Schwerpunkt des Klotzes angebracht werden, dass die Verlängerung des Rammtaues im gespannten Zustande genau durch jenen Punkt gehe. Damit der Rammklotz sicher im Läufer gleite, erhält er bei Rammen mit einem Läufer, Fig. 472 a, Taf. XXI, zwei Arme a a, welche denselben umfassen und durch einen Riegel b am Läufer halten; bei Rammen mit zwei Läufern hingegen, Fig. 472 b, Taf. XXI, greift der eine Arm a des Rammklotzes zwischen die zwei Läufer b, b durch und wird rückwärts durch einen Riegel m n gehalten. Auch kann man den Rammklotz mit Federn versehen, Fig. 472 f, Taf. XXI, welche in Nuthen, mit welchen beide Läufer f, f entsprechend versehen sein müssen, laufen. Die Befestigung der Arme muss eine standhafte sein, und zwar entweder nach Fig. 472 c, Taf. XXI, durch den Zapfen mit halbem Schwalbenschweif und Keil, der selbst wieder verkeilt wird; oder nach Fig. 472 d, Taf. XXI, mit Hilfe von Winkelbändern, Ringen, Klammern und Nägeln. Bei gusseisernen Rammklötzen, wenn sie keine Federn haben, werden die Arme aus einem oder zwei durch den Klotz durchgehenden und in die Nuthen der Läufer eingreifenden Holzstücken gebildet. Zwischen zwei Läufern gehende Rammklötze bieten mehr Sicherheit und Gleichförmigkeit in ihrer Bewegung, wie auch weniger Reibung.

Die Rammscheibe oder die Rolle muss dem Rammtau eine solche Richtung geben, dass es parallel zum Läufer und in der Richtung der Schwerlinie des Rammklotzes falle. Der Rollendurchmesser darf nicht zu klein sein, indem sonst die Ueberwindung der Steifigkeit des Seiles zu viel Kraft erfordert, und auch die Reibung an der Achse vergrössert wird. Ein Durchmesser von 2½ bis 3½ Fuss ist angemessen; es ist zweckmässig, die Drehungsachse in der Rolle zu befestigen und sie in den Pfannen laufen zu lassen. Die Rolle kann aus Holz oder Eisen sein; im ersteren Falle und bei kleinem Durchmesser kann sie zwar aus einem Stück gedreht werden, doch wird sie meistens aus mehreren Stücken zusammengesetzt, und bei grösserem Durchmesser, ähnlich den Wagenrädern nach Fig. 472 e, Taf. XXI, aus Armen und Felgenstücken bestehend, gemacht. Bei gewöhnlichen Rammen besteht die Achse der Scheibe aus einem losen Bolzen mit vorgestecktem und umgebogenem Splinte, und die Lager der Achse sind aus zwei eisernen Schienen gebildet, welche da, wo sie durchbohrt sind, eine Verstärkung erhalten und mit Büchsen versehen werden. Bei grossen Rollen wird der Bolzen mit denselben fest verbunden, und dessen rund abgedrehte Enden laufen in förmlichen Achsenlagern. Rollen aus Gusseisen haben bei ziemlich geringen Dimensionen und bei nicht viel grösserem Gewichte, als Holzrollen, eine grössere Dauer und Festigkeit als diese.

Das Rammtau muss aus dem besten Hanf gedreht, recht fest und dabei möglichst biegsam sein. Bei Bestimmung der Stärke dieses Taues muss auf dessen bald eintretende Abschwächung durch Abnützung Rücksicht genommen werden. Auch soll das Rammtau lang sein, weil es an der Rolle stärker, als an den andern Theilen abgenützt wird, um dessen Enden, im Falle einer Beschädigung, verwechseln zu können. Die Verbindung des Rammtaues mit dem Rammklotze geschieht mittels eines einfachen Knotens, oder indem man den durch das Oehr gesteckten und den nach aufwärts gekehrten Theil gemeinschaftlich mit einer starken Hanfschnur umwickelt. Die Befestigung der 1/3 Zoll dicken Zugleinen an das herabhängende Ende des Rammtaues geschieht entweder mittels eines Ringes aus Eisen, oder eines Taustückes, Fig. 472 g, Taf. XXI; oder mittels einer schmiedeisernen, aus zwei gleichen Theilen zusammengeschraubten Hülse, Fig. 472 h, Taf. XXI, an welche so viele kleine Oehre genietet sind, als man Zugleine braucht. Die Zugleinen müssen möglichst lang gemacht werden, damit der Zug, besonders an den äussern, nicht abgeschwächt werde. Jede Leine erhält an ihrem Ende eine Handhabe oder einen 18 Zoll langen Knebel. Die passendste Höhe des Knebels ist, wenn derselbe, sobald der Rammklotz auf den Pfahl aufsitzt, vor den Augen des Arbeiters schwebt, und die Arbeiter werden so gestellt, dass sie alle mit dem Gesichte dem Rammtau zugekehrt sind. Da im Verlaufe der Arbeit der Pfahl und somit auch der auf ihm aufsitzende Rammklotz immer tiefer herab und der Knebel immer höher hinauf gelangen, so muss demnach die Länge der Zugleinen einige Mal entsprechend geregelt werden. Für jeden Arbeiter rechnet man einen Flächenraum von 4 1/2 bis 5 Quadratfuss. Die Höhe, auf welche der Rammklotz jedesmal gehoben wird, beträgt 4 bis 5 Fuss. Zum Aufziehen und Aufstellen der Pfähle bedient man sich statt des Rammtaues besser eines schwächeren besonderen Seiles, für welches entweder oberhalb oder seitwärts der für das Rammtau bestimmten Rolle eine besondere angebracht wird, wie aus der Fig. 470 a, Taf. XXI, bei n zu ersehen ist.

Man ist oft genöthigt, Pfähle schräg einzurammen, wie z. B. bei dem Bau von Brückenpfeilern, Eisbrechern, wie auch manchmal zu den Fundamenten der Land-Widerlager, damit die Pfähle die Last nach der Richtung der Resultirenden, die sich aus allen auf das Fundament wirksamen Pressungen ergibt, übertragen können. Mit der in Fig. 470, Taf. XXI, dargestellten Ramme ist man in der Lage, Pfähle schräg einzurammen; man braucht nur die rückwärtige Stütze f darnach zu richten, damit der Läufer jene schräge Stellung annimmt, unter welcher der Pfahl eingerammt werden soll. Muss jedoch eine grössere Anzahl von Pfählen oder Spundpfählen schräg eingeschlagen werden, so ist es gerathen, sich zu diesem Zwecke eigene Rammen zu konstruiren. Die Fig. 473 a, Taf. XXII, zeigt das Profil einer *schrägen Ramme*. Die vordere Wand derselben ist wie die der gewöhnlichen Zugramme zusammengesetzt, die rückwärtige Stütze c aber steiler, wie bei letzterer. Die horizontale Verbindung h k besteht aus einem Holztheile k, welches von der Zange h umfasst wird, deren beide Hälften mit einem der Läufer a sich verbinden. Dasselbe findet mit den Riegeln i und j statt, welche doppelt sind, mit den Läufern sich verbinden und den Stiel wie die rückwärtige Stütze c umfassen. Die beiden Büge p und q sind einfach, der eine p wird von der Zange h umfasst. Die Rammscheibe m hat eine solche Lage, dass das Seil n, an welchen die Zugleinen befestigt sind, in der Mitte des von den Arbeitern eingenommenen Raumes herabhängt. Zwei Rollen x sind mit dem Rammklotze d durch zwei eiserne doppelte Schienen verbunden. Jede Rolle hat auf der Mitte ihrer Länge eine Verstärkung, welche zwischen die Läufer a greift und als Leiter dient; im Rammklotz ist eine Höhlung angebracht, um diese Verstärkung aufzunehmen. Fig. 473 b, Taf. XXII, zeigt den Durchschnitt des Rammklotzes und der Läufer; Fig. 473 c, Taf. XXII, sind zwei Ansichten einer Rolle. t ist der einzurammende Pfahl, ein Holzstück dient diesem als Unterstützung und hält den Pfahl in der Lage, dass dessen Axe immer in der von dem Schwerpunkt des Rammklotzes durchlaufenen Linie bleibe.

Die Arbeit des Rammens ist sehr anstrengend, und obwohl immer durch das Versetzen der Rammen, Pfahlsetzen, Pfahlrichten, Verstellen der Zugleinen u. s. w., Unterbrechungen eintreten, so muss man den Arbeitern doch jedesmal nach einer gewissen Anzahl von Schlägen eine kurze Ruhezeit gönnen. Gewöhnlich erfolgt diese in der Dauer von 2 Minuten nach 20, höchstens 30 unmittelbar hinter einander geführten Schlägen, welche man eine Hitze nennt. Der einzurammende Pfahl wird durch ein Seil, das, wie erwähnt, über eine an der höchsten Spitze des Schlagwerkes angebrachte Rolle läuft, gehoben oder sonst wie immer aufgestellt und in einer parallel mit dem Läufer gebrachten Stellung an diesen mittels eines Seiles befestigt. Zwischen den Pfahl und den Läufer wird ein hölzerner Hebel gesteckt, mittels

dessen der Zimmermann den Pfahl in seiner Gewalt hat und alle Abweichungen desselben von der wahren Stellung während des Einrammens berichtigen kann. Jeder Pfahl, dessen Festigkeit sehr in Anspruch genommen werden soll, muss so lange eingerammt werden, bis er nicht mehr tiefer eindringt, welches man durch das Rückprellen des Rammklotzes, was man das Tanzen nennt, leicht erkennt. Zur Vorsorge jedoch lässt man auf derlei Piloten, auf denen der Rammklotz zu tanzen anfängt, noch drei Hitzen geben; in wichtigen Fällen aber wiederholt man, wenn es möglich ist, das Schlagen derselben nach einigen Tagen neuerdings, weil selbst fest eingerammte Pfähle nach einiger Ruhe, wenn auch nur wenig, aber doch etwas weiter eingetrieben werden können. Ein Obmann leitet durch seinen Zuruf diese Arbeit. Man rechnet, dass in einem Tag von 10 Arbeitsstunden, mit Berücksichtigung der schon früher angeführten Unterbrechungen, 162 Hitzen gegeben werden können.

Häufig müssen Grundpfähle so tief eingerammt werden, dass man sie nicht unmittelbar mit dem Rammklotze erreichen kann; in solchen Fällen bedient man sich bei den bisher beschriebenen Rammen des sogenannten Aufsetzers oder Rammknechtes; derselbe besteht in einem entsprechend langen eichenen Klotze, der bei einem einfachen Läufer mit zwei Armen versehen ist, die denselben umfassen, oder bei Rammen mit zwei Läufern hat der Aufsetzer einen Arm, greift mit diesem zwischen die Läufer durch und wird in einem wie im andern Falle durch dahinter gelegte Riegel gehalten. Am unteren Ende des Aufsetzers ist ein eiserner Dorn von 6 bis 8 Zoll Länge angebracht, der in ein im Pfahlkopfe angebrachtes Bohrloch eingreift. Bei Anwendung eines solchen Rammknechtes wird aber der Effect der Ramme bedeutend geschwächt. Aus dieser Ursache wendet man, um den Aufsetzer entbehrlich zu machen, häufig Rammen an, deren Läufer verlängert werden können. Die Fig. 474 a, b und c, Taf. XXII, zeigt eine solche. Die Läufer a a werden hiebei unten auf eigenen, senkrecht auf die Richtung der vorderen Schwelle gelegte Schwellen b b, die auf eine der Grösse des Rammklotzes entsprechende Entfernung von einander abstehen, durch Schrauben und Vorsteckbolzen befestigt; am oberen Ende werden die Läufer durch einen kurzen Riegel d d unter sich, mit der die Rammscheibe aufnehmenden Säule f aber mittels einer durch diesen Riegel und die Säule gehenden Schraube verbunden; überdies wird die Säule f wie bei den andern Rammen durch Streben e e gestützt.

Die Rammen werden immer auf eine horizontal über den Boden gelegte Bedielung gestellt, damit man sie bewegen und in jene Lage bringen kann, welche sich für jeden Pfahl eignet. Sollen Pfähle im Wasser eingeschlagen werden, so stellt man die Rammen meistens auf Kähne oder Flösse. Zur Vermeidung von Schwankungen ist es besser, zwei solche Fahrzeuge anzuwenden und die vordere Schwelle der Ramme senkrecht gegen die Längenrichtung derselben zu richten; ist man genöthigt, die Ramme auf ein Fahrzeug allein zu stellen, so ist es am zweckmässigsten, die vordere Schwelle auf eine lange Seite desselben zu richten, wodurch man immer das Fahrzeug gegen die schon eingerammten Pfähle halten kann. Dem Schwanken begegnet man hiebei am besten, wenn man einen Balken quer über das Fahrzeug legt und unter das rückwärtige Ende desselben einen Nachen bringt.

Weil die Arbeiter an einer Zugramme sehr unvortheilhaft verwendet sind, somit eine grosse Anzahl derselben an solchen Rammen erforderlich wird, so hat man besondere mechanische Vorrichtungen erdacht, um den Rammenklotz mit weniger Kraftaufwand zu heben und hiedurch die sogenannten *Kunstrammen* erlangt; bei diesen kann auch der Rammklotz auf eine viel grössere Höhe gehoben werden, wie bei der Zugramme, wodurch auch der Effect sehr verstärkt wird. Bei Kunstrammen muss der mittels mechanischer Vorrichtung gehobene Rammklotz in einer gewissen Höhe vom Tau abgelöst werden, und wenn er herabgefallen ist, muss der Haken, an welchem der Klotz früher hing, dem Klotze nach abwärts folgen, diesen auf's Neue fassen und ihn wieder heben. Gewöhnlich geschieht die Bewegung des Mechanismus durch Menschen, obwohl man auch Pferde-, Wasser- und Dampfkraft zu diesem Zwecke verwendete. Der Betrieb mit Pferden hat Schwierigkeiten, weil die Thiere beim plötzlichen Wechsel der Belastung leicht stürzen; der mit Menschen, so wie mit Wasser- oder Dampfkraft bietet dagegen keine mechanischen Schwierigkeiten. Ein sehr wichtiger Theil der Kunstramme ist der Haken, welcher den Klotz hebt und in einer gewissen Höhe wieder fallen lässt. Dieser kann, wie man ersehen wird, in verschiedener Weise konstruirt werden.

Fig. 475 a, b und c, Taf. XXII, stellt das Profil, die Vorderansicht und den Grundriss einer Kunstramme dar, welche von Perronet bei dem Bau der Brücke von Neuilly angewendet worden ist. Der Rammklotz wird hier durch ein Pferd aufgezogen. Die beiden Läufer b b stehen vor dem Rammgerüst,

dessen vordere Wand nur aus einem Ständer a, zweien Seitenstützen c c und einer Zange d besteht, welche durch die mit Sprossen versehene rückwärtige Stütze e gehalten wird. Ein Schwellwerk, dessen Grundriss aus Fig. 475 b ersichtlich ist, trägt das Rammwerk. Der Rammklotz t ist von Gusseisen; er ist in der Vorderfläche keilförmig, mit zwei hölzernen, durch sechs starke Schraubenbolzen daran befestigte Leisten v versehen, in welchen Falze eingeschnitten sind, worin sie längs der Läufer gleiten, um denselben beim Aufsteigen und beim Fall zu folgen. Der Rammklotz hängt an einem eisernen Haken p, der wie eine Rolle mit einer Hülse umgeben und an einem Tau k befestigt ist, welches um die Windewelle o des grossen Rades m sich aufwickelt. Der Haken p ist an seiner oberen Verlängerung in einem Ringe durch einen Knoten mit einem Seile v n verbunden, welches mit dem andern Ende an dem Stiele n in entsprechender Höhe befestigt ist. Zwei Pferde werden an das um das Rad m liegende Seil gespannt und laufen auf einem höher als das Schwellwerk der Ramme liegenden Boden. Sie drehen das Rad m um die Welle o, welche das Seil k aufwickelt, und der Rammklotz wird an dem Haken p aufgezogen. Sobald aber durch diese Bewegung das kurze Seil v n gespannt wird, hält es den Obertheil des Hakens zurück, während der Rammklotz fortwährend in die Höhe steigt, bis endlich der Haken sich umkehrt und den Klotz loslässt, der auf den Kopf des Pfahles fällt. Hierauf löst der Pferdeführer den Spannhaken und zwei Arbeiter drehen das Rad m nach entgegengesetzter Richtung und führen das Seil in die Rinne zurück. Das Rammtau k wickelt sich von der Welle ab, während ein anderer Arbeiter den Haken mit dem Seile herabzieht, ihn von neuem an dem Klotz befestigt und die Pferde nach dem Anfangspunkte ihres Weges zurückkehren, wo sie wieder an das Laufseil gehakt werden und den Lauf von neuem beginnen. Diese Ramme wird von einem Zimmermann und vier Arbeitern, den Pferdeführer mit eingeschlossen, bedient. Die Arbeit geht zwar etwas langsam vor sich, allein die Wirkung des Rammklotzes, welcher hier 16 bis 18 Centner haben kann und der 18 bis 22 Fuss hoch fällt, ersetzt diese Langsamkeit. Die zweite Welle, welche durch eingesteckte Hebel bewegt wird, wie auch das zweite Tau, welches über Rollen auf den höchsten Punkt des Schlagwerkes läuft, dient zum Aufziehen und Aufstellen der Pfähle.

Eine einfachere Kunstramme für einen Rammklotz von mittlerem Gewichte zeigt die Fig. 476 a, b und c, Taf. XXII, im Grundriss, Profil und vorderen Ansicht. Die bewegende Kraft wird hier nach der Schwere des Rammklotzes durch vier oder acht Menschen ausgeübt, welche mittels Hebel r den vertikalen Tummelbaum f drehen. Der Riegel eines Hebels g führt einen der cylindrischen Dorne der Wellen und hiemit auch die Welle selbst, auf welche das Seil v gewickelt wird, mit sich herum. Dieses Seil geht über die beiden Rollen m, m' und hängt in der Zange des Hakens h, der von einer Hülse k umgeben ist. Die Zange ergreift mit ihren beiden Backen die Aufhängekrampe des Rammklotzes, der durch die Umdrehungen des Tummelbaumes f aufgezogen wird. Die Zange des Hakens h trifft oben am Rammgerüst zwischen einem eisernen länglichen Rahmen i, welcher dessen Arme zusammendrängt, wodurch die Backen geöffnet werden und diese sodann den Klotz loslassen, der nun auf den Pfahlkopf fällt. Sogleich drückt dann einer der an dem Tummelbaum beschäftigten Arbeiter auf den langen Arm des Hebels g, wodurch der von dem Riegel zurückgehaltene Dorn der Wellen frei wird; die Zange des Hakens, dessen Gewicht die Reibung und die Steifigkeit des Seiles überwindet, dreht die Welle n entgegengesetzt, fällt schnell auf den Klotz herab, ergreift von neuem dessen Aufhängekrampe, deren obere Fläche die Form eines Eselsrückens hat, und die geneigten Ebenen der Krampe öffnen die Backengriffe der Zange, die sich wegen ihrer Federkraft sofort wieder schliessen. Die Arbeiter, welche den Tummelbaum weiter drehen, beginnen den Aufzug von Neuem. Die kleine Winde x dient vermittelst des Taues z zum Aufziehen und Richten der Pfähle. Bei Anwendung dieser Kunstramme findet weniger Zeitverlust statt, als bei der vorigen. Diese von einem Uhrmacher ersonnene Ramme wurde bei dem Baue der Westminsterbrücke zuerst angewendet, wo sie aber mittels Pferden betrieben wurde.

Man bedient sich zum Heben des Rammklotzes auch der eisernen Zugwinden, mit einem zur Regulirung des ungleichen Zuges sehr vortheilhaften Schwungrade; das Getriebe dieser Winde kann aus- und eingerückt werden, und ist an der Welle, an welcher das Tau sich befindet, angebracht; nebst einer Bremsvorrichtung befindet sich daselbst auch ein Sperrad nebst Haken, um den Klotz in jeder beliebigen Höhe festzuhalten. Die Fig. 474 a, b und c, Taf. XXII, zeigt eine solche Kunstramme. Zum Heben und Fallenlassen des Rammklotzes ist daselbst der Haken nach Fig. 477 a, Taf. XXII, hergestellt, wobei a der eigentliche Haken und b der sogenannte

Fallblock ist, welcher in gleicher Weise, wie der Rammklotz, an den Läufern geführt wird.

Fig. 477 b, Taf. XXII, zeigt eine andere, demselben Zwecke dienende Vorrichtung, bei welcher, sobald der Haken mit dem hervorragenden Ende an den Bügel c stösst, der Haken sich aushängt und der Klotz herabfällt. Bei einer ähnlichen Vorrichtung, wie Fig. 477 c, Taf. XXII zeigt, ist der Haken doppelt und verwandelt sich in eine Zange.

Die Höhe, auf welche der Rammklotz bei Kunstrammen gehoben wird, beträgt im Allgemeinen 14 bis 28 Fuss, wobei die Rammgerüste 19 bis 33 Fuss zur Höhe erhalten.

Der Rammklotz wird gewöhnlich 9 bis 11, höchstens 14 Centner schwer gemacht, und auch bei letzterem Gewichte reichen an einer gut konstruirten Winde vier Mann hin, denselben in die Höhe zu heben.

Vauvillier stellte einen direkten Versuch zwischen der Leistung der Zugramme und jener der Kunstramme an; beide hatten einen gleich schweren Klotz von 641 Pfunden, und von beiden wurden ganz gleiche Pfähle in demselben Boden gleich tief eingeschlagen. An der Zugramme wurden 22 Taglöhner und ein Zimmermann, dagegen an der Kunstramme nur vier Taglöhner und ein Zimmermann verwendet; bei letzterer wurde der Klotz durch Kurbel, Rad und Getriebe 12¾ Fuss hoch gehoben, während er bei ersterer nur auf die proportionirte Höhe von 4½ Fuss gehoben werden kann. Die Zugramme schlug 48 Pfähle in 28 Tagen ein, die Kunstramme eben so viel in 18 Tagen. Die Kunstramme arbeitere also schneller, als die Zugramme, und bei ihr betrugen die Kosten an Taglohn und Erhaltung des Geräthes für die Einrammung jedes Pfahls ungefähr nur ein Fünftel jener Summe, welche dieselbe Auslage bei der Handramme präsentirte. Es ist sonach in ökonomischer Beziehung sehr vortheilhaft, sich, besonders wenn Pfähle sehr fest eingeschlagen werden sollen, der Kunstramme zu bedienen, indem man selbst im ungünstigsten Falle sicher darauf rechnen kann, die Hälfte bis zwei Drittel zu ersparen.

Pfähle, welche unter den Schlägen der Zugramme nicht weiter ziehen, dringen bei Anwendung der Kunstramme tiefer ein, und zwar um so tiefer, je schwerer der Klotz und von je grösserer Höhe er herabfällt. Es findet jedoch bezüglich der Schwere des Rammklotzes und seiner Fallhöhe eine Grenze statt, da ein zu schwerer Klotz eine zu grosse Betriebskraft erfordern, oder seine Bewegung beim Heben zu langsam vor sich gehen würde, und anderseits eine zu grosse Fallhöhe die Geschwindigkeit des herabfallenden Rammklotzes derart vermehren würde, dass das Moment des Stosses sich der Masse des Pfahls nicht mittheilen könnte und dieser demnach zersplittern müsste. Eine grössere Wirkung, als die mit der Kunstramme zu erreichende kann demnach hervorgebracht werden, wenn ein sehr schwerer Rammklotz auf eine kleine Höhe gehoben und der Effect der Ramme möglichst dadurch vergrössert wird, dass die einzelnen Schläge schnell auf einander folgen. Diesen Bedingungen nachkommend, hatte man die *Dampframme* konstruirt. Die bewährtesten Maschinen dieser Art sind die nach dem System vom Erfinder des Dampfhammers J. Nasmyth konstruirten. Die bei der Fundirung des Viadukts von Tarascon gebrauchte Dampframme, welche sehr gute Dienste leistete, soll hier beschrieben werden. Die Fig. 478, Taf. XXIII, stellt dieselbe dar, und zwar zeigt Fig. 478 a die Seitenansicht der zum Betriebe fertigen Maschine; Fig. 478 b deren rückwärtige Ansicht; Fig. 478 c ist der vertikale Durchschnitt der Dampframme; Fig. 478 d deren horizontaler Durchschnitt nach der gebrochenen Linie X Y Z der Fig. 478 c; Fig. 478 e Grundriss und theilweiser horizontaler Schnitt der Dampframme; Fig. 478 f horizontaler Schnitt der Dampframme durch die Mitte des Vertheilungsschiebers; Fig. 478 g Ansicht des Rammklotzes an der Seite des Vertheilungsschiebers; Fig. 478 h vertikaler Schnitt des Rammklotzes nach der Linie U W in Fig. 478 c; Fig. 478 i horizontaler Schnitt desselben nach der Linie I II in Fig. 478 g Fig. 478 k theilweiser vertikaler Durchschnitt des Knierohres zur Führung des Dampfes zum Vertheilungsschieber der durch Fig. 478 c, e und f dargestellten Dampframme; Fig. 478 l Grundriss des Dampfmaschinenwagens und aller von ihm getragenen Theile, ausser dem Hebeapparate zur Anhängung des Pfahles. Man sieht in dieser Figur den Dampfkessel, wie auch den zur Seite stehenden Wasserkasten im horizontalen Durchschnitt; Fig. 478 m, Taf. XXIV, ist der vertikale Durchschnitt nach der Linie X Y der Fig. 478 l; Fig. 478 n ein anderer vertikaler Durchschnitt nach der Linie I II in Fig. 478 l.

Der Apparat besteht aus zwei wesentlichen Theilen:

1) der *Dampfmaschine*, welche den Zweck hat, je nach dem Bedürfniss entweder auf eine Trommel über die sich die Kette windet, welche die Dampframme trägt, oder auf eine andere Trommel zu wirken, welche eine kleine Kette aufnimmt, die dazu

dient, den einzurammenden Pfahl zu halten oder den Wagen auf den Rails vor- oder zurückzuschieben;

2) der *Dampframme*, die an einer starken Kette hängt, welche über eine Rolle am oberen Theil des Schlagwerkes läuft.

Dampfmaschine und Ramme werden von ein und demselben Kessel gespeist.

Die Anordnung der verschiedenen Mechanismen dieser Apparate ist aus den Fig. 478 a, b, l, m und n zu ersehen, in denen die gleichen Buchstaben gleiche Gegenstände bedeuten. In denselben ist:

a der vierrädrige, das Hebewerk, die Dampfmaschine und alle Bewegungstheile tragende Wagen, der auf zwei Schienen sich bewegt, die über einem Gerüste oder auf einem Schiffe parallel mit der einzuschlagenden Pfahlreihe liegen;

b das Schlagwerk, das auf der Plattform des Wagens a befestigt ist, und dessen fester Rand durch ein System von Stangen gesichert wird, die von dem Kopf ausgehen, sich mit den vier Ecken des Wagens verbinden und nach Belieben angezogen werden können;

c der Dampfkessel;

d der daran ausser den Schienen stehende Wasserkasten;

e der Dampfcylinder mit seinen Vertheilungsschiebern, Fig. 478 m und n;

f die Speisepumpe, geführt von dem Ende der der Triebstange entgegengesetzten Kolbenstange;

g die Triebstange mit ihrer gekröpften Welle;

h Schwungrad, das in einen Einschnitt der Plattform des Wagens greift;

i gekröpfte Welle für die verschiedenen Bewegungen der ersichtlichen Räder und Getriebe, Fig. 478 n;

j Trommel zum Aufwinden der die Dampframme tragenden Kette;

k Kette, welche über eine Rolle am Kopfe des Schlagwerkes geht, Fig. 478 a und m, um die Dampframme zu tragen, welche dem Pfahle in dem Masse nachrückt, als dieser eingetrieben wird; es gleitet zu diesem Zwecke die Dampframme längs des Schlagwerks mittels der vier Bügel l Fig. 478 a, die zu zwei und zwei an jeder Seite der Dampfkammer angebracht sind und die Ränder starker Blechbänder umfassen, welche mit den vertikalen Ständern des Hebewerks verbolzt sind;

m Röhre, welche den Dampf von dem Kessel zum Cylinder der Dampframme führt; diese Röhre ist von Gusseisen, hat einen innern Durchmesser von 0.06 Meter und ist mit Hilfe von Kniestücken gegliedert, Fig. 478 k, so dass sie durch Längerwerden oder Zusammenziehen dem Dampfcylinder in allen Stellungen vom Kopf des Hebewerks bis zu dessen Schwelle folgen kann;

n ist der einzuschlagende Pfahl mit einem Aufsetzer;

o kleine Kette zum Halten des Pfahls, bis er einen festen Stand erlangt hat; sie geht über eine kleine, am oberen Theil des Schlagwerkes angebrachte Rolle;

p die Trommel nebst Bremse zum Aufwinden der kleinen Kette o Fig. 478 b und m;

q Fig. 478 a und l das konische Getriebe zur Bewegung der Ache der Vorderräder des Wagens; die verlängerte Welle dieses Getriebes trägt die Trommel p.

Aus den Fig. 478 l, m und n ersieht man zur Genüge die Transmissionsgetriebe für die Bewegung der Trommeln j und p, oder des Wagens selbst. Zum Anlassen der Maschine und zu ihrer Bewegungsveränderung dienen Hebel, und die Ein- und Ausrückungen sind in passender Weise angebracht, damit nur die bei jeder Operation nothwendigen Theile des Mechanismus zu arbeiten haben. In Fig. 478 a und l ist r ein kleiner Haspel mit Getrieben, der mit der Hand bewegt wird und ein Seil aufnimmt, das nach dem oberen Theil des Schlagwerkes über eine Rolle geht, die mit der Kette o symmetrisch ist.

Die Dampframme, die mit ihrem Detail in Fig. 478 c, d, e, f, g, h und i, Taf. XXIII, dargestellt ist, besteht aus einem Cylinder mit einem Vertheilungsschieber, worin der Dampf einen Kolben in Bewegung setzt. An der Stange dieses Kolbens ist der Rammklotz befestigt, welcher an den Bewegungen des Kolbens Theil nimmt und in einem prismatischen Gehäuse von starkem Blech niederfällt, das unter dem Cylinder seinen Platz hat und in dessen unterem Theil sich der Aufsetzer J befindet, welcher den Stoss empfängt.

A ist der Cylinder der Dampframme; B der den Rammklotz bewegende Kolben; C die Kolbenstange, D der an der Kolbenstange befestigte Rammklotz, Fig. 478 g, h und i; E Scheiben, Fig. 478 h, an dem Verbindungspunkt der Kolbenstange mit dem Rammklotze, welche den Zweck haben, durch ihre Elasticität die Stösse zu verhindern, sich dem Kolben in ihrer ganzen Stärke mitzutheilen; F ist der Vertheilungsschieber, der den Dampf zu dem Cylinder A führt, Fig. 478 c und f. Wie aus der Anordnung zu ersehen ist, kann der Dampf nur unter dem Kolben B eintreten; er hebt den Rammklotz, der durch

sein eigenes Gewicht niederfällt und den Kolben mit sich zieht, sobald der Dampf in die Atmosphäre ausströmt. G sind Oeffnungen an dem oberen Theil des Cylinders, Fig. 478 c und e, welche den Zweck haben, die Luft auszulassen, wenn der Kolben wieder aufsteigt, und sie wieder eintreten zu lassen, wenn er fällt. Der geschlossene Raum über diesen Oeffnungen und unter der Calotte des Cylinders bildet eine Art Luftbehälter, welcher den Kolben verhindert, bei seinem Aufsteigen, in Folge der einmal erlangten Geschwindigkeit, an den Deckel des Cylinders zu stossen.

H ist eine Oeffnung, Fig. 478 f, durch welche der Dampf in die Dampfvertheilungskammer tritt; dort mündet auch das in Eig. 478 a mit m bezeichnete gegliederte Rohr.

I ist der prismatische Kasten, Fig. 478 c, d, e und f, der in der Achse des Cylinders steht und in welchem der Rammklotz seinen Weg zum Falle zurücklegt.

J ist der Aufsetzer von Eichenholz Fig. 478 c und d, der im unteren Theile des Kastens fest eingelassen ist und den Zweck hat, den Stoss auf den einzurammenden Pfahl zu übertragen.

K ist eine Art von Taucherkolben, der mit dem Schieber F, Fig. 478 c, in Verbindung steht, und in der Stopfbüchse auf und ab geht, die in dem oberen Theile der Vertheilungskammer ihren Sitz hat. Wirkt der Dampf auf diesen Kolben, so strebt er ihn zu heben und den Schieber in die Lage zu bringen, in welcher er den Cylinder A mit dem Kessel und nicht mit der Dampfausströmung in Verbindung bringt. Der Vertheilungsmechanismus hat demnach keine andere Funktion, als die Wirkung dieser Kraft im passenden Moment zur Ausführung zu bringen oder sie zurückzuhalten.

L L′ ist die Leitstange des Schiebers F, die durch die Stopfbüchse in den unteren Theil der Vertheilungskammer geht; der obere Theil L dieser Stange ist gegliedert und verbindet sich mit dem unteren Theil L′ mittels des Verbindungsstückes M, das in seinem Centrum mit einem Auge versehen ist, in welches der kleine Arm eines Hebels N N greift, dessen grosser Arm in Fig. 478 c mit punktirten Linien angedeutet ist. Dieser Hebel N N, dessen beide Arme einen unveränderlichen Winkel bilden, ist ausserhalb der Kammer I an einem Punkte befestigt, der ihm als Umdrehungsachse dient; blos das eine Ende des grossen Armes springt in das Innere des Kastens vor, und zwar in einer gekrümmten Spalte, in welcher er sich bewegen muss.

O O P ist eine Art von Parallelogramm, dessen kleine Seiten O O sich an die Stange L′ anschliessen, und dessen eine grosse Seite P in das Innere des Kastens I vorspringt.

Q ist eine bewegliche Klinke, die an der oberen Seite des Parallelogramms O O P befestigt ist und durch eine Feder beständig an die Leitstange des Schiebers gedrückt wird, und R ist ein kleiner Hebel, der in dem Inneren des Rammklotzes nächst den Scheiben Fig. 478 c, g und h eingelassen ist und durch eine Feder in seiner Stellung erhalten wird.

Bevor der Rammklotz die oberste Grenze seines Hubes erreicht, stösst er an den grösseren Arm des Hebels N N, welcher, von unten nach oben bewegt, eine Bewegung des kleineren Armes dieses Hebels, somit auch des Schiebers F von oben nach unten zur Folge hat. Während dieser Bewegung legt sich die Klinke Q gegen einen Absatz der Stange L′ und widersetzt sich folglich der Erhebung dieser Stange und des Schiebers F, was zur Folge hat, dass die Ausströmung des Dampfes stattfinden und so lange dauern kann, bis eine neue Kraft die Klinke Q aus ihrer Stellung verschiebt. Sobald aber die Verbindung mit der Ausströmungsöffnung hergestellt ist, fällt der Rammklotz durch sein eigenes Gewicht zurück und zieht den Kolben B mit sich; gleichzeitig stösst der Hebel R an die Seite des Parallelogramms O O P und legt die Klinke Q frei; der Schieber F ist nun frei und gibt dem Druck des Dampfes nach, der ihn zu heben strebt, die Dampfausströmungsöffnung schliesst sich und die Einlassöffnung thut sich von Neuem auf. Der Kolben steigt und mit ihm der von ihm getragene Rammklotz; diese Bewegungen wiederholen sich fortwährend.

S ist ein kleiner Kolben, der an dem unteren Ende der Stange L′, Fig. 478 c, befestigt ist und in eine ausgebohrte Hülse ausgelassen ist, deren Luftschicht die Stösse schwächt, welche der Mechanismus bei der schnellen aufwärtsgehenden Bewegung des Schiebers erleiden könnte, wenn der Dampf plötzlich wirkt, um ihn zu heben.

Die mittels der Dampframme vorzunehmenden Operationen, um einen Pfahl einzuschlagen, sind einfach. Nachdem die Ramme entweder unmittelbar über den Boden gestellt, oder wenn das Einrammen von einem Schiffe aus geschehen soll, dieses an der Stelle, wo das Einschlagen der Pfähle stattfindet, durch Seile, die über Haspel und Erdwinden gehen, gehörig festgelegt worden, hebt man die Dampframme bis zum Kopfe des Hebezeuges durch das Drehen der Trommel j mittels der grossen Kette k. Dann stellt

man den einzurammenden Pfahl an seinen Platz, indem man ihn mittels der kleinen Kette und des entsprechenden Haspels aufzieht, hält ihn mit Seilen in vertikaler Stellung und lässt sodann den Rammapparat auf den Kopf des Pfahles nieder. Mit Vorsicht werden nun einige Rammschläge gegeben, um den Pfahl in eine feste Stellung zu bringen, und sobald er solche erlangt, löst man ihn von den Seilen ab, welche ihn in der Stellung hielten, und schlägt ihn nun fest ein.

Der Apparat der besprochenen Dampframme, der auf den Kopf des einzurammenden Pfahles gesetzt wurde, wog 4000 Kilogr.; der Rammklotz hatte ein Gewicht von 1500 Kilogr. und fiel in der Minute 80 bis 100 Mal von einer Höhe von 0.98 Meter auf den Pfahl. Das Einrammen eines Pfahls bei dem Baue des erwähnten Viadukts von Tarascon mit der beschriebenen Dampframme geschah in beiläufig 10 Minuten und auf eine Tiefe von 8 bis 10 Metern, während man daselbst mittels der kräftigsten Kunstramme nur eine Einsenkung der Pfähle von 5 Metern bewirken konnte.

Tragfähigkeit der Pfähle.

§. 32.

Nur durch die Eigenschaft der Bodengattung ist die Tragfähigkeit der Pfähle bedingt und nicht durch die Festigkeit des Holzes, denn die Besorgniss, dass die Pfähle unter ihrer Last gedrückt werden, wird niemals begründet sein, weil die Festigkeit des Holzes so gross ist, dass man unter allen Umständen weit der Grenze entfernt bleibt, bei welcher ein Zerdrücken der Holzfasern eintritt. Weit eher ist Gefahr vorhanden, dass die Pfähle tiefer eingedrückt werden, und zwar besonders dann, wenn sie keinen festen Untergrund erreicht haben, oder dass Pfähle seitwärts ausweichen.

Bei jenen Pfählen, die mit ihrer Spitze in einem festen Grunde stecken und durch das sie umgebende Erdreich die nöthige Haltung haben, kann ihre Tragfähigkeit durch die rückwirkende Festigkeit der Pfähle bemessen werden. Anders ist es bei Pfählen, die in einem weichen Boden stecken; der lose Grund, welcher in diesem Falle den Pfahl umgibt und trägt, lässt ihn sehr oft schon beim Einrammen zu keinem absoluten festen Stand kommen; doch aber kann man solchen Pfählen eine gewisse Last aufbürden, wenn man auch die Ueberzeugung hat, dass sie unter einer grösseren Belastung noch tiefer eindringen würden.

Die Verschiedenheit der Wirkung von der lebendigen Kraft, d. i. von dem Stosse, und vom todten Druck überhaupt, namentlich aber auch die verschiedenen Bodenarten, ist Ursache, dass es bis jetzt durchaus nicht gelungen ist, theoretisch ein Urtheil über die Tragfähigkeit der Pfähle zu gewinnen; denn die vielen Versuche, um aus den letzten Wirkungen des Rammklotzes auf den Pfahl, die Tragfähigkeit des letzteren nach allgemein gültigen Regeln beurtheilen zu wollen, dürften als gescheitert anzusehen sein. Selbst die Erfahrung, die altersgraue Lehrmeisterin der Baukunst, kann hier keine vollkommen sichere Anhaltspunkte geben und dennoch ist es in dieser Beziehung das Beste und das Einzige, ihr zu folgen.

Man pflegt demnach nur aus dem leichteren oder schwereren Eindringen des Pfahls unter den letzten Hitzen des Rammens mit Recht auf seine Tragfähigkeit zu schliessen, denn von zwei unter ganz gleichen Umständen und in denselben Boden eingerammten Pfählen wird gewiss derjenige die grössere Last tragen, welcher unter den letzten Hitzen derselben Ramme am wenigsten tiefer eindringt; weiter jedoch darf man die Schlussfolgerungen nicht ausdehnen. Perronet gibt in dieser Beziehung folgende Regel: der Rostpfahl darf nur dann als feststehend angesehen werden, wenn derselbe während mehrerer hinter einander folgender Hitzen von 25 bis 30 Schlägen mit einem 600 bis 700 Pfund schweren Rammklotze und einer Fallhöhe von 4½ Fuss franz. Mass nur noch 1 bis 2 Linien tief eindringt. Bei weniger belasteten Pfählen soll man sich aber begnügen können, wenn die Pfähle unter den letzten Hitzen noch ½ bis 1 Zoll eindringen. Derselbe Ingenieur theilt dann noch mit, dass bei der Brücke von Neuilly, die 12 Zoll im Durchmesser haltenden Pfähle jeder mit 105700 Pfund, die der Brücke zu Orleans mit 104900 Pfund belastet waren. Bei der Brücke zu Tours trugen die Pfähle, als die Pfeiler dieser Brücke einstürzten, jeder 153900 Pfund. Peronnet stellt hiernach die Regel auf: Pfähle von 8 bis 9 Zoll Stärke nur mit 50000, und von 12 Zoll Stärke mit nicht mehr als 100000 Pfund zu belasten. Bei der Brücke von Neuilly erreichten die Pfähle den Tuff; sie wurden so lange gerammt, bis sie unter einem 1000 Pfund schweren Rammklotze während 16 aufeinanderfolgenden Hitzen von 30 Schlägen nur noch zwei Linien in der Hitze zogen. Bei der Brücke zu Orleans wurden die äussern Pfähle jedes Pfeilers als feststehend angesehen, wenn sie bei einer Hitze von 25 Schlägen mit dem 900 Pfund schweren Klotze

noch 1½ Linien zogen, und die mittleren Pfähle durften sogar 3 Linien ziehen. Ein Pfeiler dieser Brücke senkte sich aber auch um 18 Zolle.

Sganzin sagt in Bezug auf diesen Gegenstand Folgendes: Die Erfahrungen bei grösseren und bedeutenden Bauten haben gezeigt, dass ein Pfahl als gehörig feststehend zu betrachten und eine dauernde Belastung von 25000 Kilog. zu tragen im Stande ist, wenn er bei Anwendung einer Kunstramme in der Hitze von 10 Schlägen mit einem 600 Kilog. schweren Klotze, welcher $3._6$ Meter hoch herabfällt, nur noch $0._{01}$ Meter tief eindringt; oder, wenn die Zugramme angewendet wird, bei einer Hitze von 30 Schlägen mit demselben Rammklotze und einer Fallhöhe desselben von $1._2$ Meter eben so tief zieht.

Im lockeren, doch sehr sandigen, aufgeschwemmten Boden drangen bei einem Baue in Berlin 40 Fuss lange Rostpfähle in einer Hitze von 20 Schlägen unter einem 5 Fuss hoch gehobenen 1650 Pfund schweren Rammklotze nur noch 4 Linien tief ein, und doch zeigten sie bei einer Belastung von 43370 Pfund eine Senkung. In Holland, wo der weiche Grund es sehr selten erlaubt, die Pfähle so weit einzurammen, dass sie unter den letzten Hitzen nur noch wenige Linien ziehen sollten, belastet man sie auch weit geringer, etwa nur mit 20000, ja zuweilen auch nur mit 11000 Pfund.

Bei dem Bau der Junction Docke in Hull, wo einzelne Pfähle bis zu 60000 Pfund belastet sind, rammte man dieselben so lange, bis sie unter 30 Schlägen von 6 Fuss Höhe mit einem 1300 Pfund schweren Rammklotze nicht tiefer als 1½ Zoll eindrangen.

Bei dem Baue der Endwiderlager der Szegediner Brücke wurde das Rammen so lange fortgesetzt, bis auf 10 Schläge mit einem 1800 Pfund wiegenden und etwas über 18 Fuss hoch herabfallenden Rammklotze nur noch ein Eindringen von 4 Linien erfolgte. Die Belastung der meisten dieser Pfähle beträgt über 70000 Pfund.

Hieraus ersieht man, dass die Annahmen über die Tragfähigkeit der Pfähle und die hin und wieder gemachten Erfahrungen sehr von einander abweichen und, dass es daher nicht möglich ist, allgemein gültige Regeln in dieser Beziehung aufzustellen. Bei vorzunehmender Rammarbeit muss man immer mit der grössten Aufmerksamkeit alle Umstände erwägen und die verschiedenen Erscheinungen sorgfältig notiren, um mit einiger Wahrscheinlichkeit das Richtige zu treffen. Der Thonboden erfordert eine ganz besondere Vorsicht, weil sich in einem solchen, die durch die eingerammten Pfähle hervorgebrachte Spannung später ausgleicht. Die Führung eines genauen Rammregisters gewährt in allen Fällen einen mehrfachen Nutzen, indem dasselbe dem bauführenden Ingenieur die Mittel an die Hand gibt, sein Verfahren nöthigenfalls rechtfertigen zu können, und überdies lehrt die Erfahrung, dass hiedurch im Allgemeinen die Aufmerksamkeit geschärft und manchen unangenehmen Folgen vorgebeugt wird. Ein Rammregister muss folgende Rubriken enthalten:

1) die Nummer des Pfahls;

2) den Tag, an welchem der Pfahl zum Stehen kam;

3) seine Länge vor dem Einrammen;

4) seinen mittleren Umfang;

5) das Gewicht des Rammklotzes, womit er eingetrieben wurde;

6) die Anzahl der Arbeiter an der Ramme;

7) die Tiefe, zu welcher der Pfahl eingetrieben wurde; und

8) wie stark der Pfahl während der letzten Hitzen gezogen hat.

Gewöhnlich kommt der Fall vor, dass mehrere Reihen von Pfählen hinter einander eingerammt werden sollen. Hier entsteht zunächst die Frage: soll mit den äussern oder mit den innern Pfählen der Anfang gemacht werden. Gewöhnlich wählt man das erstere, indem der Boden nach der Mitte der Baugrube hin komprimirt wird, und die hier einzurammenden Pfähle einen festern Stand, hiemit auch eine grössere Tragfähigkeit erhalten. Muss man aber die Pfähle bis zu einer gewissen Tiefe eintreiben, damit sie in eine unten befindliche feste Schichte noch eingreifen, dann ist es besser, die inneren Pfähle zuerst und die äusseren zuletzt einzurammen, weil es oft im Falle des Gegentheils schwer sein dürfte, die mittleren Pfähle in das bereits komprimirte Erdreich auf hinlängliche Tiefe einzurammen. — Nie nähere man die Pfähle mehr, als dass ihre lichte Entfernung ihrer eigenen Dicke gleich sei, weil sonst der bereits eingerammte Pfahl durch das Eintreiben eines andern so nahen oder gar ihn berührenden Pfahles locker gemacht wird und beide keinen festen Stand erlangen dürften. Auch geschieht es, besonders in thonigem Boden, dass die bereits eingeschlagenen Pfähle durch das Einrammen der nachbarlichen aus der Erde herausspringen. In solchen Fällen leisten mit ihrem Stammende nach unten gekehrt eingerammte Pfähle gute Dienste.

Sollen Pfähle in Felsen eingetrieben werden, so würde dieses selbst mit Pfahlschuhen nicht möglich

sein; in solchen Fällen muss man Löcher für die Pfähle mit dem Steinbohrer vorbohren, und zwar von etwas geringerem Durchmesser, als die Pfähle stark sind, und dann diese gewöhnlich mit der Handramme eintreiben. Das Unterlassen dieser Massregel hat schon häufig zu nachtheiligen Folgen geführt, indem das Eintreiben der Pfähle in den Felsen ihre Zersplitterung und Umbiegung verursachte.

Pfähle, die nicht tief oder schief eindringen, lassen vermuthen, dass ihre Spitzen ein Hinderniss gefunden haben, und müssen dann herausgezogen werden. An demselben Orte darf nun kein zweiter Pfahl eingerammt werden, weil dies vergebliche Mühe wäre. Gewöhnlich schlägt man an dessen Stelle etwas seitwärts einen andern Pfahl, der, wenn an der Stellung des Kopfes viel gelegen wäre, schief eingerammt werden müsste.

Ausziehen der Pfähle.

§. 33.

Es trifft sich häufig, dass man genöthigt ist, bereits eingerammte Pfähle herauszuziehen, und zwar können im Grunde entweder alte Pfähle stecken, die hinderlich sind, oder es sind Rost- oder Spundpfähle beim Einrammen schief oder nicht tief eingedrungen, oder endlich, wenn Gerüst- oder Fangdammpfähle nach Beendigung des Baues unnütz sind und beseitigt werden müssen. Dieses Ausziehen der Pfähle erfordert gewöhnlich einen sehr starken Zug, und oft ist es sehr schwer, sich den nöthigen Stützpunkt zu verschaffen.

Manchmal benützt man zum Ausziehen der Pfähle die Rammen selbst. Es sind hiezu eine oder zwei Wellen in der vorderen Wand der Ramme angebracht, durch welche man mittels eines am Kopfe der Ramme aufgehängten Flaschenzuges, dessen unterer Block an dem Pfahl befestigt wird, diesen herauszuziehen trachtet. Der Zug geht sodann über die Rammscheibe nach den Wellen, welche mittels Hebel gedreht werden.

Einfacher zu diesem Zwecke ist der sogenannte, in Fig. 495 a, Taf. XXVI, dargestellte Wuchtbaum; derselbe ist zur Aeusserung eines sehr kräftigen Zuges vollkommen geeignet und dürfte bei gehöriger Einrichtung sich besonders für fest eingerammte Pfähle eignen. Der Drehpunkt für den Wuchtbaum muss so nahe als möglich an dem anzuziehenden Pfahl angebracht werden; er wird entweder durch einen vorgelegten Balken, oder durch eingerammte Pfähle, oder durch einen mit Schraubenbolzen verbundenen eichenen Rahmen, oder endlich aus einem gusseisernen Prisma gebildet. Durch den Kopf des auszuziehenden Pfahles t wird ein grosser eiserner Bolzen r gesteckt, der an jedem Ende mit einem Gliede einer starken eisernen Kette umfasst wird, wie es aus der benannten, wie auch aus der Fig. 495 b zu ersehen ist. Die beiden langen Ringe, durch welche der Bolzen geht, liegen an dem Pfahl t an. In ihre Vereinigung n greift der eiserne Haken h, womit das Ende des Hebels k versehen ist; den Stützpunkt bildet hier ein gusseisernes Prisma i, das auf einer Unterlage d ruht, die von zwei parallelen Balkenstücken b unterstützt wird. Mittels eines kleinen Krahnes p erhebt man das andere Ende des Hebels, um den Haken h in den Ring n einlegen zu können. Sodann lässt man auf die Zugseile r eine nothwendige Anzahl Menschenkräfte wirken, welche man durch Belastung des Hebels noch vermehren kann, und zwingt dadurch den Pfahl sich zu heben. Damit kein Unglück geschehe, wenn der Pfahl plötzlich nachgäbe, unterstützt man den Hebel durch das Tau des Krahns, welches man nur in dem Masse nachlässt, als der Hebel sinkt.

Fig. 496, Taf. XXVI, zeigt eine andere Vorrichtung zum Ausziehen der Pfähle. Es ist ein gezimmertes Gestelle mit einer oberen Platte m, in welcher eine Schraubenmutter für die Schraube p ausgebohrt ist; diese Schraube endigt in einem quadratischen Kopf, der von einem eisernen Bügel r umfasst und mit einem Bolzen t befestigt wird. Dieser Bügel nimmt einen Haken s auf, an welchem ein doppeltes Zugseil v befestigt ist, dessen Schleifen unter den grossen eisernen Bolzen greifen, der durch den auszuziehenden Pfahl x geht. Indem man auf die Hebeln der Schraubenspindeln mit hinreichender Kraft wirkt, wird der Pfahl gehoben. Besser als die eben beschriebene ist die in Fig. 497, Taf. XXVI, dargestellte Vorrichtung, in welcher die Schraube p keine Rotationsbewegung hat. Ihr quadratischer Kopf liegt in einer Platte m und diese zwischen den Stielen des Gestelles, so dass sie sich nicht drehen kann. Die Schraubenspindel geht durch die Platte n, in welcher die Schraubenmutter o liegt, welche von einem mit vier Hebeln g versehenen Kranz umfasst wird. Der Kopf der Schraube und die Platte m werden durch einen horizontalen eisernen Bolzen o durchbohrt, desgleichen der Pfahl von einem ebensolchen Bolzen o. Zwei starke längliche eiserne Ringe k verbinden die beiden Bolzen von beiden Seiten des Pfahls. Dreht man nun die Hebel herum, so dreht sich die Schraubenmutter, die Schraube steigt und mit ihr die Platte m und der Pfahl.

Gewöhnliche horizontale Winden mit starkem Vorgelege und Flaschenzügen werden auch öfters benützt.

Sind leichtere Pfähle auszuziehen, so kann dies auch durch zwei oder mehrere Hebewinden geschehen; es werden nämlich eben so viele Klammern in gleicher Höhe in den Pfahl eingeschlagen und die Hebewinden, welche auf sicheren Unterlagen aufstehen müssen, gegen diese und die erwähnten eisernen Klammern gleichmässig gespannt, und möglichst schraff angezogen. In solcher Spannung lässt man sie einige Minuten ruhig stehen, wiederholt nach dieser Zeit das Ausziehen von Neuem und so lange, bis der Pfahl herausspringt.

Sollen im Wasser eingeschlagene Pfähle ausgezogen werden, so verfährt man am geeignetsten in der Weise, dass man zwei Fahrzeuge durch eine starke Balkenrüstung mit einander verbindet und éine Winde, oder am besten eine von den beschriebenen Schrauben anwendet. Sind fest eingerammte Pfähle auszuziehen, so kann man auch den hydrostatischen Druck der Fahrzeuge hiezu entweder allein, oder auch mitbenützen. Zu diesem Besuche lässt man in die Fahrzeuge Wasser eintreten, so dass sie recht tief eintauchen, und befestigt alsdann die um den Pfahl geschlungene Kette an die Schranbe oder an eine Winde, oder an einer angemessenen Stelle der Rüstung; pumpt oder schöpft man sodann das Wasser wieder aus, so werden die Fahrzeuge mit einer starken Kraft den Pfahl aufwärts ziehen und denselben heben. Wiederholen sich die Abwechslungen des Wasserstandes durch Ebbe und Fluth, so kann man auch diese in der vorerwähnten Weise benützen.

Ein sehr einfaches Verfahren, um Pfähle auszuziehen, ist auch Folgendes: Man nimmt ein festgebautes Fahrzeug und befestigt den Pfahl mittels einer Kette an den vordersten Theil desselben. Nun bringt man eine schwere Last auf den vorderen Theil des Fahrzeuges und zieht die Kette fest an; sodann wird die Last auf den rückwärtigen Theil des Fahrzeuges übertragen, wodurch sich der vordere Theil hebt und den Pfahl mit herauf zieht.

Zuweilen benützt man auch die hydraulische Presse zum Ausziehen der Pfähle. Man stellt hiezu den Cylinder, worin der grössere Kolben sich befindet, auf eine feste Rüstung und stützt einen starken Hebel mit seinem Ende gegen den erwähnten Kolben, während das andere Ende dieses Hebels den Drehpunkt bildet; in seiner Mitte wird die Kette umgeschlungen, welche an den auszuziehenden Pfahl befestigt wird. In dieser Weise wurden bei dem Bau der Waterloo-Brücke zu London Pfähle ausgezogen.

Abschneiden der Pfähle unter Wasser.

§. 34.

Alle eingerammten Pfähle müssen im gleichen Niveau in entsprechender Höhe abgeschnitten werden. Ist die Baugrube trocken gelegt, so unterliegt dieses keiner Schwierigkeit. In Fällen aber, in welchen man, wie wir später sehen werden, ohne Trockenlegung der Baugrube zu fundiren beabsichtigt, ist dieses schwieriger; der Apparat hiezu ist die sogegenannte Grundsäge.

Oft handelt es sich darum, einen Pfahl ohne besondere Rücksicht, d. i. nicht in einer horizontalen Fläche und in nicht zu grosser Tiefe (6 Fuss) abzuschneiden. Dies ist sehr einfach; man verwendet hiezu eine auf gewöhnliche Art eingespannte Säge, welche an einen mit Handgriffen versehenen langen Stiel so befestigt ist, dass die Ebene der Säge mit der des Stieles zusammenfällt. Die Säge wird sodann mittels des Stieles schräge, entweder von einer Rüstung aus, oder von einem Kahn bewegt, wobei nur die Säge durch eine Zugstange oder durch eine Leine gegen den abzuschneidenden Pfahl gedrückt zu werden braucht. Das Klemmen des Blattes müss durch scharfes Einspannen und durch starkes Schrenken der Sägezähne verhütet werden.

Sind aber Pfähle in bestimmter Tiefe und horizontal abzuschneiden, so bedarf man schon eines besseren Apparates. Hiezu muss entweder ein gerades Sägeblatt dergestalt eingespannt werden, dass es sich in die verlangte Tiefe bringen und genau horizontal bewegen lässt, oder es muss eine Circularsäge angewendet werden.

Fig. 479 a, b, c und d, Taf. XXIV, zeigen eine *Grundsäge,* mittels welcher man Pfähle bis zu 20 Fuss unter Wasser abschneiden kann. Hiebei muss eine feste horizontale Bahn konstruirt werden, die sich über die ganze Länge der Baugrube erstreckt. Auf dieser Bahn steht ein Wagen A, welcher aus zwei parallelen Trägern, die durch einige Querhölzer mit einander verbunden sind, zusammengesetzt wird. Jeder Träger bildet das Unterlager einer schmiedeisernen Schiene, wodurch eine zweite Bahn entsteht, welche die erste rechtwinklich durchkreuzt. Auf dieser zweiten Bahn ruht ein Schlitten mit dem eigentlichen Sägegestell, bestehend aus einem horizontalen Rahmen a, der mit vier Laufrädern versehen ist, sodann aus der vertikalen mit Kreuzstreben verspann-

ten und nach rückwärts verstrebten Balkenwand b; an deren unterem Ende ist die Säge, Fig. 479 b, eingespannt und so befestigt, dass sie sich leicht mit dem Hebel c, welcher sich um den Bolzen bei d drehen kann, hin und her bewegen lässt. Der genannte Hebel c hat unten eine eiserne Spitze, welche in die ovale Vertiefung der mittleren Stange des Rahmens, mittels dessen die Säge gespannt wird, eingreift, und am oberen Ende des Hebels befindet sich ein horizontaler Arm mit zwei Handgriffen m und n. Um ein Andrücken der Säge an den abzuschneidenden Pfahl zu bewirken, geht von dem Bolzen ein Tau durch einen Oehrbolzen des Rahmens a an die Welle der Zugwinde N.

Eine *Kreis-* oder *Circular-Säge* ist durch die Fig. 480 a, b, c und d, Taf. XXIV, dargestellt. Die Rüstung hat hiebei die gleiche Construction wie jene der eben beschriebenen Grundsäge. Das Sägegestell besteht aus einem Schlitten a, der mit vier Laufrädern versehen ist; sodann aus dem an diesen Schlitten befestigten vertikalen Balken b, der nach beiden Seiten durch die Streben d d, und nach rückwärts durch die Strebe c gehalten ist und zur Aufnahme der gusseisernen Lager dient. Die Kreissäge S befindet sich an dem unteren Ende einer schmiedeisernen Welle, welche durch die erwähnten gusseisernen Lager geht und nahe an ihrem oberen Ende ein konisches Rädchen trägt. Auf dem Schlitten a ist ein gusseisernes Gestell s angeschraubt, welches zur Aufnahme einer horizontalen Achse dient, die mit einer Kurbel und mit einem konischen Rade versehen ist, welches in das Triebrädchen an der vertikalen Welle eingreift. Das Andrücken der Säge an den abzuschneidenden Pfahl geschieht mittels eines Taues durch eine Zugwinde. Fig. 482 a, b und c, Taf. XXIV, zeigt eine andere Aufstellungsart einer Kreissäge. Zur Vermeidung einer besonderen Rüstung, wenn es auf besondere Genauigkeit nicht ankommt, kann man einen aus schmalen aber starken Bohlenstücken zusammengesetzten und mit eisernen Bändern verbundenen Rahmen A B, der die Säge trägt, unmittelbar an den abzuschneidenden Pfahl befestigen. Im oberen Theile des Rahmens geschieht dies durch umschlungene Ketten, die man durch dazwischen eingetriebene Keile scharf anspannen kann, und unten dient hiezu eine eiserne Zange, welche aus Fig. 482 b und c ersichtlich ist. Die Zange, welche den Pfahl umfasst, ist mit Zähnen versehen; die Arme derselben sind nach rückwärts fortgesetzt, doch kreuzen sie sich nicht. Indem man die rückwärtigen Verlängerungen der Arme auseinander drängt, werden die gezahnten Bügel der Zange geschlossen. Dieses Auseinanderdrängen geschieht von oben aus durch eine eiserne Stange, die unten in einen passend geformten Keil ausgeht, der zwischen die beiden Arme eindringt. Das Oeffnen der Zange befördern zwei Federn, welche die Arme derselben auseinanderdrängen, und dieses geschieht in der Regel erst, nachdem der Pfahl abgeschnitten ist und man den ganzen Säge-Apparat mit dem abgeschnittenen Theile heraufgezogen hat. Die Säge kann gleichmässig mit ihrer vertikalen Achse genähert werden, indem in jedem der beiden Arme des Rahmens sich ein Schlitz befindet, durch welchen die Achse der Säge E F greift, und in welchen auf eisernen Bahnen die beiden Pfannen liegen, welche die Achse halten. Fig. 482 b zeigt, wie diese Pfannen, die in gezahnten Stangen ausgehen, durch zwei Getriebe an einer gemeinschaftlichen Stange C D bewegt werden können, und hiedurch die Säge G H dem Pfahl genähert wird.

Die Kreissägen werden ihrer einfachen Aufstellung und Construction wegen den Horizontalgrundsägen vorgezogen. Die Schwierigkeit, ein grosses, gutes Sägeblatt zu erhalten, ist aber häufig eine Ursache, welche ihrer Anwendung entgegentritt; für Pfähle von 12 Zoll Stärke muss das Sägeblatt mindestens 3 Fuss Durchmesser haben. In Ermangelung eines Sägeblattes von hinlänglicher Grösse bedient man sich auch der durch Fig. 481, Taf. XXIV, dargestellten *Bogensäge*. Bei dieser bildet das Sägeblatt einen Kreisbogen, der die Drehungsachse zum Mittelpunkte hat, und ist dasselbe von zwei Armen eingespannt, welche einen Winkel von 120 Graden bilden. Zur entsprechenden Bewegung der Säge ist an dem oberen Ende der Drehungsachse ein eiserner Arm rechtwinklich aufgestellt, welcher einen mit Handgriffen versehenen doppelarmigen Hebel trägt, woran die Arbeiter stehen. Die Aufstellung der Bogensäge ist ganz so wie die der Kreissäge. Zum Abschneiden der Spundpfähle ist die Bogensäge sehr geeignet.

Handelt es sich nur um einzelne oder um Pfähle, welche in nicht grosser Tiefe unter dem Wasserspiegel abzusägen sind, so wählt man einfachere Apparate, und es kommt hiebei weniger auf Krafterspa-rung, als vielmehr darauf an, dass die Anschaffungskosten nicht zu gross ausfallen. In solchen Fällen kann das Sägeblatt in einen Rahmen gespannt werden, der sich pendelartig um einen oben angebrachten Bolzen schwingt und mittels zweier Zugstangen, welche unten, wo das Sägeblatt eingespannt ist, befestigt sind, bewegt werden kann. Das Andrücken der Säge an den Pfahl lässt sich hiebei mittels der

Zugstangen bewirken; um jedoch das Klemmen der Säge zu vermeiden, muss man den Aufhängepunkt des pendelartigen Rahmens recht hoch wählen, und ihn selbst darf man nicht weit ausschwingen.

Von den Fangdämmen.

§. 35.

Fangdämme sind künstliche Wände oder Dämme, welche zur Umschliessung und wasserdichten Absperrung einer vom Wasser bedeckten Baugrube dienen, damit man den durch sie eingeschlossenen Raum durch Ausschöpfung trocken legen und darin die Fundirung vornehmen kann. Die Fangdämme sind entweder *gewöhnliche Fangdämme*, wenn sie dazu dienen, das Zudringen des Wassers von der Seite abzuhalten, oder *Grundfangdämme,* wenn sie den Zudrang des Wassers durch die Sohle der Baugrube verhindern sollen.

Ein Fangdamm muss nicht nur dem Drucke des Wassers gehörig widerstehen können, sondern auch so dicht sein, dass die feinen Wasseradern nicht durchdringen können, weil diese das Ausschöpfen zur Trockenlegung ungemein erschweren und auch den Fungdämmen selbst gefährlich werden können.

Zuerst soll hier von den *gewöhnlichen Fangdämmen* die Rede sein. Bei diesen kommt zunächst die *Höhe* in Betracht, weil von dieser ihre Stärke und ihre Constructionsart abhängt. Die Höhe eines Fangdammes wird immer von der grössten Höhe des Wasserstandes, den man während der Zeit, in welcher die Fundirung vorgenommen werden soll, erwarten darf, abhängen, indem, wenn nicht andere Rücksichten es gebieten, die Fangdämme einen Fuss höher als dieses höchste Wasser, gegen welchen man den Bau schützen will, gemacht werden. Die Wasserstandstabellen werden hierüber, wenn sie ordentlich während einer längeren Reihe von Jahren geführt wurden, die beste Auskunft geben. Immer soll man für Fundirungen mittels Fangdämmen diejenige Jahreszeit wählen, in welcher die Anschwellungen nicht nur selten, sondern auch nicht bedeutend hoch und auch nicht lange anhaltend sind; gewöhnlich ist dieses der Sommer. Ist es aber nicht möglich, den Theil des Baues, für dessen Fundirung man den Fangdamm benöthigt, in einem Sommer zu beenden, so wird man den Fangdamm bis über das höchste Winterhochwasser aufführen müssen. In vielen Fällen werden aber hiedurch, wenn der Unterschied dieser Wasserstände ein grosser ist, die Kosten des Fangdammes sehr gesteigert, weil dieser nicht nur höher, sondern im Verhältniss auch stärker gemacht werden muss. Demnach lässt man zuweilen die Hochwässer des Winters oder sonstige ausserordentliche Hochwässer, bis zu deren Höhe man die Fangdämme nicht errichtet, in die Baugrube treten, unterbricht die Arbeit und schöpft, nachdem dieselben abgelaufen sind, die Baugrube wieder aus. Natürlich müssen hiebei die Kosten der Vor- und Nachtheile in Zahlen ausgedrückt und verglichen werden, bevor man sich für den einen oder den andern Fall entscheidet. An Meeresküsten, wo der Unterschied zwischen Ebbe und Fluth sehr bedeutend ist, dient häufig der Fangdamm nur dazu, das Eindringen des niederen Wassers zu verhindern; die Bauzeit beschränkt sich auf wenige Stunden täglich, denn sobald das Wasser merklich steigt, fällt es wieder in die Baugrube. Der grösste Theil der Hafenbauten in England kam in dieser Art zur Ausführung. Durch die regelmässige Wiederkehr des niederen Wasserstandes werden die Kosten für die Anlage des Fangdammes und für das Wasserschöpfen sehr ermässigt und die Fundirung erleichtert.

Von der Höhe des Fangdammes hängt, wie gesagt, nicht nur seine Stärke, sondern auch seine Construction ab. Bei einer geringen Höhe von 2 bis 4 Fuss genügt es, einen einfachen Erddamm aufzuschütten, oder man benützt eine Spundwand, welche durch einen Thonschlag gedichtet ist, oder man lehnt eine Anschüttung gegen eine schräge Wand. Fig. 484 a und b, Taf. XXV, zeigen eine solche, welche selbst einen eintretenden Wasserstand von 9 Fuss abzuhalten im Stande ist. Hiezu werden in Abständen von 7 Fuss schräge Böcke aufgestellt und darüber zwei Reihen Balken gelegt, welche die Holzwand tragen. Diese kann eine Bretter- oder Bohlenwand sein, die entweder dicht hergestellt oder nach der Art der Stülpwände aufgebracht werden kann, oder sie kann auch aus einzelnen Stangen bestehen, auf welche man, um deren Fugen zu decken, eine starke Lage Strauch oder Stroh legt, worauf erst die wasserdichte Erdschichte ruht.

Am häufigsten werden die sogenannten *Kastenfangdämme* hergestellt, das sind solche, welche aus zwei meist vertikalen Holzwänden bestehen, deren Zwischenraum mit einer passenden Erdart ausgefüllt ist. Zur Herstellung eines wasserdichten Schlusses müssen die Fangdämme die nöthige *Breite* (worunter man die Dicke des Erdkörpers versteht) haben, welche sich immer nach der Höhe richtet. Um bei einer beschränkten Ausdehnung der Baugrube die Fangdämme zugleich als Weg zur Beischaffung von Mate-

rialien und Geräthschaften benützen zu können, macht man bis zu einer Höhe von 10 Fuss die Breite derselben immer der Höhe gleich. Bei Höhen über 10 Fuss macht man die Breite entweder gleich der halben Höhe mehr 4 Fuss, oder gleich 10 Fuss mehr ein Drittel der Ueberhöhung.

Die Fig. 484 bis 491, Taf. XXV, stellen je nach der Wassertiefe verschiedene Constructionen von Fangdämmen dar; daselbst stellt die linke Seite die dem Wasser und die rechte die der Baugrube zugekehrte Seite dar; erstere nennt man die Vorderseite, letztere die Hinterseite. Die Construction ist im Allgemeinen folgende: Die Pfähle a, Fig. 485 a und b, werden in zwei Reihen, deren Entfernung von einander sich nach der Dicke der Fangdämme richtet, in Abständen von 4 bis 5 Fuss so tief eingerammt, dass sie nicht nur dem auf sie ausgeübten Drucke Widerstand leisten, sondern, wenn es nöthig sein sollte, den Grund falls er lose ist, innerhalb des Fangdamms auszubaggern, sie auch dadurch nicht ihren sicheren Stand verlieren. Die beiden Pfahlreihen werden sodann gewöhnlich mit aufgezapften Holmen e versehen, und um ein Ausdrängen der Wände zu begegnen, werden Querzangen auf die Holme aufgekämmt. In Frankreich ist die in Fig. 486 a und b angegebene Construction üblich; es wird durch dieselbe das Ausweichen eines einzelnen Pfahles sicherer verhindert, als durch den verzapften Holm, und man vermeidet dadurch auch das Verschneiden der Pfähle, um sie später noch benützen zu können. Man nagelt an die äusseren Seiten der Pfähle a Riegel e e an, welche man wieder durch auf die Riegel aufgekämmte Zangen c verbindet. Häufig lässt man auch die Riegel gang weg und verbindet, Fig. 487 a und b, nur die gegenüberstehenden Pfähle a a durch doppelte, mit Schraubenbolzen zusammengezogene Zangen c c.

An jede Pfahlreihe werden innerhalb dichte Bohlenwände gelegt, welche auf verschiedene Weise gebildet werden können. Ist die Wassertiefe eine geringere, so schiebt man die Bohlen horizontal an den Pfählen herab; beträgt die Tiefe jedoch mehrere Fuss, so verbindet man, Fig. 487 a und b, die einzelnen Bohlen b durch Leisten b′ zu Tafeln, welche die ganze Höhe des Fangdammes haben, und stosst diese entweder fest auf den Grund herab, oder baggert unmittelbar an der inneren Seite der Pfähle eine Rinne aus, in welche man, um einen besseren Schluss zu bewirken, die Tafeln hineinstellt. Diese Tafeln sind so lang, dass ihre lothrechten Enden auf die Mitten von Pfählen treffen. Sie werden auch mit Handrammen auf den Grund gestossen. Um den Stoss zweier Tafeln besser zu dichten und um zugleich ein Aufheben und Umschlingen derselben zu verhindern, rammt man an der inneren Seite über den Stoss noch eine Bohle vor, wodurch die Tafeln an ihrem Ende sicher gehalten werden. Ist die Wassertiefe eine grössere, so kann man von den Stülpwänden vortheilhaft Gebrauch machen. Bei diesen, an der linken Seite der Fig. 485 a und b, schliesst sich jede einzelne Bohle an alle Unebenheiten des Grundes sicher an, und lässt sich im weichen Boden auch leicht eintreiben. Die erste Bohlenreihe erhält durch die zweite, welche die Fugen deckt, eine Verstärkung. Bei niederen Fangdämmen ist kein Ausbauchen der Bohlen zu befürchten, wohl aber bei höheren, bei welchen man den Bohlen zwischen dem Holme und dem Boden eine Unterstützung verschaffen muss. Diese kann durch einen bei dem kleinsten Wasser gegen die Pfähle genagelten Riegel bewirkt werden, oder man kann einen solchen Riegel mittels aufgenagelter Latten bis zu jeder Tiefe herabschieben und im Wasser erhalten. Beträgt aber die Wassertiefe gegen 12 Fuss oder darüber, so muss man, besonders an der inneren Seite, welche nicht nur den Druck der eingeschütteten und festgestampften Erde, sondern auch den des äusseren Wassers auszuhalten hat, schon eine Spundwand wählen. Bei einer solchen vermeidet man viel sicherer die Fugen; sie besitzt auch viel mehr Festigkeit und Steifigkeit als die vorerwähnten Stülpwände, und weil die Spundwand immer auf eine gewisse Tiefe in den Boden eindringen muss, so komprimirt sie etwas den Grund und sperrt die Wasseradern ab, was besonders bei kiesigem Grunde von Wichtigkeit ist. Der Fangdamm Fig. 485 a und b hat an der Hinterseite eine Spundwand d zwischen Leit- oder Nuthpfählen, die stehen bleibt und später, nachdem der Fangdamm seine Dienste gethan, das Fundament umgibt. In Fig. 486 a und b hat die Spundwand unmittelbar unter kleinsten Wassers eine Unterstützung durch Zwingen oder Gurthölzer, was bei grösseren Fangdämmen unumgänglich nothwendig ist. Die Spundwand an der Vorderseite des Fangdammes wird wie folgt hergestellt: Man verbindet die oberen und unteren Zwingen d an ihren 9 bis 12 Fuss von einander abstehenden Enden m durch Schraubenbolzen mit den an diese Stelle treffenden Spundpfählen zu einem Rahmen, der an die Pfahlreihe angelegt wird, und stellt zwischen die Zwingen und die äusseren Spundpfähle dieses Rahmens die schon vorher eingepassten Zwischen-Spundpfähle ein, welche von den Enden gegen die Mitte zu eingerammt werden. An diesen ersten Theil fügt man einen zweiten solchen an und fährt damit bis

ans Ende fort. Durch ein ähnliches Verfahren stellt man die Hinterseite des Fangdammes her, die hier Fig. 486 als doppelte Spundwand angedeutet ist, was bei grösseren Fangdämmen, da die Hinterseite derselben einem grösseren Druck widerstehen muss, zuweilen gerechtfertigt erscheint.

Hat der Fangdamm eine grosse Höhe, so trennt man ihn seiner Breite oder Dicke nach gewöhnlich in zwei, auch wohl in drei Theile. Dadurch ist man in der Lage, den unteren Theil, welcher wegen des verstärkten Wasserdruckes viel eher einem Durchquellen ausgesetzt ist, als der obere Theil, stärker zu machen als den letzteren, indem für den oberen Theil die halbe Stärke des unteren schon genügt, und sonach der eine Kasten nur etwa halb so hoch zu sein braucht. Man erspart hiedurch auch bedeutend an Material. Will man aber dem einen Theil diese geringere Höhe geben, so muss man den Wasserspiegel schon gesenkt haben, und demnach muss der niedere Theil des Fangdammes an der inneren Seite der Baugrube sich befinden. Man kann diesen auch ganz bequem zum Aufstellen von Materialien und zur Erleichterung der Communication benutzen. Fig. 488 a und b, Taf. XXV, zeigen einen solchen der Breite und Höhe nach aus zwei Abtheilungen bestehenden Fangdamm von 16 Fuss Höhe. Von diesem wird zuerst die vordere Abtheilung a a′ hergestellt und wenn der Wasserspiegel der Baugrube durch in Thätigkeit gesetzte Schöpfmaschinen bis w, d. i. bis etwas unter die Höhe der nächstfolgenden Abtheilung des Dammes, gesunken ist, so wird die zweite Abtheilung a′ a″ hergestellt, die zur Verstärkung gegen den Druck von aussen dient, der mit der weiteren Entleerung der Baugrube wächst und am Boden dem der Wassersäule u z entspricht. Die Aussenwand b dieses Fangdammes besteht wegen der grossen Höhe aus einer doppelten Spundwand; die mittlere Wand b′, als jene, welche am wenigsten in Anspruch genommen, ist nach Art der Stülpwände, endlich die Hinterwand d als Spundwand hergestellt, welch' letztere später als Einschliessung für das Fundament dienen soll. i sind Streben, welche den höheren Theil des Fangdammes stützen, sie sind in die Zangen c′ und in den Pfählen a′ versatzt.

Noch grössere Fangdämme erhalten keine Spundwände mehr, weil diese einem zu grossen Druck nicht widerstehen würden, sondern Pfahlwände. Bei solchen sind die vorstehenden verholmten Pfahlreihen überflüssig und die Pfähle der Pfahlwände werden gewöhnlich ohne Spundung eingerammt; in einzelnen Fällen jedoch versah man sie mit der Keilspundung.

Fig. 489 a und b, Taf. XXV, zeigen die Konstruktion des Fangdammes, der bei den Docksbauten zu Great-Grimsby angewendet wurde. Derselbe hatte bei der Fluthzeit, einem Wasserstande von 24 Fuss Höhe, wie auch dem Wellenschlage einer stürmischen See, Widerstand zu leisten und hatte eine Länge von etwa 1600 englischen Fuss. Dieser Fangdamm wurde in einer flachen Curve gebaut und da er nur an seinen Enden natürliche Stützpunkte fand, so wurden ihm in Entfernungen von je 25 Fuss künstliche Stützen durch Strebepfeiler d d, welche normal auf die Curve gestellt wurden, gegeben. Diese bestunden aus hinter einander eingerammten Pfählen, welche durch Schwellen oder Gurthölzer und Schrauben gehörig mit einander verbunden waren. Zwischen je zwei solchen Strebepfeilern wurden in jeder Höhe der Gurthölzer horizontale Sprengwerke n o n errichtet, welche zur Stütze des dazwischen liegenden Theiles des Fangdamms dienten. Die drei Pfahlwände des Fangdammes wurden durch starke Schraubenbolzen s s, und die Pfähle der mittleren Wand b waren nicht durch hölzerne Schwellen, sondern durch eiserne Bänder r verbunden, und zwar letzteres aus dem Grunde, um den Anschluss des Füllmaterials an diese Wand dichter zu machen, als er neben Holzschwellen geworden wäre, welche die Bildung hohler Räume und somit das Durchsickern des Wassers begünstigen. Die Entfernung der drei Pfahlwände betrug 6 Fuss und 6 Fuss 6 Zoll. Alle Pfähle und Schwellen des Fangdammes waren 13 Zoll im Quadrate stark; die Bolzen hatten eine Stärke unten von 2 ½, oben von 1 ½ Zoll. Um ein allenfallsiges Nachgeben des Fangdammes beobachten zu können, rammte man hinter jeden Strebepfeiler starke Pfähle t ein, und befestigte an ihrem oberen Ende eine horizontale Stange mit einer Eintheilung, deren Nullpunkt gegenüber einem an der Strebe d befindlichen Zeigers angebracht war.

Fig. 490, Taf. XXV, zeigt die Skizze eines aus drei Abtheilungen bestehenden Fangdammes zur Fundirung eines Brückenpfeilers für eine noch grössere Wassertiefe. Das Fundament ruht hier auf einer festen Schicht, welche 40 Fuss unter dem Hochwasserspiegel liegt. Die lichte Entfernung der vier Pfahlwände unter sich beträgt 6 Fuss. Die Stärke der Pfähle ist durchschnittlich 12 Zoll. Die eisernen Bolzen, welche die Wände verbinden, sind 1 ¼ Zoll stark, und haben Köpfe von 3 Zoll im Gevierten und 1 Zoll Dicke; die Muttern auf der andern Seite, welche diese Bolzen anziehen, haben dieselben Dimensionen. Beide Seiten der Fangdämme müssen sowohl

gegen einander, als auch gegen den fertigen Theil des Brückenpfeilers gestützt werden.

Die Fig. 491 a und b, Taf. XXVI, zeigen eine perspectivische Ansicht und das Profil des schwimmenden Fangdammes, der bei dem Bau der Victoriabrücke über den St. Lorenzostrom angewendet wurde.

Ungefähr eine Meile oberhalb des Lachynekanals bildet der St. Lorenzostrom einen kleinen See von 8660 Fuss Breite; dadurch wird der Strom dort an vielen Stellen so seicht, dass er nur von Fahrzeugen von höchstens 2½ Fuss Tiefgang befahren werden kann. Man beschloss hier trotz der ungeheuren Breite die Eisenbahnbrücke zu errichten. — Das Flussbett besteht hier aus festen Felsen, der aber meistens 8 bis 9 Fuss hoch mit Gerölle und Sand überdeckt ist. — Die grössten Schwierigkeiten beim Bau der Brücke entstanden durch die zweimal im Jahre eintretenden Eisgänge. Zur Fundirung der Pfeiler bediente man sich daselbst besonders construirter, schwimmender Fangdämme, die im Winter erbaut, im Frühjahr an die abgesteckten Plätze geführt, mit Wasser gefüllt, und so auf das Flussbett gesetzt wurden. Da man während des Winters wegen der heftigen Eisgänge kein provisorisches Gerüst im Flusse lassen konnte, so wurden die Fangdämme bei Anfang des Winters ausgepumpt, dadurch gehoben und nachdem die Rückwand weggenommen war, an einem dazu passenden Orte in Sicherheit gebracht. Ein solcher Fangdamm bestand, wie die Figur zeigt, aus zusammengesetzten Balken, die einen grossen Kasten bildeten, von eigenthümlicher Form und hinlänglich grossen Dimensionen, den Pfeiler zu umfassen und die Bauhütten wie die vielen Geräthe zu tragen. Diese Fangdämme waren 188 Fuss lang und 90 Fuss breit. Der vordere Theil oder Bug war keilförmig gebaut, um sich gegen den Fluss zu stämmen, der hintere Theil oder Stern war, wie schon bemerkt, zum Abnehmen eingerichtet. Die Seiten eines solchen Dammes waren bei 20 Fuss dick und 12 bis 16 Fuss hoch. Am stärksten waren die Seiten in der Nähe des Buges, da sowohl dort eine grössere Festigkeit verlangt wurde, als auch, weil hier die Bauhütten standen. Da das Flussbett aus Felsen bestand, in die keine Pfähle eingetrieben werden konnten, so wurden aussen, rings um den Fangdamm herum, im Abstande von 20 Fuss, Löcher in das Flussbett gebohrt und Pfähle hineingetrieben, die dem Ganzen eine hinlängliche Festigkeit gaben. Der wasserdichte Abschluss der Baugrube wurde, wie aus der Figur 491 b, Taf. XXVI, zu ersehen ist, von innen bewirkt.

Ist die Tiefe eine zu grosse oder der Boden felsig, so können die Pfähle nicht eingerammt und der Fangdamm mit dem Grunde nicht in gehörige Verbindung gebracht werden. Der Fangdamm des Kriegshafens von Cherbourg, der die Mündung desselben gegen die See schloss, liefert ein solches Beispiel. Man wendete hier wegen des felsigen Bodens einen grossen gezimmerten Kasten als Fangdamm an, dessen Länge mit der Breite der Mündung übereinstimmte und 142 Fuss betrug. Derselbe war am Boden 84 Fuss und oben 44 Fuss breit; seine Höhe war 45 Fuss. Dieser Kasten bestand eigentlich nur aus einer vorderen und rückwärtigen, nach den Sonden zugeschnittenen Wand; Boden und Stirnseiten fehlten ihm, damit die eingeschüttete Erde alle Unebenheiten des Bodens ausfüllen, und sich bestmöglichst mit dem Grunde und mit den Dossirungen der Hafendämme, woran er sich stützte, verbinden konnte. In andern Fällen, wo Fangdämme auf Felsboden erbaut sind, hat man sie gegen das Verschieben durch den Wasserdruck dadurch gesichert, dass man Bohrlöcher in den Grund getrieben und eiserne Dübel oder Anker in diese eingelassen hat, woran die Fangdämme eine Stütze fanden.

Stösst ein Fangdamm gegen ein höheres Ufer, so muss er in dasselbe noch eine kurze Strecke hineingeführt werden, damit zwischen beiden nicht das Wasser durchdringen kann. Bei dem Anschlusse des Fangdammes an Felsen, sowie gegen Mauern und überhaupt gegen fremdartige Körper, welche sich mit der Erde nicht gut verbinden, entsteht leicht eine Veranlassung zum Durchquellen des Wassers. Die Verbreiterung des Fangdammes an solchen Stellen, weil dadurch die Berührung auf eine grössere Fläche sich ausdehnt, ist in solchen Fällen ein gutes Mittel. Die Berührungsfläche muss möglichst uneben gemacht werden, auch verwendet man an der Berührungsstelle solche Materialien, die einen guten Schluss bewirken, namentlich Mist. Scharfe Ecken müssen vermieden werden; man pflegt diese zu brechen, um statt ihrer zwei stumpfe Winkel herzustellen.

Zum Füllen der Fangdämme eignet sich am besten eine feine, gleichmässige Erdart, welche gut bindet, ohne sich beim Einschütten sogleich in einen weichen Brei zu verwandeln, oder innere Höhlungen in sich entstehen zu lassen. Eine Hauptsache ist, dass keine Wurzeln, Holzstücke, oder andere fremdartige Körper in der Erde sich befinden, denn neben diesen findet das Wasser immer einen leichten Durchgang. Einen recht zähen Thon hält man gewöhnlich für das beste Material zur Füllung der Fangdämme, wenn derselbe in dünnen Schichten eingebracht und

gestampft werden kann. Ist dieses aber wegen der grösseren Wassertiefe nicht möglich, so hat der Lehm den Nachtheil, dass sich leicht Höhlungen bilden, die man nicht beseitigen kann. Auch sind Fälle, wie z. B. bei dem Baue des Slip- und Trockendocks zu Triest, vorgekommen, dass sich der Lehm, vielleicht durch irgend einen chemischen Process, so sehr aufbläht, dass die Wände des Fangdammes, selbst wenn eiserne Bolzen sie zusammenhalten, stark ausgebaucht werden und brechen. Gegen diesen Uebelstand versuchte man mit gutem Erfolg, den Lehm mit höchstens 2 bis 2½ Zoll im Durchmesser haltenden rauhen Steinen innig zu mengen. Man nahm 1 Theil Steine und 2 oder 3 Theile Lehm. In dem Verhältniss als man Steine zugibt, nimmt auch die Volumsveränderung der ganzen Masse ab. Gewöhnliche Ackererde ist sehr brauchbar. Reiner Sand mit etwas Thon vermischt gibt auch ein gutes Füllmaterial.

Mehrfach hat man versucht, durch besondere Beimischungen, die sich vorfindende natürliche Erde zur Füllung der Fangdämme geeigneter zu machen. Einer sandigen Erde setzte man bei den Bauten am Kanale St. Martin $^1/_{25}$ bis $^1/_{20}$ ihres Volumens an Kalk zu. Als eine sehr brauchbare Mischung empfiehlt Hughes eine gut gemengte Mischung von 3 Theilen reinen Thon, 2 Theilen Kreide und 1 Theil Kies, wobei die letzten Bestandtheile so klein geschlagen werden müssen, dass kein Stein grösser als ein Hühnerei sei.

Geschieht die Fundirung mittels einer Bétonlage oder war man genöthigt, einen Grundfangdamm aus Béton herzustellen, so eignet sich am besten eine Bétonmasse zur Füllung der Fangdämme. Wegen der grossen Kosten wird man aber in den meisten Fällen hievon nur dann Gebrauch machen können, wenn diese Dämme gleichzeitig als Theile des Mauerwerks benutzt werden.

Bilden sich in einem Fangdamme Wasseradern, die die Baugrube anzufüllen drohen, so muss diesen entgegengewirkt werden. Eine Wasserader oder ein Leck kann nur von der äusseren Seite oder von der Mitte des Dammes aus gedichtet werden, weil ein Stopfen von der innern Seite durch das Wasser herausgedrängt werden würde. Vor die Aussenseite bringt man zu diesem Zwecke Mist, der mit viel Stroh gemengt ist, oder wasserdichte Leinwand, oder man schüttet an der Aussenseite vor die Stelle, wo man Wasseradern vermuthet, feinen Sand, dessen Körner durch die Seitenbewegung des Wassers in die Adern geführt werden und diese dichten. Gewöhnlich bemüht man sich, die entstandenen Adern im Innern des Dammes selbst zu beseitigen. Mittels einer Handramme stösst man die schadhafte Stelle recht fest, und wenn auch dieses nichts nutzt, so gräbt man die Schüttung so tief auf, als es der Wasserstand gestattet, wendet sodann die Ramme wieder an, oder baggert die Schüttung ganz aus und füllt die Stelle neu an, welches ein abermaliges Ausschöpfen der Baugrube zur Folge hat. Einige in der Mitte des Fangdammes nach der Längenrichtung desselben eingerammte Bohlen oder Spundpfähle leisten in vielen Fällen auch gute Dienste.

Die Grundfangdämme, deren Zweck ist, das Durchströmen des Wassers in der Sohle der Baugrube zu verhindern, finden ihre Anwendung in leicht durchdringlichem Kies- wie auch in Sandboden und bestehen entweder einfach aus einer Lage von möglichst gestampftem Thonboden oder Letten, oder auch aus einer Bétonbettung, von deren Ausführung später die Rede sein wird.

§. 36.

Die Länge und Breite der Baugrube muss jedenfalls grösser als die des eigentlichen Fundamentes sein, um einen nothwendigen Arbeitsraum zu haben. Die Dimensionen der Baugrube hängen demnach von jenen der Fundamente ab, so wie auch von dem nach Massgabe der gewählten Fundirung erforderlichen freien Arbeitsraume, der sich in der Sohle der Baugrube rings um den Rost herumzieht, und den man bei grösseren Fundirungen auf mindestens 5 Fuss rechnet. Eine zu grosse Verbreiterung dieses Arbeitsraumes gibt zu einem grossen Wasserzudrang Veranlassung, wodurch sich die Kosten des Schöpfens sehr vermehren. Um dieses zu vermeiden, theilt man die Baugrube in mehrere Abtheilungen, welche auf einanderfolgend ausgeführt werden, wo man jedesmal nur eine geringe Wassermenge zu überwältigen hat. Die verschiedenen Theile des Fundaments müssen aber, besonders wenn Wasserdichtigkeit verlangt wird, mittels eines sorgfältigsten Verbandes miteinander vereinigt werden.

Die Tiefe der Aushebung einer Baugrube reicht gewöhnlich bis zur Fundamentssohle. Bei Pfahlrosten jedoch wird zuweilen der Boden auch unter dem Roste ausgehoben, theils, um die Pfähle mit den nothwendigen Zapfen versehen zu können, theils aber auch, um den Raum zwischen den Pfählen mit Mauerwerk oder Béton auszufüllen, was die Standfestigkeit der Pfähle vermehrt und das Fundament gegen Unterspülung sichert. Ueber die den Seitenwänden der

Baugrube zu gebende Böschung ist zu bemerken, dass der Töpferthon, der mit Sand gemengte Thonboden, fast vertikal stehen bleiben, hingegen dem feinen Sande ¾ und auch die ganze Höhe zur Anlage gegeben werden muss. Ist aber der Thon- oder Lehmhoden der Durchnässung während des Baues ausgesetzt, so kann es nöthig werden, denselben durch eine schwache Mauer zu stützen, damit er nicht breiartig in die Baugrube fliesst. Bei tieferen Baugruben bringt man in vertikalen Abständen von etwa 6 Fuss Bermen von 4 bis 6 Fuss Breite an, welche den Böschungen grössere Sicherheit verleihen und zur Niederlage leichterer Materialien und Geräthschaften dienen können.

Trockenlegung der Baugrube.

§. 37.

In wasserreichem Terrain wird bei dem Ausheben einer Baugrube das in dem umliegenden Erdreich befindliche Wasser, ähnlich wie bei einem Brunnen dem Gesetze der Schwere folgend, nach dem vertieften Raume durchsickern. Um nun nach der gewöhnlichen Art fundiren zu können, muss dasselbe ausgeschöpft werden. Das Ausschöpfen tiefer Baugruben ist aber oft mit so grossen Schwierigkeiten verbunden, dass es wohl überlegt werden muss, ob man dasselbe wirklich vornehmen oder nicht lieber eine andere Fundirungsart wählen soll, bei welcher das Wasserschöpfen entbehrlich wird. Ein an sich guter Baugrund kann durch kräftiges Wasserschöpfen geradezu unbrauchbar gemacht werden, indem die dadurch hervorgerufenen Quellen denselben von unten her auflockern. Eine einmalige Ausschöpfung der Baugrube wird nie genügen, sondern das Schöpfen muss in dem Masse fortgesetzt werden, dass der Andrang des Wassers paralysirt werde. Es wird aber eine gewisse Grenze geben, bei welcher der Wasserspiegel sich nicht mehr senken lässt, weil ebensoviel Wasser zudringt als ausgeschöpft werden kann, und lässt man mit dem Schöpfen nach, so wird das Wasser sogleich wieder steigen. In diesem Falle kann die Grenze der Senkung, oder die Tiefe, bis zu welcher die Maschinen das Wasser senken können, unter der Sohle der Baugrube liegen; hier kann das Pumpen periodisch ausgesetzt werden, weil eine gewisse Zeit vergeht, bis sich die Baugrube wieder so weit anfüllt, dass es den Arbeiten hinderlich wird. Liegt aber die Grenze, bis zu welcher man im Stande ist, den Wasserspiegel zu senken, in derjenigen Höhe, welche erreicht werden muss, um die Fundirung vornehmen zu können, so dürfen die Maschinen nie zum Stillstande kommen. Dauern die Arbeiten in solchen Fällen nur während des Tages, so muss das Wasserausschöpfen immer einige Stunden vor der Arbeitszeit beginnen, oder was bei grösseren Bauten vortheilhafter ist, müssen die Maschinen Tag und Nacht ununterbrochen arbeiten.

Da der Wasserzudrang von der Höhe des Wassers in dem zunächst liegenden Flusse oder sonstigen Wasserbecken abhängt, so wird man zu einem solchen Bau jene Zeit abwarten müssen, in welcher der Wasserstand derselben am kleinsten ist. So weit es angeht und es mit den Kosten im Verhältnisse steht, muss man bemüht sein, den Wasserzudrang möglichst zu schwächen, welches durch Stopfen der Quellen und namentlich durch solid und sorgfältig ausgeführte Fangdämme geschieht. Da der Effect einer Schöpfmaschine das Product aus der Wassermenge, welche in einer bestimmten Zeit, z. B. einer Minute, gehoben wird, in die Hubhöhe ist, und demnach dieselbe Maschine oder dieselbe Zahl von Arbeitern noch einmal so viel Wasser fördern werden, wenn die Hubhöhe auf die Hälfte zurückgeführt wird, so kann durch Verminderung der Hubhöhe der Wasserabfluss erleichtert und die Trockenlegung der Baugrube befördert werden. Dies geschieht gewöhnlich dadurch, dass man in die Fangdämme Einschnitte macht und Rinnen hineinlegt, durch welche das gehobene Wasser abfliesst; bei eintretenden höheren Wasserständen wird die Rinne herausgehoben, die Oeffnung im Fangdamme wird mit einem Brettstück verlegt und mit Thon eingestampft. Auch kann man sich in solchen Fällen eines Hebers bedienen. Endlich lässt sich zuweilen der Wasserspiegel im Abzugsgraben durch eine angemessene Leitung desselben senken, und dadurch wieder die Hubhöhe der Schöpfmaschinen vermindern. Auch könnte manchmal Gelegenheit vorhanden sein, den Abzugsgraben so zu führen (z. B. nach einer tieferliegenden Schleuse), dass das Wasser ohne Schöpfen abgeleitet werde. In der Baugrube wird immer ein sogenannter Sumpf, d. i. eine vertiefte Stelle angelegt, in welcher sich das Wasser sammelt und die erdigen Theile sich ablagern, von wo aus die Maschinen das Schöpfen bewirken, oder in welche man den Heber einstellt.

So wünschenswerth es wäre, einen Anhalt zur Bestimmung des voraussichtlichen Wasserzudranges zu haben, um darnach die Wasserschöpfvorrichtungen im Voraus einzurichten, so hat hierauf die Beschaffenheit des Bodens einen so grossen und so wenig zu übersehenden Einfluss, dass sich hierüber

keine bestimmten Angaben anführen lassen. Man thut daher gut, immer solche Vorkehrungen zu treffen, dass die Schöpfvorrichtungen mehr zu leisten im Stande sind, als man anzunehmen geneigt ist, dass zu leisten sei. Werden zum Wasserschöpfen nur Menschenkräfte verwendet, so lässt sich durch Vermehrung derselben einem grösseren Wasserzudrange als man erwartete, leicht begegnen, wenn nur die nothwendigen Utensilien bei der Hand sind; werden dagegen Wasserhebemaschinen angewendet, welche durch mechanische Kräfte, z. B. durch Wasser oder Dampf etc. betrieben werden, so ist die Vermehrung derselben, oder die der Betriebskraft ausserordentlich zeitraubend, wesshalb jedenfalls vor Beginn der Arbeit Massregeln für einen Mehrbedarf getroffen sein müssen.

Bei kleineren Bauten, welche nur eine geringe Zeitdauer in Anspruch nehmen, und bei denen sich grössere Kosten mechanischer Vorrichtungen nicht auszahlen, verwendet man zur Wasserbewältigung die Menschenkraft, zuweilen auch die Pferdekraft. Ist zufällig ein Wasserrad vorhanden, oder hat man, wie bei einem Wehr- oder Schleusenbau, ein hinlängliches Gefälle zur Disposition, so kann man zu gleichem Zwecke die Wasserkraft benützen. Bei grossen Bauten ist aber die Dampfkraft am gewöhnlichsten, da sie sich überall erzeugen und durch entsprechende Spannung der Dämpfe, sowie durch Einrichtung der Expansion in ihrer Wirkung nach Bedarf steigern lässt. Zu grösseren Wasserschöpfarbeiten werden gewöhnlich Dampfmaschinen von vier bis zehn Pferdekräften aufgestellt.

Die Vorrichtungen zum Wasserschöpfen sind folgende:

Handeimer. Das Ausschöpfen mit diesen erfordert keine besonderen Einrichtungen; wenn jedoch der Effect ein günstiger sein soll, so dürfen die Arbeiter nicht über, sondern müssen in dem auszuschöpfenden Wasser bis etwa zu den Knieen stehen. Ist die Hubhöhe 3 bis höchstens 4 Fuss, so genügt es, die Arbeiter in eine Reihe aufzustellen, während bei einer Hubhöhe von 5 bis 8 Fuss zwei solche Reihen erforderlich sind, wobei die untere Reihe schöpft und zureicht, die zweite Reihe in halber Höhe steht, den hingestellten Eimer aufhebt und oben ausgiesst. Feuereimer eignen sich hiezu am besten; vortheilhaft ist es, wenn die Eimer leicht sind. Bei einer Reihe kann ein Mann in einer Minute 15 Eimer à $^1/_3$ Kubikfuss fördern, stehen aber die Arbeiter in zwei Reihen, so ist ein Mann nur 4 Kubikfuss Wasser per Minute zu fördern im Stande. Die Arbeitszeit eines Mannes kann aber nur zu 6 Stunden angenommen werden.

Wurfschaufeln. Diese finden bei kleineren Baugruben öfters Anwendung und sind ganz vortheilhaft, sobald die Förderungshöhe nur 3, höchstens 4 Fuss beträgt. Ein Arbeiter kann in einer Minute auf diese Höhe 6 bis 7 Kubikfuss Wasser überwerfen.

Schwungschaufeln. Fig. 499 a und b, Taf. XXVII. An das aus drei Stangen zusammengesetzte Gestell wird die Schwungschaufel mittels eines Seiles so befestigt, dass sie in ihrem tiefsten Stande, wenn ihr Stiel horizontal liegt, nur wenig vom Wasserspiegel entfernt ist. Ein auf einer Rüstung stehender Arbeiter, stösst nun, die Schwungschaufel am Stiele haltend, diese fast vertikal in das Wasser und zwei andere auf dem Fangdamme stehende ziehen sie mittels zweier daran befestigten Schnüre, bis sie in die in der Figur ersichtlichen Lage kömmt und das Wasser ausgiesst. Die Hubhöhe beträgt 3 bis 4 Fuss. In einer Minute können drei geübte Arbeiter 28 Hube á $^3/_4$ Kubikfuss machen, weil die Schaufel, welche beinahe das Doppelte fasst, nicht alles Wasser über den Fangdamm wirft.

Kettenpumpe, Scheibenkunst oder *Paternosterwerk.* Fig. 500 a, b, c und d, Taf. XXVII. Durch ein 4, 5 auch 6 Zoll gebohrtes Bohrloch eines Balkens der sogenannten Steigröhre, wird eine Kette gezogen, welche an der äusseren Seite wieder hinabgeht und so ununterbrochen fort durch die Steigröhre bewegt werden kann. An der Kette befinden sich einzelne Scheiben oder Kolben, welche das Wasser bei der Bewegung der Kette aufwärts drücken. Eine solche Scheibe besteht aus einem hölzernen Kolben mit einer darüber gelegten Lederscheibe, welche mittels einer eisernen ringförmigen Platte festgehalten wird und einer durch den Kolben gehenden Spindel, die beiderseits mit der Kette verbunden wird. Diese Scheiben dürfen jedoch die Steigröhre nicht dicht schliessen, weil sonst die zu überwindende Reibung zu gross wäre, und man macht desshalb die Durchmesser der Lederscheiben etwa $^1/_8$ Zoll kleiner als den Durchmesser der Steigröhre. Die Kette liegt oben und unten in Gabeln, welche in einer Welle stecken, wovon die obere mittels einer Kurbel in Bewegung gesetzt wird. Damit kein Wasserverlust entsteht, muss die Geschwindigkeit der Bewegung bei 4 Fuss in der Sekunde betragen. Die Uebelstände dieser Schöpfmaschine sind: dass man die Höhe derselben nicht willkürlich ändern kann, dass sie eine grosse Betriebskraft erfordern und viele Reparaturen veranlassen.

Schaufelwerke. In einem Förderkasten, d. i. in einer aus Bohlen in Rechtecksform zusammengeschlagenen, wasserdichten Röhre, ist eine Kette ohne Ende mit rectangulären Holzschaufeln versehen, welche 1 bis 1½ Zoll Dicke, 12 bis 16 Zoll Länge und 6 bis 8 Zoll Höhe haben; diese sind rechtwinkelig auf den Kettengliedern und zwar mitten zwischen den Gelenken derselben befestigt. Die Länge der Kettenglieder und folglich auch der Abstand zweier Schaufeln von einander ist ebenfalls 6 bis 8 Zoll. Zwischen der Röhre und den Schaufeln ist ein Spielraum von ¼ bis ½ Zoll. Die Länge der Röhre ist 15 bis 30 Fuss und ihre Neigung gegen den Horizont 10 bis 30 Grad. Die Kette mit den Schaufeln läuft über Trommeln, wovon die obere mittels Kurbeln durch Menschenhände gedreht wird. Auch kann die Bewegung durch Pferde an einem Göpel erzielt werden. Die Geschwindigkeit der Kette muss in der Sekunde 3 bis 4 Fuss betragen. Schaufelwerke findet man öfter in Holland, wo sie durch Wasserräder und auch durch Windräder in Bewegung gesetzt werden.

Kastenwerke, Eimerketten oder *Norien.* Sie bestehen aus einer Reihe an einer Kette ohne Ende befestigten Eimern, welche vertikal aufgehängt mit ihrem unteren Theile in das Wasser tauchen. Durch die Bewegung der Kette füllen sich die Eimer, welche dann beim in die Höhe steigen über eine Trommel gehen und eine veränderte Stellung erhalten, wodurch sie sich von selbst in eine entsprechend angebrachte Rinne ausleeren. Sie empfehlen sich bei grossen Hubhöhen und bei wechselnder Tiefe, da sie leicht verlängert werden können. Die in Fig. 501, Tafel XXVII, ersichtliche Noria hat sich als besonders zweckmässig erwiesen. Dieselbe besteht aus Blecheimern von 1 Fuss Höhe, 6 Zoll Breite und 9 Zoll Länge, welche oben neben dem schrägen Boden eine grössere Seitenöffnung a zum Einschöpfen und Ausgiessen des Wassers, und unten ein kleines, durch ein Klappventil bedecktes Loch b zum Ein- und Abführen der Luft enthalten. Beim Aufsteigen der Gefässe sind die Ventile geschlossen, und wenn die Gefässe über die obere Trommel gelaufen, so öffnen sich die Ventile durch ihr eigenes Gewicht und lassen die zum Abfliessen des Wassers nöthige Luft in diese. Tauchen diese in das Wasser, so strömt die durch das eindringende Wasser verdrängte Luft durch die Ventilöffnungen wieder ab. Um das gehobene Wasser mittels des Troges gut auffangen zu können, ist unterhalb des oberen Rades A ein zweites Rad B angebracht, welches die niedergehende Kette so weit zurückdrängt, dass die Rinne nahe unter das ausgiessende Gefäss gerückt werden kann.

Schöpfräder. Die Eimer befinden sich an der Peripherie eines Rades, und zwar sind sie entweder um eine Achse drehbar oder fest. Fig. 502, Tafel XXVII, stellt ein einfaches Schöpfrad mit drehbaren Eimern dar. Die Eimer, welche an Nägeln hängen, haben an der einen Seite einen Bügel, mit welchem sie während der Bewegung an den Rand des Troges anstreifen und sich leeren. An der Welle in der Mitte dieses Rades ist in der Regel noch ein zweites Wasserrad angebracht, wodurch die Umdrehung des Ganzen bewirkt wird. Fig. 503 a und b, Taf. XXVII, zeigt das sogenannte chinesische Schöpfrad, durch welches das Wasser in Eimern oder Büchsen emporgehoben wird, welche schräg auf den Radkranz befestigt sind. Die Bewegung dieses Rades erfolgt durch die Strömung des Wassers, indem dasselbe auf die hervorragenden Schaufeln schlägt. Durch Fig. 504, Taf. XXVII, ist das sogenannte fränkische Schöpfrad dargestellt. Es ist dieses ein im freien Strome hängendes Streberad, an dessen Kränzen kegelförmige Eimer oder Kübeln so befestigt sind, dass ihre Achsen den Sehnen der von ihnen bedeckten Ringstücke parallel laufen. Auch hat man Schöpfräder, durch welche das Wasser in aus Brettern zusammengesetzten Kasten gehoben wird. Diese Kasten sind in der Regel von allen Seiten umschlossen und haben nur eine Seitenöffnung zum Einschöpfen und Ausgiessen des Wassers.

Schneckenräder, Fig. 505 a und b, Taf. XXVII. Diese nehmen das Wasser durch Oeffnungen am äusserer Radumfange auf und führen dieses der hohlen Welle des Rades zu, welche es ableitet. Spiralförmige Scheidewände vermitteln die Ueberfuhr des Wassers vom äusseren Umfange; die Seiten sind mit ebenen Wänden geschlossen. Das in der Fig. 505 in 1/75 der natürlichen Grösse abgebildete Schneckenrad von Cavé ist ganz aus Eisen hergestellt, und zwar die Welle aus Gusseisen und die nach der Kreisevolvente gekrümmten Spiralgänge, so wie die ebenen Seitenwände aus Eisenblech. Das Rad wird durch eine mit Zahnräder versehene Welle in langsame Umdrehung gesetzt. Die Leistung des Schneckenrades in Vergleich zu andern Maschinen ist sehr bedeutend, allein es nimmt, besonders wenn die Bewegung desselben in einer andern Weise als eben beschrieben erzielt wird, so viel Raum ein und ist so schwer zu versetzen, dass dasselbe durchaus nicht empfohlen werden kann.

Der *Wippentrog* oder die *Wasserwippe.* Der-

selbe besteht aus einer 25 his 30 Fuss langen Rinne von 1 Fuss Höhe und 1 Fuss Breite, deren beide Enden aufwärts gebogen sind. Diese Rinne schwingt sich um eine in ihrer Mitte befindliche horizontale Achse. Indem die Rinne abwechselnd auf einer und der andern Seite in das Wasser gedrückt, d. i. mittels Leinen herabgezogen wird, öffnen sich die im Boden befindlichen Ventile und es tritt das Wasser auf der einen Seite ein, während es auf der andern gegen die Achse strömt, wo es durch eine feste Zwischenwand aufgehalten wird und durch die betreffende Seitenöffnung entweicht. Der Wippentrog nimmt viel Raum ein und erfordert eine grosse Zahl Arbeiter, deren Kräfte unvortheilhaft benutzt werden.

Die *archimedische Wasserschnecke* Fig. 506, Tafel XXVIII. Sie ist leicht aufzustellen und erfordert wenig Raum. Ihre Wirksamkeit wird durch ein tiefes Eindringen nicht beeinträchtigt, wesshalb man sie lange gebrauchen kann, ohne ihre Lage zu verändern; sie leidet nicht durch trübes Wasser, Schlamm u. s. w., da sie keine Ventile und keine Kolben hat und übertrifft in dieser Beziehung selbst die Pumpe. Sie besteht aus einer in einem Rahmen liegenden Welle, aus den um dieselbe herumgeführten Schraubengängen und aus dem diese umschliessenden Mantel. Das Ganze wird durch eine an der Welle sitzende Kurbel in die drehende Bewegung versetzt. Die einzelnen Gänge müssen recht schmal sein und man nimmt desshalb, wie in der Figur angegeben, zwei, öfter auch drei Schraubengänge an. Bei hölzernen Schnecken werden die Gänge durch Brettchen, 20 bis 24 pro Windung, gebildet, welche in die Welle und in den Mantel eingelassen, und unter sich durch hölzerne Nägel verbunden werden. Alle Brettstücke werden nach einer Chablone angefertigt. Die Bretter des Mantels werden durch Zugbänder zusammengehalten. Oft haben die Schnecken Schraubengänge von Eisenblech. Der Durchmesser der Schnecke beträgt 18 bis 24 Zolle und auch mehr. Ihre Länge richtet sich nach der Förderungshöhe. Eine Schnecke wirkt am vortheilhaftesten, wenn sie unter 30 Graden, gegen den Horizont geneigt aufgestellt wird, doch stellt man sie auch unter 45 Graden auf. Die vortheilhafteste mittlere Neigung ihrer Windungen zur Achse ist 54 bis 65 Grade.

Mittels einer Schnecke mit drei Gängen, die 19 Fuss lang war und 19 Zoll im Durchmesser hatte, konnte man nach den von Mallet angestellten Beobachtungen mit neun Arbeitern, die in der Minute 35 Umdrehungen machten, eine Wassermenge von 1358 Kubikfuss in der Stunde auf $10._5$ Fuss heben.

Nach d'Aubuisson erhält man durch eine Schnecke von $0,_{487}$ Meter Durchmesser und $8._4$ Meter Länge, bei welcher der Winkel der Schraubenlinie mit der Achse 62 Grade beträgt, bei 60 Umdrehungen in der Minute als Wassermenge für eine Stunde:

bei 30 Grad Neigung und $3._{77}$ Meter Höhe der Erhebung, $129._6$ Kubik Meter,
bei 35 Grad Neigung und $4._{46}$ Meter Höhe der Erhebung, $102._8$ Kubik Meter,
bei 40 Grad Neigung und $5._{14}$ Meter Höhe der Erhebung, $67._9$ Kubik Meter,
bei 45 Grad Neigung und $5._{83}$ Meter Höhe der Erhebung, $37._0$ Kubik Meter,
bei 50 Grad Neigung und $6._{17}$ Meter Höhe der Erhebung, $14._4$ Kubik Meter,
bei 55 Grad Neigung und $6._{51}$ Meter Höhe der Erhebung, $5._1$ Kubik Meter.

Hieraus ersieht man, welchen bedeutenden Einfluss die Neigung hat.

Pumpen sind diejenigen Maschinen, die sich für die Trockenlegung einer Baugrube wegen ihrer mässigen Anschaffungskosten, so wie wegen des geringen Raumes, den sie zur Aufstellung bedürfen, ganz besonders eignen; auch kann man mit Leichtigkeit die Ausgussöffnung in jede entsprechende Höhe verlegen. Bei unreinem Wasser, Sand u. dergl. haben Pumpen zwar den Nachtheil, dass sich die Reibung des Kolbens vermehrt, und feste Körner den wasserdichten Verschluss der Ventile hindern, die gehobene Wassersäule also wieder zurückfliesst und die Pumpe den Dienst versagt; desshalb werden die Pumpen in einem Korbe in den Sumpf gestellt und die Saugöffnung mit einem Siebe versehen, um die gröberen Theile abzuhalten. Saugepumpen mit auf- und absteigendem Kolben sind auf den Bauplätzen gewöhnlich aus Holz, und zwar entweder in der Achsenrichtung eines Stammes gebohrt, oder aus Bohlen in viereckiger Form zusammengesetzt, gedichtet und durch Schraubenbänder zusammengezogen; man nennt sie im letzteren Falle auch Kastenpumpen. Eine gut konstruirte Pumpe liefert in einer bestimmten Zeit 80 bis 90 % des Volumens Wasser, welches man erhält, wenn man den Kolbenhub mit dem Kolbenquerschnitt multiplizirt. Folgende Vergleichung der Wirkungen verschiedener Wasserschöpfungen gibt Gauthey:

Benennung der Maschine.	Wassermenge, die ein Mann in 24 Stunden auf 1 Meter heben kann.	Verhältniss des Nutzeffektes zur angewendeten Kraft
Ausschöpfen mit Handeimern . . .	46	$0.^{66}$
Geneigte, durch Menschen bewegte Schaufelwerke	68	$0.^{44}$
Pumpen	84	$0.^{50}$
Archimedische Schnecke	90	$0.^{58}$
Geneigte, durch Pferde bewegte Schaufelwerke	—	$0.^{37}$
Durch ein Wasserrad bewegtes Schöpfrad	—	$0.^{70}$

Soll in einer Baugrube nur auf eine kurze Zeit das Wasser gesenkt werden, so wird man wohl thun, dabei die Menschenkraft zu benutzen und es dürfte auch vortheilhaft sein, die Kosten für Ankauf und Erhaltung der Pumpen oder anderer Maschinen zu sparen, und das Wasser unmittelbar mittels Schaufeln oder Handeimern fördern zu lassen. Wenn aber die Fundirung viel Zeit in Anspruch nimmt und grosse Wassermassen gehoben werden müssen, so wird es in den meisten Fällen am vortheilhaftesten sein, die Dampfkraft anzuwenden, weil es sich sodann weniger um die Kosten der ersten Anlage, als um jene des lange dauernden Betriebes handelt. Sollte ein disponibles Gefälle die Benutzung der Wasserkraft gestatten, so wird man vor allem diese anwenden. Der Raum, welchen die Maschinen einnehmen, soll möglichst klein sein, da in den meisten Fällen die Ausdehnung des Platzes, wo sie aufgestellt werden sollen, sehr beschränkt ist.

Vertiefung der Baugrube unter Wasser.

§. 38.

Umgeht man die Fundirung mittels Umschliessung der Baugrube d. i. mittels der Fangdämme, in welchem Falle man wie im Trockenen die Baugrube entsprechend vertiefen und ebnen kann, so ist man genöthigt, dieselbe unter Wasser zu vertiefen und zu ebnen. In welcher Weise die Baugrube unter Wasser vertieft wird, hängt von der Beschaffenheit des Baugrundes ab. Besteht dieser aus thonigem Boden, Sand, Kies oder Gerölle, so geschieht die Vertiefung der Baugrube durch Baggerungen; besteht der Baugrund aus Felsen und soll er theilweise weggeräumt werden, so geschieht dieses, je nach der Struktur und der Tiefe des Felsens, mit Brechwerkzeugen oder durch Sprengung mittelst Pulver.

Ist die auszubaggernde Baugrube in einem Strome oder Flusse, der viel Geschiebe mit sich führt, das den ausgebaggerten Raum bald wieder ausfüllen würde, so muss man dieselbe mit einer Spundwand einschliessen, oder wenn die Wassertiefe eine so bedeutende ist, dass die Spundpfähle nicht über den Wasserspiegel hervorragen würden, so muss man wenigstens die Strömung durch eine die Baugrube umschliessende Bohlenwand abhalten. Zu letzterem Behufe werden rings um die Baugrube mehrere Pfähle eingeschlagen, und vorher zusammengefügte Bohlenwände dagegen gestellt. Die Hochwasser wirken, wenn sie die Umfassungswände überfluthen, sehr störend auf die Baggerarbeiten, weil sie meistens wieder die Baugrube mit Kies anfüllen. Aus dieser Ursache ist es gut in Flüssen, welche oft und schnell anschwellen, die Baggerarbeiten nicht auf einmal in zu grosser Ausdehnung zu beginnen.

Nach der Grösse der Baugrube, so wie auch nach der Tiefe des Wassers sind die Vorrichtungen zum Baggern verschieden. Sind kleinere Baggerungen in weichem Boden vorzunehmen, so bedient man sich der *Baggersäcke*. Ein Baggersack ist ein aus grober starker Leinwand verfertigter Sack, der an einem schmiedeisernen Ringe, welcher mit einer angestählten Schärfe versehen, befestigt ist. Dieser Ring ist mittels einer Hülse mit einer entsprechend langen Stange in Verbindung, durch welche er gegen den Boden herabgedrückt wird, während gleichzeitig zwei oder vier Arbeiter mittelst Leinen, die ebenfalls am Ringe befestigt sind, diesen anziehen, wodurch der Ring in den Grund eindringt und der Baggersack sich nach und nach anfüllt. Hierauf heben die Arbeiter den Sack aus dem Wasser und leeren ihn zur weiteren Verführung des ausgebaggerten Materials, entweder zur Seite des Gerüstbodens, oder auf einen eigenen Nachen aus. Bei einer Wassertiefe von 5 bis 6 Fuss sind die Baggersäcke ganz gut zu gebrauchen, können aber auch bei einer Tiefe von 15 bis 18 Fuss Anwendung finden; bei grösserer Tiefe ist die Stange wegen ihres zu grossen Gewichtes schwer zu handhaben. Die Weite des Baggerringes beträgt gewöhnlich bei 1 Fuss, und die Tiefe des Sackes nicht ganz 2 Fuss. Die Leistung der drei Arbeiter, welche zur Handhabung eines Baggersackes gehören, ist nach der Gattung des Bodens vershieden; sie können in zehn Arbeitsstunden im feinen Kies bei 200, im mittelgroben Kies bei 90 und in sehr grobem Kies bei 50 Kubikfuss ausbaggern. Bei dem

groben Material sind die Baggersäcke weniger vortheilhaft, weil sie häufiger Reparaturen benöthigen.

Der *Handbagger* oder *Kratzer* ist ein aus Eisenblech verfertigtes, an zwei Seiten, d. i. nach oben und nach vorne, offenes Kästchen, das an einer Stange befestigt ist und von einem Arbeiter gehandhabt wird. Der Handbagger ist bei einer Wassertiefe bis zu 6 Fuss, selbst bei grobem Material, ganz vortheilhaft zu gebrauchen. Auf grössere Tiefen ist er aber nicht mehr zu verwenden, weil die Stange zu stark und schwer werden müsste. Die Höhe des Kästchens ist bei 8 Zoll, die Breite bei 10 Zoll und die Länge bei 1 Fuss. Auch bei diesem Handbagger richtet sich die Leistung nach der Gattung des Bodens.

Bei grösseren Fundirungen, wo die Wassertiefe auch eine grössere ist, und etwa 10 bis 20 Fuss beträgt, genügen diese Vorrichtungen nicht mehr, und man bedient sich sodann der *Baggermaschinen.* Die Einrichtung derselben besteht im Wesentlichen darin, dass durch eine gewisse Anzahl aus starkem Eisenblech verfertigter Kästchen und durch dazwischen eingelegte Glieder eine Kette ohne Ende gebildet wird, welche man durch irgend einen Mechanismus so in Bewegung setzt, dass die unten an dem Boden streifenden Kästchen sich mit Material anfüllen, dasselbe in die Höhe bringen und dort in eine Rinne entladen, welche das Material in einen Nachen leiten. Diese Kette ohne Ende kann eine geneigte oder eine vertikale Lage haben; ihre Bewegung kann entweder durch Arbeiter bewirkt werden, die an Kurbeln thätig sind, oder mittels eines Pferdegöpels, oder aber auch mittels einer Dampfmaschine. Die Fig. 507, Taf. XXVIII, zeigt eine häufig angewendete Baggermaschine. Gewöhnlich können die Kästchen 1 bis 1 ¼ Kubikfuss laden, und sechs Mann gehören zum Betriebe der Maschine; vier Mann von diesen bewirken mittels der Kurbeln die Drehung der Baggerketten, einer hat seinen Platz an der Schlammrinne und einer rückwärts an der Ankerwinde. Bei einfacher Umsetzung der Räder und bei einem Verhältniss der Radien von 1 : 9, sodann bei einem Kurbelhalbmesser von 1.4 Fuss und einer Geschwindigkeit der Kurbel von 2.5 Fuss beträgt in einer Arbeitszeit von acht Stunden bei einer Wassertiefe von 10 bis 12 Fuss das geförderte Material bei 1770 Kubikfuss.

Bei grösseren Baggerungen zur Reinhaltung der Häfen oder grösserer Flussstrecken benützt man die *Dampfbagger*, wovon man Beschreibungen sowohl in Försters Bauzeitung, wie auch in der Zeitschrift für Bauwesen findet.

Steinsprengungen unter Wasser sind in viel und stark zerklüfteten Felsen nicht ausführbar, sondern es wird in solchem Falle die Beseitigung der Steine bei geringer Wassertiefe mittelst Brechstangen, bei grösserer Tiefe aber nicht wohl anders als durch Trockenlegung der betreffenden Stelle geschehen, wenn dieses überhaupt der klüftige Boden noch zulässt; es wäre denn, dass man die im Allgemeinen wohl seltene Gelegenheit zur Anwendung der Taucherglocke oder eines Taucherschiffes hätte, womit man die Beschaffenheit der Steinlager näher untersuchen, wie auch die Anbringung der Ladungen unter Wasser zweckmässig anordnen und ausführen könnte. Lässt aber die Steinart die Anwendung von Bohrschüssen zu, so werden (nachdem man die zweckmässigsten Stellen zu Mienen ausgemittelt hatte, da von dieser Wahl die Wirkung der Bohrschüsse hauptsächlich abhängt) durch in einem Nachen befindliche Arbeiter mittels des Stossbohrers senkrechte oder wenig geneigte Bohrlöcher etwa 1 ½ Fuss tief ausgeführt und an ihrer Mündung mit einem passenden Kronenbohrer auf 2, 2 ½ bis 4 Zoll konisch erweitert. In diese Erweiterung treibt man die Spitze einer hölzernen, zuvor mit Hanf umwundenen und mit einer Mischung von Terpentinöl, Wachs und Kalk überstrichenen, bis über das Wasser hinausreichenden hohlen Röhre, und verstreicht die Fuge zwischen dieser und dem Stein, damit durch diese Fuge kein Wasser später in das Bohrloch eindringen kann. Dieses geschieht von aussen mit fettem Thon, wozu man bei grösseren Tiefen geübte Taucher verwendet. Hiernach schöpft man mit einem an einen Stock gebundenen Schwamm, den man durch diese Röhre in das Bohrloch einführt, das Wasser aus demselben aus und bewirkt das Laden. Dieses geschieht, indem man die Zündnadel einstellt, das Bohrloch bis auf ⅓ seiner Höhe mit Pulver anfüllt, hierauf Sand und Steinmehl durch besagte Röhre einführt, d. h. man verdämmt die Ladung, dann wird die Zündnadel vorsichtig herausgezogen, selbe in ein hinlänglich langes Rohrstengel oder ein hölzernes Röhrchen gesteckt und mit diesem wieder eingesetzt; endlich wird die Nadel aus dem Röhrchen herausgezogen und durch letzteres in die ausgesparte Höhlung der Verdämmung feines Pulver eingefüllt, wornach der auf diese Weise vorbereitete Schuss mittelst eines Schwammes entzündet werden kann.

Aber nur in seltenen Fällen wird man die Sprengung auf so einfache Weise ausführen können und

wohl zumeist genöthigt sein, wie diess selbst ausser Wasser bei feuchtem oder tropfendem Gestein geschehen muss, die Pulverladung in eine Patrone aus Pappe, Leder, Rindsdarm oder Blech zu füllen. In diese Patrone wird das untere Ende des mit seinem obern Ende bis über den Wasserspiegel herausreichenden, also entsprechend langen Rohrbrandels gesteckt und festgebunden, dann sowohl Patrone, als Brandel mit Theer, Pech, Fett oder Firniss bestrichen, und endlich die so wasserdicht gemachte Patrone in die Bohrung gestellt. Der obere leere Raum wird mit Sand ausgefüllt, beziehungsweise verdämmt.

Bei aus Blech erzeugten Patronenhülsen wird auch die $^1/_2 - ^1/_3$ Zoll weite Zündröhre aus Blech erzeugt und oben an die Patronenhülse angelöthet.

In dieser Weise wurde die Sprengung von Granitblöcken unter Wasser an der Mündung der Dange mit 27 Zoll tiefen, $1^3/_4$ Zoll weiten, oberhalb aber bis auf 5 Zoll erweiterten Bohrlöchern ausgeführt. Die Ladung kam in eine 9 Zoll hohe geschlossene Büchse von Weissblech, in deren oberen Boden eine durch einen Pfropf verschliessbare Oeffnung angebracht und eine $4^1/_2$ Linien weite blecherne Zündröhre angelöthet war, welche bis über das Wasser reichte und den Zündfaden vor Nässe schützte. Behufs der Ladung und Zündung des Bohrloches wurde vorerst ein Zündfaden in die Röhre, und zwar bis zum Boden der Pulverbüchse herabgeschoben, sodann das Pulver durch erwähnte Oeffnung eingeschüttet und die ganze Vorrichtung in das Bohrloch gebracht, hierauf die Verdämmung aus trockenem Lehm und Ziegelmehl aufgeschüttet und lageweise festgestampft.

Im Rheine geschahen Sprengarbeiten nach einer zwar ähnlichen, aber besseren Methode, wobei die Länge der $1^2/_3$zölligen blechernen Pulverbüchse dem dritten Theile der 24 — 26 Zoll langen, zweizölligen Bohrung gleichmacht, und eine nur 3 Fuss lange, 3—4 Linien weite Zündröhre an besagte Büchse angelöthet war. Pulverbüchse und Zündröhre mit dem durchgezogenen Zündfaden wurden in eine zweite Blechröhre von $1^5/_6$ Zoll Durchmesser eingesetzt, welche unten mit einem angelötheten Boden versehen, oben aber offen bis über das Wasser hinausreichte. Diese Röhre wurde, nachdem vorher noch die Verdämmung aus eingefeuchtetem Lehm in selbe eingebracht war, in das Bohrloch gestellt, welches bis dahin durch einen Zapfen geschlossen gehalten wurde, um das Hineinfallen von Sand zu verhindern; stand die besagte Röhre im Bohrloche, so diente eben der eintreibende Sand zur vollständigen Ausfüllung des Raumes zwischen der Röhre und den Wänden des Bohrloches. Das Gerüste zum Bohren wurde auf einem 38 Fuss langen und 18 Fuss breiten Flosse hergestellt, welches zum Schutze gegen die Strömung an einem vorliegenden Staukasten befestigt und von zwei am hinteren Ende angebundenen Ankernachen getragen wurde. In späterer Epoche der Arbeiten machte man die Bohrlöcher $2^1/_2$ Zoll weit und circa $2^1/_2$ Fuss tief, steckte in selbe eine oben und unten offene, bis über das Wasser hervorragende Röhre von Weissblech 3 Zoll tief ein und brachte in diese Röhre die 2 Zoll weite Pulverbüchse mit der daran angelötheten, über das Wasser hinausreichenden Zündröhre, in welche der Zündfaden so wie früher eingeschoben war. Die geladene Pulverbüchse mit der Zündröhre wurde dann durch das Schutzrohr hindurch in das Bohrloch eingeschoben, eine kleine Quantität feinen Sandes nachgeschüttet, um den freien Raum ausserhalb der Pulverbüchse auszufüllen, und endlich die Verdämmung aus grobem Sande in dem Schutzrohre über der Pulverbüchse hergestellt. — Bei der Explosion brachen zwar die Schutz- und Zündröhren unten ab, konnten aber nach Erneuerung der fehlenden Theile wiederholt benützt werden.

Wo der zu sprengende Felsen unter Wasser mit Kies bedeckt ist, muss man vorerst Röhren in den Kies fest eintreiben und die Bohrung erst in diesen Röhren vornehmen, wie diess bei der Vertiefung des Flussbettes des Saverne geschah, indem 9 Fuss lange, $3^1/_2$ bis 4 Zoll weite und $2^1/_4$ Linien dicke, aus Schmiedeisen gezogene Bohrröhren angewendet und durch den das Flussbett bedeckenden Kies, wie auch einige Zolle tief in den darunter liegenden Mergel eingeschlagen wurden. Durch diese Röhren wendete man zur Herstellung der Bohrlöcher 15 Schuh lange, $1^1/_2$ Zoll breite Bohrer von einer Rüstung aus an, durch welche die Bohrröhren auch die nöthige Befestigung erhielten. Das Pulver kam in cylindrische Säcke von Segeltuch und in deren Mitte das Ende eines Bickford'schen Zündfadens. Die Säcke wurden zugebunden und mit geschmolzenem Pech und Talg überzogen, endlich mit hölzernen Ladestöcken in die Bohrlöcher geschoben, wornach mit eben diesen Stöcken auch die Verdämmung gestossen wurde. Vor der Zündung entfernte man die zum Feststellen der Bohrröhren angewendeten Klammern und hob die Röhren aus dem Stein.

Bei den in neuerer Zeit in grobkörnigem Granit von ungleichförmiger Art ausgeführten Sprengungen am Strudel in der Donau wurden auf langen, flachen Schiffen (Plätten) Gerüste angebracht und auf diesen

die Arbeiter in Parthien zu 3 Mann vertheilt, worunter je ein erfahrener Steinbrecher, welcher das Bohrgeschäft seiner Parthie angemessen zu leiten und die zweckmässigste Stelle für die Minen auszumitteln hatte. Die Bohrung der 2, 4, auch 6 Fuss tiefen Mienen wurde mit 6 bis 8 Fuss langen, 2 Zoll dicken Schlagbohrern bis auf 12 Zoll Tiefe, sodann aber mit dem 10 bis 14 Fuss langen Stossbohrer betrieben; dabei war eine fünf- bis zehnmalige Schärfung dieses Bohrers und die Zeit eines halben Tages zur Vertiefung des Bohrloches um einen Fuss nöthig; bei ungünstigen Umständen, insbesondere bei Versandungen der Minen, bei Eisrinnen oder ausserordentlicher Härte des Gesteines, nicht selten die Hälfte mehr. Nach der Bohrung musste die Ladung der Mine unverzüglich vorgenommen werden, um dem Eindringen des feinen Sandes vorzubeugen. Zur Ladung wurden Patronen aus einem weissblechenen neun- bis zwölfzölligen Cylinder von 2 Zoll Durchmesser, mit beweglichen, jedoch nach vollzogener Füllung wasserdicht geschlossenem Boden angewendet. Am oberen festgeschlossenen Deckel der Patrone war eine 4½ Zoll dicke Blechröhre angebracht, welche mit ihrem untern Ende bis auf den Boden der Patrone reichte und mit mehreren Seitenöffnungen versehen war, während ihr oberes Ende 7 bis 12 Fuss frei über das Wasser emporragte. Durch diese Röhre wurde die Stupine, ein aus geriebenem Schiesspulver, Weingeist und Wasser erzeugter und getrockneter Zündfaden durchgezogen und in das Pulver der Patrone geführt. In der Regel wurde die Quantität der Ladung so gewählt, dass sie die halbe Länge des Bohrloches ausfüllte, und wurde dem Pulver ein Viertheil sehr feiner, vollkommen ausgetrockneter Sägespäne beigemengt. Die Patrone wurde in einen, einem Sprachrohre ähnlichen Trichter gethan und mittels desselben bis auf den Boden der Mine eingeschoben, der darüber liegende Raum mit Sand ausgefüllt, dann der Trichter beseitigt und der Zündfaden bis auf einen Zoll ausserhalb der Zündröhre abgeschnitten, endlich auf dieses vorragende Stück ein in Salpeterwasser getauchtes Papierhütchen in solcher Art aufgesteckt, dass nach der Zündung desselben der Brandfaden von dem Feuer erst nach einem für die Entfernung des Arbeiters genügenden Zeitraume ergriffen wurde. Bei der Entladung des Schusses bewirkten die erwähnten Seitenöffnungen der Zündröhre eine gleichmässige Entzündung des Pulvers und verstärkten die Wirkung so, dass, obgleich das Gewicht des Wassers dem aufgeworfenen Gestein einen bedeutenden Widerstand leistete, dessen ungeachtet nicht selten beträchtliche Steinmassen 250 bis 300 Fuss weit geschleudert wurden.

Das Ausheben der losgesprengten Steine geschieht am vortheilhaftesten mittels eiserner Rechen, Greifzangen, Heb- und Zugmaschinen und Krahnen; bei sehr niedrigen Wasserständen können theilweise auch Brechstangen und Hebel zur Aufkeilung der sehr zerklüfteten Steinmassen des Bettes mit gutem Erfolge angewendet werden.

Zur Untersuchung des Grundes benützt man das Wasserfernrohr, indem das Wasser häufig nicht die nöthige Durchsichtigkeit besitzt, um Gegenstände am Grunde zu untersuchen. Es besteht aus einer Röhre, welche am unteren Ende durch ein Planglas wasserdicht geschlossen ist, so dass beim Eintauchen zwischen dem Glase und dem Grunde nur eine dünne Wasserschicht verbleibt, wodurch die Lichtstrahlen nur wenig absorbirt werden, also die Beschaffenheit des Grundes deutlicher zu erkennen sein wird. Um die hohle Röhre namentlich in fliessendem Wasser niederzudrücken, sind am unteren Ende zwei Lenkstangen an Ringen befestigt, wodurch zwei Arbeiter die Röhre niederhalten können.

Fundirung auf Béton.

§. 39.

Béton, dieses in neuester Zeit so vielfach angewendete Material, empfiehlt sich sehr für Wasserbauten. Durch Aufbringung einer Bétonlage über die Sohle der Baugrube kann man in Fällen, wenn der Zudrang des Wassers so stark ist, dass sie nach der gewöhnlichen Methode nicht trocken gelegt werden könnte, dem hydrostatischen Druck eine wasserdichte Schichte entgegen setzen, und wenn man noch die Seitenwände mit einem wasserdichten Fangdamm aus Béton versieht, so ist man im Stande, den auf diese Weise gebildeten wasserdicht begrenzten Raum vollständig auszuschöpfen, und sodann das Mauerwerk in der gewöhnlichen Weise auszuführen. Auch kann man Béton-Mauern sowohl über, als unter Wasser ausführen; bei letzteren ist die Trockenlegung der Baugrube nicht erforderlich. Es werden dadurch die Kosten sehr gemindert, und man setzt sich nicht der Gefahr aus, dass der Baugrund durch das fortwährend oft starke Hervorquellen des Wassers aus der Sohle der Baugrube verschlechtert wird, was in vielen Fällen bei Fundirung mittels Fangdämmen stattfindet. Mihalik behauptet in seinem Bétonbaue sogar, dass das aus Béton gebildete Mauerwerk viel

solider und vorzüglicher als jenes ist, welches aus Ziegeln oder Steinquadern zusammengesetzt wird, weil Bauwerke aus den letzteren Materialien nie die Dichte und Widerstandsfähigkeit erlangen können, als das ein Ganzes bildende Bétonmauerwerk.

Unter Béton versteht man ein Gemenge von kleinen Steinen und Mörtel, mithin einen Steinmörtel. Die Steine müssen die nöthige Härte haben und von der Form und Grösse sein, dass sie bei einer zufälligen Schüttung möglicht geschlossen zu liegen kommen. Der Mörtel muss die Eigenschaft haben, unter Wasser zu erhärten. Zwischen den Steinen und dem Mörtel muss ein entsprechendes Verhältniss bestehen, damit die Steine vollkommen vom Mörtel umhüllt, aber doch in nicht zu grosser Entfernung von einander gehalten werden.

Zur Bereitung eines Mörtels, der unter Wasser erhärten soll, verwendet man hydraulische Kalke oder Cemente. Von beiden soll hier kurz die Sprache sein.

Kalke ändern durch ihren Gehalt an Kieselsäure oder Silicaten, wenn derselbe ungefähr 10 Procent erreicht, ihre Eigenschaften und erlangen die Fähigkeit, nach dem Brennen mit dem Wasser sich zwar träge und mager zu löschen, aber mit diesem zu einem Teige angemacht, alsbald fest zu werden und in diesem Zustande unter dem fortgesetzten Einflusse des Wassers einen bedeutenden Zusammenhang und steinartige Härte zu erlangen, ohne später aufgelockert oder angefressen zu werden. Sie sind deshalb für den Wasserbau ein unschätzbares Material und werden sehr passend *hydraulisch* genannt.

In der Bezeichnung: Hydraulischer Kalk und Cemente wird meistens sehr willkürlich vorgegangen; wir wollen unter *hydraulischem Kalk* einen entweder durch einfaches Brennen des Kalksteines gewonnenen, oder aus gewöhnlichem Luftkalk durch Zusatz von passenden Stoffen künstlich dargestellten Kalk, welcher als Wassermörtel verwendet werden kann, verstehen. Im ersten Falle beisst der hydraulische Kalk *natürlich*, im zweiten *künstlich*. Die Stoffe aber, die einem fetten oder besser einem mageren Kalk zugesetzt werden müssen, um ihm hydraulische Eigenschaften zu ertheilen, die aber ohne Kalk nicht als Wassermörtel verwendet werden können, wollen wir *Cemente* nennen. Auch hier ist der Unterschied zwischen *natürlichen* und *künstlichen* Cementen zu machen.

Nach Obigem sind also jene chemischen Stoffe, welche die Hydraulicität des Kalkes bedingen, in den natürlichen Kalksteinen schon von Natur aus enthalten, oder sie müssen erst in Form von Cementen dem gewöhnlichen Kalke im richtigen Verhältniss zugesetzt werden. Das Verhältniss dieser chemischen Stoffe zu dem Kalk und zu einander ist sowohl bei den natürlichen als künstlich bereiteten hydraulischen Kalken von grosser Wichtigkeit und zwischen Grenzen eingeschlossen. (Summa der Beimengungen 10 bis 33 Procent). Ausserhalb dieser Grenzen wird sich der Kalk entweder dem gewöhnlichen Luftkalk nähern, oder er wird an und für sich gar nicht verwendbar sein.

Die chemischen Stoffe, welche die Hydraulicität eines Kalkes bedingen, sind vorzüglich: Kieselerde, Thonerde, Bittererde, Eisen und Alkalien.

Neben der chemischen Zusammensetzung ist von fast ebenso entschiedenem Einfluss auf die Güte und Brauchbarkeit eines hydraulischen Kalkes seine Dichte und die Form einzelner Theilchen seines Pulvers. Unter ganz gleichen Umständen werden diejenigen am schnellsten und vollständigsten erhärten, die am dichtesten sind.

Das Brennen der hydraulischen Kalksteine geschieht in ähnlicher Weise, wie bei gewöhnlichen Kalksteinen; jedoch ist die hiezu nöthige Temperatur genau einzuhalten. Den richtigen Grad derselben kann nur die Erfahrung an die Hand geben, da in dieser Hinsicht die verschiedenen natürlichen Kalke mannigfache Abänderungen zeigen. Ist viel freie Kieselsäure vorhanden, so muss bei mässiger Hitze, ist viel Thon gegenwärtig, stark, jedoch nur kurze Zeit gebrannt werden; viel Eisenoxyd gestattet ein bis nahe zur Verglasung gehendes Glühen. — Die gebrannten Steine werden gepulvert, gesiebt und als feines Mehl verwendet. Nur Steine, die sich gut löschen, bedürfen des Pulverns nicht.

Es ist ein grosser Fehler, wenn der hydraulische Kalk, besonders im gepulverten Zustande, längere Zeit, z. B. auf dem Transporte, in Magazinen u. s. w., der Feuchtigkeit der Luft ausgesetzt ist; er verliert dadurch nach und nach seine beste Kraft und erhärtet sehr träge oder gar nicht mehr. Auch bedarf es kaum der Erwähnung, dass hydraulischer Kalk in keinem grösseren Vorrathe angemacht werden darf, als man frischweg verarbeiten kann. — Vicat zeigte, dass ein guter hydraulischer Kalk, nachdem er bereits angezogen hat, nach wiederholtem Pulvern und Anmachen zwar auf's Neue anzieht, aber doch sehr langsam. Er verhält sich nur wie ein hydraulischer Kalk der geringsten Qualität.

Hydraulische Kalke erhalten nach dem Anmachen

mit Wasser viel eher Zusammenhang als Festigkeit. Zuerst bildet sich eine zusammenhängende, weiche, leicht mit dem Nagel zu ritzende Masse, die erst nach einem längeren Zeitraume hart wird. Langsam erhärtender Kalk kann ebenso oder auch noch härter werden, als rasch erhärtender. Das Nasshalten des hydraulischen Mörtels nach dem Mauern ist eine unerlässliche Bedingung zum Erhärten und Festwerden. Auch muss hier erwähnt werden, dass hydraulische Kalke nie erhärten, wenn sie sogleich, ehe sie Zusammenhang gewonnen, in Wasser untergetaucht werden. In diesem Falle bleiben die Theilchen auseinandergeschwemmt und locker.

Manche Kalke, besonders diejenigen, welche den Uebergang von den hydraulischen zu den Cementen bilden, haben die sehr üble Eigenschaft, dass einzelne Theile derselben noch nachträglich in's Löschen kommen, nachdem das Ganze bereits erstarrt oder etwas erhärtet ist.

Der Repräsentant der *natürlichen hydraulischen Kalke* ist der sogenannte Roman-Cement, im Londoner Becken der Themse, auf den Inseln Sheppey, Whight, an den Küsten von Kent, Yorkshire, Sommersetshire und auch an der gegenüberliegenden französischen Küste gefunden. Er ist eine Mergelgattung, die zum Gebrauche erst sorgfältig gebrannt werden muss und dessen Analyse nach H. Mayer hier folgt:

Kohlensaurer Kalk	66.99
» Magnesia	1.67
» Eisenoxydul	6.95
Thonerde	0.39
In Salzsäure lösliche Bestandtheile	76.00
Kieselsäure	16.89
Thonerde	4.32
Eisenoxyd	1.72
Kalk	0.005
Bittererde	0.37
In Salzsäure unlösliche Bestandtheile	23.30

Der Repräsentant der *künstlichen hydraulischen Kalke* ist der sogenannte Portland-Cement, durch Pasley in Chatam entdeckt und durch Abstin in London vervollkommnet. Er wird durch Mengung von Aetzkalk mit dem Schlamm des Flusses Medway, welcher aus Kieselsäure, Eisenoxyd und alkalienhaltigem Thon besteht, dargestellt, zu Brei angemacht, im Thonschneider geknetet, in kleine Ziegel geformt, gebrannt und gepulvert. — Seine Zusammensetzung ist nach Hopfgartner:

Kalk	54.11
Bittererde	0.75
Kali	1.10
Natron	1.66
Thonerde	7.75
Eisenoxyd mit Spuren von Manganoxyd	5.30
Kieselerde	22.23
Kohlensäure	2.15
Phosphorsäure	0.75
Schwefelsäure	1.00
Unaufgeschlossener Thon	2.20
Wasser	1.00
	100.00

Im Roman-Cement ist neben dem aufgeschlossenen Thonsilicat freier Aetzkalk vorhanden; daher wirkt auch derselbe, auf die Zunge gebracht, ätzend. Die chemische Einwirkung findet erst beim Löschen statt.

Beim Portland-Cement hat schon beim Brennen theilweise die chemische Wechselwirkung des Kalkes und der Kieselsäure stattgefunden, es ist kein freier Aetzkalk da, daher beim Kosten kein Aetzen auf der Zunge. Der Zutritt vom Wasser bedingt die Festwerdung.

Roman- und Portland-Cement unterscheiden sich aber auch ihrem äusseren Ansehen nach und nach der Art ihrer Behandlung. — Roman-Cement ist ein Gemenge, dessen kleinste Theilchen die Kugelform besitzen; Portland-Cement stellt sich aber als eine halb geschmolzene, mit Blasen durchzogene Masse dar, deren Theilchen mikroskopisch Blätterform zeigen. Roman-Cement ist wegen des vorhandenen, freien Aetzkalks nicht nur vor Feuchtigkeit, sondern auch vor Luftzutritt zu wahren, um ihn vor dem Verderben zu schützen; beim Portland-Cement ist nur ersteres nothwendig. Roman-Cement erhärtet rascher, Portland-Cement wird aber fester, was aus der Natur der blättrigen Schichtung der Theilchen hervorgeht. Bei einem Versuche (Hartmann) durch Herstellung eines 5 Fuss langen Balkens aus Backsteinen, der an einem Ende in die Mauer eingebunden war, am andern noch belastet wurde, ergab sich, dass der Balken

aus Roman-Cement-Mörtel (1 Theil Cement, 1 Theil Sand) bei 257 Pfund brach,

aus Portland-Cement-Mörtel (1 Theil Cement, 1 Theil Sand) bei 837 Pfund brach,

steinerne Balken

aus Portland-Cement-Mörtel (1 Theil Cement, 2 Theile Sand) trugen 768 Pfund,

aus Portland-Cement-Mörtel (1 Theil Cement, 3 Theile Sand) trugen 672 Pfund,
aus Portland-Cement-Mörtel (1 Theil Cement, 4 Theile Sand) trugen 616 Pfund.

Der Bruch erfolgte beim Roman-Cement im Mörtelband, beim Portland-Cement im Stein.

Der zu verwendende Sand muss staubfrei, möglichst eckig und, wenn er grob ist, mit feinerem (1 : 2) gemischt sein.

Das Verhältniss ist bei gutem Kalk und Sand:

zum Mörtelband	1 : 6
zum Schweissmörtel . . .	1 : 2
zum groben Verputz . . .	1 : 3 (4)
zum glatten Verputz . . .	1 : 1 (2)

Den Roman- und Portland-Cement kann man auch ohne allen Zusatz von Sand verwenden, doch erhärtet der Mörtel alsdann weniger fest und weniger schnell, als wenn man scharfen Sand beimengt. — Der Mörtel muss unmittelbar vor dem Gebrauche zubereitet werden, und wenn dieser unversehrt und mit Vorsicht angemacht und aufgetragen wurde, so ist derselbe nicht nur für das Wasser ganz undurchdringlich, sondern verträgt auch ohne Schaden Nässe und Trockenheit, wie auch Kälte und Hitze.

Natürliche Cemente sind meist vulkanischen Ursprungs; die vorzüglichsten sind Puzzolane, Trass und Santorinerde. — Eine Art von Puzzolane, aber nicht vulkanischen Ursprungs, fand Sauvage im Departement der Ardennen.

Die Zusammensetzung ist:

	Puzzolane	Trass	Santorin
	nach Berthier.	nach Elsner.	
Kieselsäure	44.5	48.94	68.50
Kalk	8.8	6.41	2.56
Thonerde	15.0	18.95	13.31
Bittererde	4.7	2.42	—
Eisenoxyd	12.0	12.31	5.50
Kali	1.4	0.37	3.13
Natron	4.1	3.56	4.75
Wasser	9.2	7.65	1.45
	99.7	100.64	100.00

Puzzolane wie Trass sind ein vom Wasser angeschwemmtes Conglomerat aus Trümmern vulkanischer Gesteine, häufig Geschiebe von Basalt, Bimsstein, Trachyt, Thonschiefer einschliessend.

Puzzolane wird zwischen Rom und Neapel in grossen Quantitäten gefunden; andere Fundorte sind in Frankreich an den südlichen Gehängen der Gebirge von Auvergne, zwischen Chaudes-Aigues und La Guille, an der Ober-Vienne und der Ober-Loire. Die Farbe der Puzzolane ist verschieden: weiss, gelb, grau, roth, schwarz, selbst violett; die römische Puzzolane ist röthlichbraun mit glänzenden Stücken von metallischem Ansehen gemengt; sie ist leichter als die von Neapel. Die vorzüglichste Verwendung der Puzzolane ist zur Mörtelbereitung für Wasserbauten, da sie, mit fettem Kalk gemengt, einen Mörtel geben, welcher im Wasser sehr schnell und fest erhärtet.

Der Trass, welcher seines billigen Preises halber häufige Anwendung findet, kommt vielfach auf dem östlichen Abhange der Eifel und namentlich im Thale des Brohlbaches in der Nähe von Andernach vor, und bildet daselbst sehr mächtige, Thäler ausfüllende Bänke eines mürben, zerreiblichen Gesteins, dessen Farbe im Allgemeinen hell, sich bald mehr in's Gelbe, bald mehr in's Graue zieht. Der Grad der Festigkeit und Härte dieses Gesteins ist sehr verschieden, einige Lagen haben die Härte eines weichen Sandsteines, während andere, besonders die oberen Lagen, viel weicher sind. Auch kommt der Trass in ganz losen Massen in der Form von grobem Sande vor. Zur Herstellung des Mörtels ist der untere und auch festere (in der Form als Stein) am geeignetsten, und man nennt ihn auch den ächten Trass. Derselbe wird in grösseren Stücken von etwa einem halben Kubikfuss gebrochen und nachdem er seine natürliche Feuchtigkeit verloren, pulverisirt. Zu diesem Zwecke wird er in kleinere Stücke von 2 bis 3 Zoll Durchmesser zerschlagen und in Stampfmühlen gepulvert, oder in andern Mühlen gemahlen. — Zuweilen wird die Pulverisirung des Trasses auf der Baustelle selbst vorgenommen. Das sicherste Verfahren zur Prüfung des Trasses besteht darin, dass man durch directe Versuche sich von seiner Bindekraft überzeugt. — Zu reinem Trassmörtel der keinen Zusatz an Sand erhält, nimmt man auf einen Kubikfuss Kalkbrei gewöhnlich zwei Kubikfuss pulverisirten Trass. Am Besten ist, da das Mischungsverhältniss von der Güte der Materialien abhängt, sich dieses durch directe Versuche zu ermitteln. Ist aber das Mauerwerk nicht immer vom Wasser bedeckt, so ist es gut, den Trass zur Hälfte mit Sand zu versetzen, weil er sodann über dem Wasser eine grössere Festigkeit erhält. Der Trassmörtel muss, sobald er hergestellt ist, sogleich verarbeitet werden, indem er nach wenigen Stunden schon merklich erhärtet. In Holland lässt man ihn jedoch zuerst etwas erhärten und

durcharbeitet ihn alsdann auf's Neue, ohne dass Wasser hinzugesetzt wird.

Zur Herstellung eines Béton-Mörtels nimmt man im Allgemeinen auf 12 Kubikfuss zerschlagene Steine 6 Kubikfuss fertigen Mörtel und erhält wegen des Ausfüllens der Zwischenräume durch den Mörtel hievon nur 13 Kubikfuss Béton. Hiernach gehören zu 100 Kubikfuss Béton 92 Kubikfuss Steine und 46 Kubikfuss Mörtel.

Ein Offizier der k. k. Geniewaffe, der verstorbene General Carl von Körber, war der erste, welcher die Benützung der Santorin-Erde zu Bauten in sehr erfolgreicher und verdienstlicher Weise in Anregung brachte.

Die Santorin-Erde ist ein auf der griechischen Insel Santorin im ägäischen Meere vorkommendes Naturprodukt. Schon die Geschichte schreibt die Entstehung dieser Insel einer vulkanischen Eruption, 67 Jahre vor Christi Geburt, zu, und sowohl die Kraterform und später entstandenen Schlacken-Inseln und Bimsstein-Auswürfe, als auch die geognostischen Verhältnisse stellen dies ausser jeden Zweifel. Die Insel selbst besteht aus einem halbkreisförmigen Basalt-Trachit-Felsen, wovon die zweite Hälfte, welche den vollen Umkreis des Kraters ursprünglich bildete, versunken zu sein scheint, und während diese zerrissenen Felswände an ihren höchsten Punkten ganz nackt erscheinen, ist ihr Fuss mit den letzten Auswürfen des Kraters, mit Lava und sogenannter Asche bedeckt, deren Mächtigkeit 24 bis 40 Fuss erreicht.

Diese Asche oder die Santorin-Erde wird dort an jedem Punkte der 3½ Quadrat-Meilen grossen Insel, mithin auch unmittelbar am Meeresufer in solchen Massen gewonnen, dass deren gänzliche Ausbeutung kaum denkbar ist. Diese Asche oder Erde erscheint als ein aschgraues, theilweise sandiges Pulver, welches scharf anzufühlen ist, und sowohl seines offenbar vulkanischen Ursprunges, als auch seines Ansehens wegen wohl nur figürlich als Asche bezeichnet wird.

Die durch die Praxis als gut anerkannte Santorin-Erde kann man durch Schlämmen in 3 getrennte Massen abscheiden. Die erstere, etwa $\frac{1}{20}$ der Gesammtmasse betragende, ist Bimsstein, der leichter als das Wasser ist und an der Oberfläche schwimmt. Die zweite, sich in der Mitte absondernde, beträgt in der Regel etwas mehr als die Hälfte, und ist ein feines, lichtgraues Pulver mit Bimssteinstückchen gemengt, welche schwerer als Wasser sind, und die dritte ist ein scharfkantiger, grösstentheils schwarzer, mitunter auch roth, gelb und anders gefärbter Sand, der der Hauptsache nach aus Obsidian in seinen verschiedenen Formen besteht.

Der mittlere feine Theil scheint nach Versuchen der eigentlich aufgeschlossene Theil der Santorin-Erde, der eigentliche Cement zu sein, während die beiden äusseren als sehr guter Quarzsand betrachtet werden können, der sich nur an der Oberfläche und in verhältnissmässig längerer Zeit erst mit dem Kalke verbindet.

Diese Ansicht findet man bei der Betrachtung der Bruchfläche eines gut erhärteten Santorin-Mörtels auch vollkommen bestätigt. Derselbe nimmt in der Hauptmasse eine ziemlich dunkle, stahlgraue Farbe mit einem Stiche in das Grüne an, worin grössere Bimssteintheile in ihrer ursprünglichen Gestalt als seidenglänzende Flecken erscheinen, deren Ränder aber nicht mehr scharf sind, sondern je nach dem Alter des Santorin-Mörtels mehr oder weniger breit, auch die stahlgraue Farbe angenommen haben. In zwei Jahre altem Mörtel fand man Bimssteintheile bis zur Grösse einer Erbse bereits vollkommen durchgedrungen. Ebenso sind die andern Sandkörner derart gebunden, dass es nicht möglich ist, dieselben zu entdecken. — Da sie nämlich ihrer bedeutenden Härte wegen nicht entzwei brechen, wie der Bimsstein, so könnte nur ihre Aussenfläche ersichtlich werden. Diese hat aber mit dem Kalke bereits eine so innige Verbindung eingegangen, dass sie der ganzen Masse homogen erscheint. Die Bruchflächen verändern aber, an der Luft gelegen, ihre Farbe sehr bald und werden, indem sie austrocknen, hellgrau.

Hierin liegt aber der Beweis, dass der Bimsstein und der Obsidian-Sand, wenn sie auch als Cement keinen Werth haben, doch als Sand ausgezeichnet gute Dienste leisten, indem hiedurch der fortschreitenden Erhärtung des Santorin-Mörtels fast keine Schranken gesetzt sind, wie dies am sprechendsten aus den zusammengestellten Versuchen über die rückwirkende Festigkeit des Santorin-Mörtels hervorgeht. Wie man aus dem Ganzen ersieht, besitzt die Santorin-Erde sehr werthvolle Eigenschaften, zu welchen noch die Leichtigkeit der Gewinnung und der billige Seetransport gerechnet werden muss, wodurch es möglich ist, damit namentlich Hafenbauten von grossem Umfange in kürzester Zeit und unverhältnissmässig billig herzustellen.

In der praktischen Anwendung hat aber die Santorin-Erde noch so manchen Vorzug vor den meisten Cementen, der sie eben zum Gussmauerwerke, namentlich für ausgedehnte Kai- und Molo-Mauern, so wie überhaupt für grosse Massen ganz besonders geeignet

macht. Hierher gehört vor Allem, da sie nicht kostspielig ist, dass keine ängstliche Oekonomie erforderlich ist, d. h. dass man auf Kosten der Sicherheit die Oekonomie nicht bis zur äussersten Grenze zu treiben braucht, ein Umstand, der sehr gewichtig in die Wagschale fällt. Weiter ist es ein grosser Vorzug der Santorin-Erde, dass das bei allen andern Cementen und hydraulischen Kalken absolut nöthige Eintragen des Bétons mit grösster Vorsicht und mittelst eigener Apparate nicht nöthig ist, sondern der mehrere Tage alte Mörtel ohne Weiteres in den Kasten geworfen werden kann. Es ist dies nicht nur in Bezug auf den Arbeitslohn, sondern ganz besonders wesentlich in Bezug auf die Zeit ein unberechenbarer Vortheil für Bauten im Meere, da hier mit der Zeit die Gefahr eines Wellenschlages oder Sturmes gleichen Schritt hält.

Die Santorin-Erde wird im Allgemeinen mit gebranntem und gelöschtem Kalke (Aetzkalk) zu einem Mörtel angemacht, und entweder als solcher zum Mauerwerke aus Stein benützt, oder wenn es sich um Mauerwerk unter Wasser handelt, der Mörtel gleichzeitig mit Steinstücken verwendet.

Der bereitete Santorin-Mörtel soll, wie dies überhaupt bei allen hydraulischen Kalken und Cementen der Fall sein sollte, nie früher unter Wasser versenkt werden, als bis er einen gewissen Grad von Zusammenhang gewonnen hat, weil sonst die einzelnen Theilchen auseinander geschwemmt und locker werden. Diess tritt bei dem Santorin-Mörtel nach Verlauf von ungefähr 24 Stunden ein, der Mörtel verliert aber auch selbst nach 6 bis 8 Tagen seine Fähigkeit, im Wasser wieder eine zusammenhängende Masse zu bilden, nicht im Geringsten, eine Eigenschaft, welche bei umfassenden Hafenbauten nicht hoch genug angeschlagen werden kann, indem man nothgedrungen sehr grosse Massen vorbereitet halten muss, und nicht selten durch Witterungs-Verhältnisse, Wellenschlag u. dgl. in der Verwendung des Mörtels unterbrochen wird. In der Regel lässt man den Mörtel durch 3 bis 4 Tage an der Luft liegen, und die Erhärtung erfolgt sodann, in den Kasten eingetragen, ganz gleichmässig. Nach Verlauf von etwa 3 Wochen kann man die Wände der Kästen in der Regel schon abnehmen, ohne eine Beschädigung des Mauerwerks durch Wellenschlag befürchten zu müssen. Indessen dürfte es aber immer rathsam sein, dort, wo die Zeit nicht drängt und namentlich bei hohen Mauern damit längere Zeit zuzuwarten.

Ueber die Festigkeit selbst gibt die beifolgende Tabelle über diessfällige Versuche die beste Auskunft.

(Die Tabelle siehe pag. 145.)

Aus diesen Versuchen ist ersichtlich, dass die Erhärtung bis ungefähr zum neunten Monat rasch vorschreitet, dann aber bis nahe zum zweiten Jahre ein Stillstand eintritt, von wo die Erhärtung wieder ziemlich gleichmässig zunimmt und mit dem dreizehnten Jahre bereits einen Grad erlangt, der mit einem weichen Sand oder Kalksteine einen Vergleich aushalten kann. Diese Versuche wurden mit Mörtel aus bestehenden Mauerwerken durchgeführt, und zwar mit Würfeln, welche in der Regel 1 ½ Zoll zur Seite hatten.

Wie bereits bemerkt, findet der Santorin-Mörtel seine vorzüglichste Anwendung für Gussmauerwerk, indem er nämlich gleichzeitig mit Steintrümmern in die vorbereiteten Kasten eingeworfen, oder indem er mit kleineren Steinen gemengt in Bétonform eingetragen wird.

Das bei dem Baue des Slip- und Trocken-Docks zu Triest von Heider gewählte Mischungsverhältniss des Santorinmörtels bestand aus 6 Fuss Santorin-Erde, 2 Kubikfuss gelöschten Kalk und 1 Kubikfuss Wellsand. Versuche haben aber gezeigt, dass das Verhältniss von 7 Theilen Santorinerde und 2 Theilea gelöschtem Kalk ein viel besseres ist. Das erhaltene Quantum von dem zuerst angegebenen Mischungsverhältnisse beträgt 6 Kubikfuss, jenes von dem zweiten dagegen 7 Kubikfuss, weil der Sand in den hohlen Räumen der Santorin-Erde vollkommen verschwindet. Ebenfalls kann aus Versuchen als erwiesen betrachtet werden, dass der Santorinmörtel wie auch der Béton aus diesem Materiale bedeutend bessere Resultate liefert, wenn er statt mit süssem Wasser mit Meerwasser angemacht wird.

Zum Béton-Mauerwerk wählte Heider bei dem erwähnten Baue folgendes Verhältniss: 152 Kubikfuss Steintrümmer, 140 Kubikfuss Santorin-Erde, 46⅔ Kubikfuss gelöschten Kalk und 23⅓ Kubikfuss Wellsand, um eine Masse von 216 Kubikfuss zu erhalten. Bei den Bauten der k. k. Kriegsmarine wird zur Herstellung der Santorin-Bétonmasse, basirt auf vielseitige Versuche, kein Sand verwendet, und das Verhältniss von 7 Theilen Santorin-Erde, 7 Theilen Kalk und 2 Theilen Steintrümmern gewählt. Das Gewicht eines Kubikfusses Santorin-Gussmauerwerks beträgt 112 bis 115 Pfund.

Als *künstliche Cemente* waren schon den Römern gebrannter Thon und Ziegelmehl bekannt.

Bei dem Ziegelmehl ist es nöthig, die Kieselsäure aufzuschliessen, d. h. in lösliche Modification überzuführen, damit der Thon als Cement verwendet werden könne. Gewöhnliche Ziegeln gemahlen geben

Resultate *)

mehrerer Versuche über die rückwirkende Festigkeit des Santorin-Mörtels.

Nro. des Versuches.	Mischungs-Verhältniss des Mörtels.	Alter		Zerdrückt bei Pfd. pr. Quad.-Zoll.	Mittelwerth in Pfd. pr. Quad.-Zoll.
		Jahre.	Monate.		
1	6 Theile Santorin-Erde, 2 Theile gelöschten Kalk und 1 Theil Sand	0	4	225	
2	— — — — — —	0	4	200	
3	— — — — — —	0	4	244	223
4	— — — — — —	0	9	378	
5	— — — — — —	0	9	400	
6	— — — — — —	0	9	356	378
7	— — — — — —	1	0	400	
8	— — — — — —	1	0	356	
9	— — — — — —	1	0	333	363
10	— — — — — —	1	6	256	
11	— — — — — —	1	6	311	
12	— — — — — —	1	6	400	
13	— — — — — —	1	6	322	
14	— — — — — —	1	6	400	
15	— — — — — —	1	6	471	360
16	— — — — — —	1	9	422	
17	— — — — — —	1	9	378	
18	— — — — — —	1	9	333	
19	— — — — — —	1	9	400	383
20	— — — — — —	1	10	400	
21	— — — — — —	1	10	400	
22	— — — — — —	1	10	378	393
23	— — — — — —	2	3	422	
24	— — — — — —	2	3	467	
25	— — — — — —	2	3	504	
26	— — — — — —	2	3	773	542
27	— — — — — —	4	0	688	
28	— — — — — —	4	0	550	
29	— — — — — —	4	0	768	675
30	7 Theile Santorin-Erde und 2 Theile Kalk	13	0	1025	
31	— — — — — —	13	0	1250	1137

kein Cement; zum Aufschliessen des Silicates ist ein schärferes Brennen erforderlich. Am besten ist es, man verschafft sich eine Ziegelprobe und benützt sie empirisch zur Cementirung. Man macht hiezu eine Mischung aus 1 Theil Kalk und 1 bis 2 Theilen Ziegelmehl, lässt das Gemenge an der Luft steif werden, bringt es dann unter Wasser und nach 24 bis 48 Stunden macht man die Festigkeitsprobe. Man nimmt hiezu den Mörtel im Kubus und untersucht die relative Festigkeit, welche mindestens der eines gewöhnlichen Mörtels gleich sein muss; am besten vergleicht man sie mit der eines natürlichen Cementes. Gelangt man auf diese Art zu keinem Resultat, dann nimmt man rohen Thon, mengt ihn mit Kalk, formt Ziegel und brennt sie. Dieses Verfahren wird dann nothwendig sein, wenn der Kalk arm an kräftigen Basen ist, welche die Kieselsäure aufschliessen.

Steinkohlenasche wird häufig als Cement verwendet; doch ist dies nur dort räthlich, wo die Asche aufgeschlossene Kieselsäure enthält, was sehr selten der Fall ist. Meistens enthält sie Gyps, der zwar rasch erhärtet, aber unter Wasser nichts taugt.

Hochofenschlacken geben ebenfalls einen guten Cement, wenn sie kieselsäurereich sind. Die Probe ist einfach: man pulvert die Schlacke und übergiesst sie mit wenig Salzsäure; erstarrt die Flüssigkeit in kur-

*) Heider's Slip- und Trockendockbau.

zer Zeit zu einer durchsichtigen, gallerteartigen Masse, so gibt die Schlacke einen guten Cement.

In Frankreich sind mehrere öffentliche Gebäude (Kanal St. Martin) mit einem hydraulischen Kalke aus der Fabrik St. Leger gebaut, welcher aus 4 Theilen (dem Volum nach) Kreide von Meudon und 1 Theil Thon von Passy gemengt ist.

Ein späteres Patent von Briaut et St. Leger hat statt Thonerde ein Kalksilikat; 4 Theile Kreide und 1 Theil calcinirten und gepulverten Quarz.

Der unter dem Namen »Cendrée« sehr geschätzte Wassermörtel von Tournay wird aus Abfällen gemacht, welche dort beim Brennen des Liaskalkes erhalten werden.

Die Kalksteine müssen nach dem Brennen, wenn sie sich nicht leicht löschen lassen, fein gepulvert werden.

Wichtig ist das Einhalten des richtigen Verhältnisses zwischen Kalk und Cement bei Bereitung des künstlichen hydraulischen Mörtels. Beide Ingredienzien müssen durchaus nach Mass oder Gewicht, nicht nach blossem Augenmasse genommen werden. Am besten beginnt man damit, das Cementpulver anzufeuchten und dann den frischgelöschten Kalk unterzumengen. Auf eine gleichförmige Mengung ist zu sehen. Smeaton nahm zum Baue des Leuchtthurmes zu Eddystone Kalk und Puzzolane zu gleichen Masstheilen. Gewöhnlich pflegt man Trass und Puzzolane dem Gewichte nach mit der Häfte Kalk zu beschicken, wie es die Römer schon gethan. Jedenfalls möchte es gerathen sein, wofern man über die Beschaffenheit des einen oder des andern Bestandtheiles nicht sichere Erfahrungen hat, das beste Verhältniss durch einige Proben zu ermitteln.

Guter hydraulischer Mörtel zieht auch ohne Sandzusatz keine Risse, wenn er unter Wasser erhärtet. Er bildet alsdann eine dichte feste Masse, die kein Wasser durchlässt und vom Wasser auch nicht angegriffen wird. Es ist daher gerathen, an jenen Theilen, die stets vom Wasser bedeckt bleiben, den hydraulischen Mörtel ohne allen Zusatz anzuwenden. Soll nicht nur Erhärtung, sondern auch Bindung erfolgen, so darf die wesentliche Vorsicht nicht unterlassen werden, die Steinflächen, auf welche der Mörtel aufgetragen werden soll, gut anzufeuchten.

Der hydraulische Mörtel verträgt unbeschadet seiner Härte eine ziemlich bedeutende Menge Sand. Ein solcher Zusatz ist eine namhafte Ersparniss. Bei aus Kalk und Cement zusammengesetzten Mörteln ist es Regel, dass man so viel an Sand abbrechen muss, als man Cement zugesetzt hat, weil der gelöschte Kalk in Summa nur eine gewisse Quantität solcher Stoffe bildet, die nicht überschritten werden kann, und der Cement selbst sich zum grossen Theil unthätig, d. h. als Sand verhält. Bei einem hinreichend rasch erhärtenden hydraulischen Mörtel kann man durch einen gewissen Zusatz von Sand ziemlich massive Gegenstände giessen, ohne dass diese nach dem Trocknen Risse bekommen. Wenn man den hydraulischen Kalk mit kleineren Steinen oder Flusskies mengt, so kann man Mauern unmittelbar giessen und erhält die Masse, welche man Béton nennt. — Zu Toulon ward für den Hafenbau eine Masse aus 3 Theilen Kalk, 4 Theilen Puzzolane, 1 Theil Hammerschlag, 2 Theilen Sand und 4 Theilen Steingerölle angewendet.

Meerwasser übt je nach den in denselben enthaltenen Salzen auf den hydraulischen Kalk verschieden ein. Am kräftigsten wirkt schwefelsaure Bittererde umsetzend, und Gyps bildend. Aus Vicat's Versuchen erhellt, dass schwefelsaure und salzsaure Bittererde rasch auf ein Gemenge von gleichen Theilen Kalk und Thonerde, weniger rasch auf ein Gemenge von Kalk, Thonerde und Kieselerde, unmerkbar auf ein Gemenge von gleichen Theilen Kalk und Kieselerde einwirkt. Es werden sich daher zu Bauten im Meerwasser am Besten die Kieselsäure reichsten Cemente vulkanischen Ursprungs eignen, wenn man ihnen wenig Kalk zusetzt. Bei den Hafenbauten von Toulon bewährten sich am Besten 1 Volumtheil Kalk auf 2 Volumtheile Puzzolane, während Mörtel im Verhältniss von 1 ½ : 2 zerstört wurde.

Die Versuche über die Erhärtung der hydraulischen Kalke werden nach Pasley folgendermassen gemacht: 1) man macht aus fein gepulvertem hydraulischem Kalk und Wasser 4 bis 5 Probekugeln von circa 1 Zoll Durchmesser. Sie werden beim Anziehen warm, heiss dürfen sie nicht werden; nach dem Erkalten bringt man sie unter Wasser. Sind sie nach 24 bis 48 Stunden aussen und innen hart, so ist der hydraulische Kalk gut. 2) Wollen die Kugeln unter Wasser nicht erhärten, so ist der hydraulische Kalk entweder abgestanden, wirklich schlecht, oder verfälscht. Man glüht die obigen Kugeln in Schmelztiegeln roth, bis sie mit Säuren nicht mehr aufbrausen. Dann reibt man sie zu Pulver, formt mit Wasser wieder Kugeln; benehmen sich diese nach 1), so war der hydraulische Kalk ursprünglich gut, verdarb aber durch die Luft. Erfolgt aber das Festwerden nach diesem wiederholten Versuch nicht, so ist der hydraulische Kalk aus schlechten Materialien zusammengesetzt oder verfälscht.

Um den relativen Werth der Cemente zu bestimmen, pulvert man dieselben und nimmt von ihnen gleiche Gewichte; ferner nimmt man gleiche Mengen Kalkwasser und fällt aus demselben mit den einzelnen Cementen den Kalk heraus. Ob aller Kalk niedergefällt ist, sieht man durch einen Tropfen Sodalösung. Die Werthe .der Cemente verhalten sich nun unter einander wie die Gewichte der übriggebliebenen, zur Fällung nicht verwendeten Mengen derselben. Diese Werthe lassen sich nun mit den Preisen combiniren.

Die zum Béton verwendeten Steine müssen eine rauhe Oberfläche haben, damit der Mörtel an ihnen gut haftet; sie müssen staubfrei und scharfkantig sein, wie auch den nöthigen Härtegrad besitzen. Vor ihrem Verbrauche werden sie in Wasser getaucht oder stark benetzt, weil sie sonst dem Mörtel zu schnell die Feuchtigkeit entziehen würden. Ihre Grösse soll möglichst gleich, und zwar derart sein, dass ihr grösster Durchmesser etwa 2 Zoll beträgt. Zu solchen Steinstücken eignet sich besonders der feste Sandstein, doch auch Granit, Grauwacke, fester Kalk, selbst auch recht feste Ziegeln, die besonders zu diesem Zwecke gebrannt und dann wie die Steingattungen zerschlagen werden müssen.

Die gehörige Vermengung des Mörtels mit den Steinen wird dadurch mühsam, dass der Mörtel nicht viel Wasser enthalten darf, wenn er schnell erhärten und den hinreichenden Grad von Festigkeit annehmen soll. Ein kräftiges, anhaltendes Durcharbeiten der Masse ist so lange erforderlich, bis alle Oberflächen der Steine mit einer Mörtelschichte bedeckt sind. Kleinere Bétonmassen pflegt man durch Handarbeit folgendermassen herzustellen: auf einen Dielenboden breitet man 6 bis 12 Kubikfuss stark benetzte Steine regelmässig so aus, dass sie eine 6 Zoll hohe Schicht bilden, und setzt nach und nach unter beständiger Umarbeitung mit einem eigenen Rechen die nöthige Mörtelquantität zu. Bei grossen Bauten bedient man sich zu diesem Zwecke besonderer Bétonmaschinen. Ein andauerndes fleissiges Umschaufeln, Stampfen, Werfen, Rütteln, kurz gesagt ein unausgesetztes Bewegen des Bétons bei seiner Bereitung wie bei dem Transporte desselben erhöht seine Güte sehr.

Nicht nur die fortwährend unter oder über dem Wasser befindlichen Theile eines Bauwerkes, sondern auch jene, welche dem Wechsel der Nässe und Trockenheit ausgesetzt sind, können aus Béton hergestellt werden. Die bereits beim Kammerschleusenbau erwähnte Franz-Josephs-Schleuse in Ungarn gibt ein Beispiel hievon. Die Materialien, woraus der Béton zum Baue dieser Schleuse erzeugt wurde, bestanden: aus natürlichem hydraulischem Kalk von Kamenitz, zunächst Peterwardein, aus Donau-Flugsand, aus Battinaer Steingerölle und aus Donauwasser. Das Verhältniss, nach welchem diese Materialien gemengt wurden, bestand bei dem Bau der Schleuse in 1 Theil Kalk, 2 Theilen Sand und 4 Theilen Steingerölle; bei dem Baue der vor- und rückwärts der Schleuse befindlichen Kai-Mauern hingegen in 1 Theil Kalk, 2 Theilen Sand und 5 Theilen Steingerölle.

§. 40.

Der nun fertige Béton wird, wie schon erwähnt, zur Herstellung einer Bétonlage, worauf das gewöhnliche Mauerwerk aufgeführt wird, und welche gleichzeitig auch als Grundfangdamm dienen kann, oder auch zur Aufführung von Mauern sowohl unter, als über dem Wasser gebraucht.

Soll der Béton ohne Zutritt von Wasser verwendet werden, so wird er in Eimern oder Karren herangeschafft, in Lagen von 6 bis 9 Zoll Stärke angeschüttet, mit dem Spaten ausgebreitet, geebnet und niedergedrückt, worauf mit der folgenden Lage in gleicher Weise fortgefahren wird.

Wird der Béton im Wasser versenkt, so ist es eine wesentliche Bedingung, dass der noch weiche Béton möglichst wenig mit dem Wasser in Berührung komme, am wenigsten aber von einem Strome getroffen werden darf, denn sonst würden die Kalktheile des Mörtels ausgespült und das Erhärten der Masse unmöglich werden. Das Versenken geschieht daher entweder, bei geringer Tiefe, durch bis auf die Sohle der Baugrube hinabreichende Trichter, oder bei grösserer Wassertiefe mittels eigener, hiezu konstruirter Kasten. In kleinen und seichten Baugruben wird aber der Béton auf hölzernen Pritschen mit Krücken hinabgeschoben.

Solche Trichter, welche aus Holz oder aus Eisen hergestellt werden können, erhalten entweder eine pyramidalische oder prismatische Form, oder wie die Fig. 512 a und b, Taf. XXIX, zeigt, die eines abgestumpften Keiles. Seine Länge a b richtet sich nach der Tiefe des Wassers, durch das er reichen muss, und beträgt oft 25 und auch mehr Fuss. Zwei feste Achsen x am Oberrande mit niederen Rädern r dienen zur Bewegung auf dem Gerüste, und zwei Walzen w am Unterrande zur Abgleichung der entleerten Masse. Von diesen beiden Walzen ist, wie man aus der Figur 512 b sieht, immer nur eine in Thätigkeit. Das Gerüste, auf dem der Trichter ruht, muss so eingerichtet sein, dass diese Walzen bis auf die Oberfläche der aufzutragenden Schichte reichen. Ist

diese mehr als 3 Fuss dick, so kann man sie horizontal in zwei Hälften theilen und jede für sich herstellen. Zur Herstellung der unteren Bétonlage, Fig. 512 a, muss bei derselben Höhe des Trichters, dieser niederer stehen; der Balken c d müsste demnach in die Linie c′ d′ zu liegen kommen; dieses ist sehr leicht, denn man braucht nur die Spundwand mit provisorischen Holmen bei h zu versehen, welche zum Auflager des Balkens c d in der Höhe c′ d′ dienen können. Die Bétonfangdämme k, welche die Baugrube umgeben und nach Erhärtung des Bétons zur Trockenlegung der Baugrube dienen, können nach vollendetem Grundbaue entweder abgetragen, oder wenn sie das Wasserprofil nicht zu sehr beschränken beibehalten werden. — Wird der Béton in den Trichter geschüttet, so wird derselbe unter dem Trichter eine abgestutzte Pyramide bilden, deren obere Grundfläche mit der unteren Oeffnung des Trichters übereinstimmt und deren Seitenflächen der Böchung entsprechen, welche der Béton unter Wasser annimmt. Der so begrenzte Körper verhindert das weitere Ausfliessen des Bétons und erst, wenn der Trichter verschoben wird, kann dieses in der erwähnten Weise wieder stattfinden. Auf solche Weise wird durch das fortwährende Verschieben des Trichters ein ganzer Streifen Béton und durch mehrere solche aneinander gelegte Streifen eine ganze regelmässige Bétonlage hergestellt. Die Trichter können auch auf schwimmende Unterlagen d. i. zwischen eigenen Fahrzeugen gestellt werden. Hier tritt aber die Schwierigkeit ein, den Trichter immer in gleicher Höhe über der Sohle der Baugrube zu erhalten, da der Wasserstand nicht immer konstant ist; auch die Fahrzeuge, welche den einzuschüttenden Béton enthalten, werden bald mehr bald weniger tauchen, je nachdem sie durch denselben mehr oder weniger belastet werden. Um diese Abweichungen auszugleichen, bringt man an beiden Seiten leere Fässer an, die auf dem Wasser schwimmen und mittels langer Winkelhebel entsprechend herabgedrückt werden können, wodurch dieselben einen Theil der Belastung tragen und die Fahrzeuge heben. — Die Trichter müssen immer bis zu ihrer Oberfläche mit Béton angefüllt bleiben, damit der nöthige Druck auf den versenkten Béton ausgeübt wird und das Material, während es den Trichter passirt, nicht durch das Wasser fällt. Damit letzteres bei der ersten Füllung nicht geschehe, muss diese mittels der Kasten, die sogleich beschrieben werden, stattfinden. Bei Unterbrechung der Arbeit, kann man entweder den Trichter angefüllt stehen lassen, oder man schiebt ihn so weit vor, dass er sich vollständig leert. Im ersten Falle erhärtet oft der darin befindliche Béton schon während einer Nacht so stark, dass er am folgenden Tage nicht mehr von selbst ausfliesst. Man kann ihn zwar noch herabstossen, oder auch während der Nacht durch den Wächter den Trichter einige Male mittels einer Winde etwas vorrücken lassen und dadurch das starke Anhaften des Bétons gegen die Wand verhindern. Damit der Béton bei dem Heraustreten aus dem Trichter nicht in zu grosse Berührung mit dem Wasser komme, wodurch ein geringes Auswaschen des Kalkes aus dem Béton unvermeidlich ist, machte Mary den Vorschlag, den Trichter an seiner unteren Mündung mit zwei geneigten Flächen zu versehen, welche die Dossirungen sowohl an der Seite, als auch in der Richtung, wohin der Trichter sich bewegt, bedecken. Bei dem Baue der Neckarbrücke bei Ladenburg hat man hievon Gebrauch gemacht. Im Allgemeinen zeigt sich die Versenkung des Bétons mit Trichtern als vortheilhaft.

Die *Kasten* zur Versenkung des Bétons sind verschiedenartig eingerichtet, und zwar entweder zum Umkippen, oder es öffnet sich in der Tiefe ihr Boden, wodurch sie entleert werden. Die Kasten zum Umkippen haben die in Fig. 511 a und b, Taf. XXVIII, ersichtliche Einrichtung und Form. Sie fassen bei 3 ¼ Kubikfuss Béton, werden mittels einer Winde herabgelassen, bis sie auf der Sohle oder auf den schon versenkten Béton aufstehen, sodann werden die Kasten etwas gehoben, etwa 4 bis 6 Zoll, damit unter ihnen Raum zum Umstürzen vorhanden ist. Dieses geschieht mittels der am oberen Rand des Kastens und unter denselben durchgeführten Leine. Die Fig. 513 a, b, c und d, Taf. XXIX, zeigen die Einrichtung der Kasten, wie sie bei einer in dem Hafen von Toulon vorgenommenen, sehr bedeutenden Bétonfundirung angewendet wurde. Das herzustellende Fundament war 115 Meter lang, 30 Meter breit, 5 Meter dick und lag $8._5$ Meter unter Wasser. Auf diesem waren aus 27 schmalen Pontons neun Reihen schwimmender Unterlagen gebildet, welche im Lichten $1._2$ Meter von einander abstanden, und als Gerüst für die nach der Längenachse der Schiffe beweglichen acht Winden dienten. Die Kasten m waren von Eisenblech und hingen an Wellen b, welche auf einem Wagengestelle ruhten. Das an der Welle festsitzende Stirnrad c greift in ein Getriebe d, an dessen Achsen zwei Kurbeln a aufgesteckt sind; f ist ein Bremsrad mit dem Bremshebel g. Jeder Kasten hatte einen Inhalt von 1 Kubikmeter und konnte in der Regel 25 Mal im Tage entleert werden. Der

bewegliche Boden bestand aus zwei Flügeln n n, welche sich bei s um eine Charnier drehen konnten. In dem Punkte t wurden sie durch zwei an den schmalen Seitenflächen angebrachte und mit einander verbundene Riegel o zusammengehalten, wenn der Hebel p i die in der Fig. 513 c angedeutete Lage hatte; diese Flügel öffneten sich aber wenn man mittels des Seiles l den Hebel p i hob, wie Fig. 513 d zeigt. Dieses Oeffnen geschah dadurch, dass der Hebel p i den vorderen Riegel o in dem Punkte k fasste und hob, während eine mit diesem Hebel fest verbundene Stange von i nach der andern Seite des Kastens ging, und dort mit einem Haken den rückwärtigen Riegel in die Höhe hob. Nachdem der Kasten entleert und in die Höhe gebracht war, konnten die Flügel mit Anwendung der Stange r, Fig. 513 e, wieder in die erste Lage gebracht und durch die beiden Riegel o geschlossen werden. q q sind zwei hölzerne Querschwellen, gegen welche die zum Tragen des Bétons dienenden Gefässe angeschlagen werden, damit sie sich vollständig entleeren.

Beim Versenken des Bétons mittels Kasten bilden sich nur einzelne Haufen und die Schichten erhalten nicht die ebene Oberfläche, wie bei Anwendung der Trichter. Auf eine vollkommene Ausgleichung kommt es aber nicht sehr an, da man nach der Trockenlegung die Vertiefungen leicht ausmauern kann. Dennoch pflegt man mittels einer schweren gusseisernen Scheibe den Béton unmittelbar nach dem Versenken, während er noch weich ist, durch kräftiges Drücken, jedoch nicht durch Stampfen zu ebnen.

Die Stärke eines Bétonbettes richtet sich nicht nur nach dem Gewichte des daraufzustellenden Gebäudes, sondern vielmehr nach dem Drucke, den die Quellen verursachen, die bei der Trockenlegung der Baugrube von unten gegen das Bétonbett wirken. Für Widerlager, Brückenpfeiler, Stützmauern u. dgl. beträgt die geringste Dicke des Bétonbettes 3 Fuss; in der Regel gibt man aber lieber etwas mehr, da die Preise von Béton und Mauerwerk nicht sehr verschieden sind, und an der Masse des einen stets so viel erspart wird, als man von der des andern mehr verwendet. Bei Schleusenbauten, deren Breite auch etwas über 20 Fuss beträgt, gibt man dem Bétonbette mindestens 3 Fuss zur Stärke. Bei einer grösseren Breite genügt aber dieses nicht mehr und bei starkem Wasserdrucke muss die Stärke oft sogar über 10 Fuss wachsen.

Hagen gibt eine Formel zur Berechnung der Stärke einer Bétonlage unter folgender Voraussetzung: Dass an beiden langen Seiten der Baugrube auf dem Bétonbette Fangdämme aus Béton aufgeführt sind, welche ein Aufschwimmen des ganzen Bettes durch ihr Gewicht verhindern, dass sie aber einem Bruche in der Mitte des Bettes gar nicht entgegenwirken, sondern in diesem Falle leicht eine drehende Bewegung annehmen, ohne die Höhenlage des Schwerpunktes zu verändern. Wäre b die Breite des Bétonbettes, d die Dicke desselben, h die Höhe des Wasserstandes über dem Bétonbette, m die absolute Festigkeit des Bétons für den Quadratfuss (14400 Pfd.), p das Gewicht eines Kub. Fusses Wasser, r p das Gewicht eines Kub.-Fusses Béton (1.5 p bis 2 p), so ist für die Bedingung des Gleichgewichtes:

$$\tfrac{1}{8}\, b^2\, p\, (h+d) = \tfrac{1}{8}\, b^2\, d\, r\, p + \tfrac{1}{3}\, d^2\, m,$$

woraus sich der Werth von d bestimmen lässt.

Die Fig. 514, 515 und 516, Taf. XXIX, stellen die Durchschnitte der gebräuchlichsten Bétonfundamente dar. Diese Figuren sind für sich so klar, dass darüber nicht mehr viel zu sagen ist. Die Sicherung der Bétonmasse gegen Unterspülung geschieht fast immer durch eine Spundwand s, seltener mittels einer starken Steinschüttung; häufig findet man beide vereint, wie Fig. 515 und 516 zeigen. Letztere Figur zeigt ein Stelzfundament; hiebei ruht der Rost und das Mauerwerk auf Pfählen, welche weit über den Boden hervorragen. Die Zwischenräume der Pfähle sind mit Béton ausgefüllt; auf einen festen Zusammenhalt der Bétonmasse ist hier besondere Rücksicht zu nehmen, wesshalb man in solchen Fällen dieselbe lieber mit einer Pfahlwand p, als mit einer Spundwand umgibt. Bei Fundirung mit Senkkästen sind dergleichen Stelzfundamente im Gebrauch.

Die Pfeiler der Dirschauer Brücke über die Weichsel sind auf einer Bétonbettung von 10 Fuss Stärke fundirt. Die Baustelle eines Brückenpfeilers wurde mit einer Pfahlwand eingefasst, welche jedoch stromabwärts nicht geschlossen wurde, damit man mit dem Bagger hinein konnte. Dann wurde der Grund ausgebaggert, die Pfahlwand geschlossen und zur Comprimirung des Grundes wie zum Halte der Bétonbettung wurden in Zwischenräumen von etwa 3½ Fuss Pfähle eingeschlagen, welche bei 3 Fuss mit ihren Köpfen über die Sohle des Baugrundes hervorragten, worauf die Bétonschüttung ausgeführt und auf diese dann das Fundamentmauerwerk gesetzt wurde. Um die erste Pfahlwand wurde eine zweite ringsum geführt und der Raum zwischen beiden Pfahlwänden mit mächtigen Steinen gefüllt. Nach Erhärtung des Bétons wurde die äussere Pfahlwand entfernt, worauf die Füllsteine sich abböschten und nun eine Steinschüttung zum Schutze der inneren

Pfahlwand bilden, um eine Unterspülung der Bétonschicht zu verhindern.

Im Allgemeinen geschieht die Bétonfundirung in einem Grunde, der aus Sand oder Kies besteht, auf folgende Art: Die Baugrube muss immer unter Wasser ausgehoben werden. — Bis auf 1 Fuss Tiefe unter dem natürlichen Wasserstande kann man wenn auch langsamer, aber doch nach der gewöhnlichen Weise die Baugrube ausheben; alsdann müssen Baggermaschinen angewendet werden, mit denen man die Vertiefung so weit treiben kann, als es nothwendig ist. Die Baugrube muss jene Ausdehnung haben, welche man für die Fundirung bestimmt hat, ferner muss sie in ihrer Sohle eben und an den Seiten überall von der erforderlichen Dossirung begrenzt sein, damit kein Einstürzen oder Nachrutschen der sie umgebenden Ufer zu besorgen ist. — Nunmehr umgibt man die Sohle der Baugrube von allen Seiten mit einer Spundwand so, dass durch dieselbe die Richtung, Grösse und Form des Bétonbettes bestimmt wird. Die Spundwand wird mit Holmen versehen, die nothwendig über Wasser treffen müssen, und sodann füllt und stampft man in den Raum zwischen der Spundwand und den dossirten Ufern eine zu Fangdämmen sich eignende Erde, wodurch der Zudrang des Wassers von der Seite her sehr gemässigt wird. Auf den Holmen der Spundwand kann man die nöthigen Rüstungen zur Versenkung des Bétons anbringen, oder die Bahn des Trichters unmittelbar darauf verlegen. — Zuweilen, wie z. B. bei der eben erwähnten Dirschauer Brücke rammt man die Spundwand früher ein, bevor noch die Baggerung auf die nothwendige Tiefe herabgeführt ist. Hiebei wird das Einrammen der Spundwand wegen der grösseren Tiefe, auf welche dieselbe herabgetrieben werden muss, erschwert, und der Zudrang des Wassers von der Seite wird auch nicht vermieden, aber die Baggerung erhält eine geringere Ausdehnung, weil die Seitendossirungen der Baugrube wegfallen, und die Baggermaschine lässt sich auch ganz bequem auf dieselbe Rüstung stellen, die zugleich zur Versenkung des Bétons dient. — Das Versenken des Bétons geschieht sodann in der bereits beschriebenen Weise.

Ein Bétonbett sichert die Baugrube nur gegen den Wasserzudrang von unten. Die Spundwände und die erwähnte Erdanschüttung hinter denselben halten nur einigermassen das Wasser von der Seite ab. Zur Aufführung des Mauerwerks ist aber die Trockenlegung der Baugrube nöthig, welche zu diesem Zwecke mit einem Fangdamm zu umgeben ist; besonders zweckmässig sind hier die Bétonfangdämme, welche auf dem Bétonbette stehen und mit diesem eine zusammenhängende Masse bilden. Die Herstellung dieser Fangdämme bietet, sobald man die Umschliessung für ihre innere Seite gebildet hat, keine Schwierigkeit. Fig. 517, Taf. XXIX, zeigt eine gute Art der Herstellung solcher Fangdämme. Es werden zwei gegenüberstehende Stiele zu einem Rahmen verbunden und entweder verstrebt, oder durch einen Spannriegel so gehalten, dass ihre gegenseitige Stellung gesichert ist. Da die Bétonfangdämme aus einer Masse bestehen, welche an Tragfähigkeit dem Mauerwerke gewöhnlich gleich kommt, so können sie als Theile von Mauerwerk benutzt werden.

Besteht die Sohle aus losem Felsen, in dem sich Klüfte und Spalten vorfinden, durch welche ein heftiger Wasserzudrang stattfindet, der die Trockenlegung vereiteln würde, so bleibt nichts anderes übrig, als eine Umschliessung zur Herstellung eines Grundfangdammes auf die Art herzustellen, dass man von leichten Gerüsten aus Löcher in den Felsen bohrt und die Leitpfähle für eine starke Spundwand in dieselben eintreibt, alsdann zwei Paar Zwingen anlegt und die Spundpfähle zwischen denselben bis auf den Felsboden herabschiebt. Auf diese Art schliesst sich die Wand an die Unebenheiten des Felsbodens an und die Versenkung des Bétons kann wie gewöhnlich vorgenommen werden.

Bei dem Baue der Rheinbrücke bei Mainz wurden die Pfeiler auf einer Bétonlage fundirt. Man schlug zu diesem Zwecke eine hölzerne, den Pfeiler umfassende Pfahlwand so dicht als möglich, baggerte den inneren Raum bis auf eine Tiefe von 15 Fuss unter der Sohle des Rheins aus und legte eine 15 Fuss hohe Bétonlage ein. Nachdem diese etwas angezogen hatte, schlug man in einem Abstande von 4 Fuss von der genannten Pfahlwand eine Spundwand in den Béton und bildete so einen Fangdammkasten, den man ebenfalls mit Béton füllte. Die Bétonfangdämme erhielten eine Höhe von 10 Fuss. Nach Erhärtung des Bétons wurde das Wasser ausgeschöpft und das Versetzen der Quader vorgenommen. Das ganze Fundament erhielt ringsherum eine Steinschüttung. Die Stärke des Fangdammes von 4 Fuss bei einem Wasserdruck von 10 Fuss ist eine zu geringe und auch die Ursache gewesen, dass bei zwei Pfeilern Durchbrüche vorgekommen sind, welche die Arbeiten hemmten und die Kosten vermehrten. Eine Dicke der Fangdämme von 6 Fuss wäre angemessen gewesen.

Bei Bétonfundirungen geschieht es zuweilen, dass an einzelnen Stellen Quellen durchtreten; entweder

ist ein zu frühes Auspumpen des Wassers oder eine Unregelmässigkeit beim Versenken des Bétons die Ursache hievon. Wenn man eine solche undichte Stelle mit Mauerwerk überdecken will, so muss man in demselben einen kleinen künstlichen Kanal bilden, in welchem das Wasser abfliessen kann, denn nur auf diese Weise greift das Wasser die Fugen daneben nicht an und der Mörtel kann vollständig erhärten. Nach Erhärtung des Mörtels kann das Wasser, das durch eine vorgerichtete Oeffnung austritt, durch Sperrung der letzteren leicht abgehalten werden. Häufig hat man hölzerne Röhren zum Abflusse des Quells benutzt, die mit vermauert und nach vollständiger Erhärtung des Mörtels mit einem hölzernen Pfropf geschlossen wurden. Auch hat man solche kleine Kanäle mit stark-hydraulischem Mörtel ausgefüllt, der durch seine Erhärtung das Mauerwerk vollständig ersetzte.

Eine Bétonfundirung gewährt aber mehr Vortheile, wenn durch sie das Wasserschöpfen ganz vermieden wird und dieses geschieht, wenn man die Bétonlage bis in die Höhe des kleinsten Wassers reichen lässt. Eine solche Anordnung erfordert aber besonders bei Pfeilern und Mauern von grösseren Dimensionen die Herstellung einer starken Umfassungswand, gegen welche man an der Aussenseite, nach Massgabe des Fortschreitens der Bétonschüttung, eine Steinschüttung anbringt. Die Fig. 518, Taf. XXIX, stellt eine solche Fundirung eines Pfeilers auf Felsen dar, bei welcher die Steinschüttung fehlt.

Bei einer mittels Santorin-Gussmauerwerk hergestellten Kaimauer wurde längs der rückwärtigen Flucht der herzustellenden Mauer, Fig. 509, Tafel XXVIII, eine Reihe $^8/_8$ zölliger Pfähle a geschlagen, welche mittels Anker und Ankerpfähle versichert wurde, um ein Ausweichen des rückwärtigen Schlammbodens zu verhindern. Diese Pfahlwand bildete gleichzeitig die rückwärtige Flucht für das Bétonmauerwerk, und in einer der Mauerdicke entsprechenden Entfernung wurde nach der Böschungsanlage der äusseren Flucht der Mauer eine Pfostenwand p ausgeführt, deren Leitpfähle auf 9 Fuss von einander geschlagen und mit den nöthigen Einschnitten für die Riegel versehen wurden. Die Fundamentssohle wurde mittels einer Baggermaschine bis auf den festen Grund ausgehoben. Bei solchen Mauern kömmt es auch auf eine horizontale Ausgleichung der Sohle der Baugrube nicht an, weil die Anwendung des Gussmauerwerks jedes derartige Bedenken beseitigt. Die beiden Stirnseiten wurden in ähnlicher Weise mit einer Formwand geschlossen und sodann der mittlere Raum mit Béton ausgefüllt.

Auch kann man, entweder unter gewöhnlichen Verhältnissen nach bewirkter nothwendiger Baggerung, besonders aber, wenn kein Einschlagen der Pfähle gestattet ist und man das Fundament bis zu einer gewissen Tiefe unter dem Wasserspiegel durch eine Steinschüttung, wovon später beim Seebau die Rede sein wird, gebildet hat, zur Herstellung von Gussmauern eigene am Lande konstruirte Kasten anwenden. Wie die Fig. 510, Taf. XXVIII, zeigt, sind diese aus vier ganz getrennten Wänden gebildet, wovon die längeren höchstens 36 bis 40 Fuss lang und je nach der Wassertiefe hoch gemacht werden; die beiden Stirnwände begrenzen mit einer Neigung das Mauerprofil. Die Zusammenstellung der Wände ist aus der Figur ersichtlich; oben in der Höhe des ersten Längenriegels geschieht die Verbindung durch lange eiserne Bolzen und Schrauben (in der Figur mit fünf) und unten durch eben so viele Ketten, deren Enden Stricke sind, welche durch die Pfosten gehen und um diese geschlungen und gebunden werden. Diese am Lande erzeugten und vollkommen fest verbundenen Kasten werden ähnlich wie die Schiffe vom Stapel gelassen und schwimmend an Ort und Stelle gebracht, wo sie mit Ballasteisen oder sonst wie versenkt und unverzüglich mit Béton vollgefüllt werden. Solche Kasten werden, bei herzustellenden längeren Mauern in Distanzen von 30 Fuss genau in der Längenrichtung der Mauer angewendet und sobald der Béton genügend erhärtet ist, werden die Wände durch Lüften der Schrauben oben und durch Durchschneiden der Stricke unten, wieder von einander getrennt und abgenommen. Dieselben Längenwände werden sodann in den noch leeren Zwischenräumen an das hergestellte Bétonmauerwerk beiderseits befestigt und unten durch Ketten und Stricke so verbunden und belastet, dass auch diese Zwischenräume mit Béton ausgefüllt werden können. In dieser Weise werden fast alle Santoringussmauern in Pola, Triest und Venedig ausgeführt.

Man benutzt auch den Béton noch zur Herstellung grosser, künstlicher Steinblöcke, Bétonblöcke, welche vor die Hafendämme lose geschüttet und zum Schutze derselben dienen sollen, indem sie die Gewalt der Meereswellen brechen. In Frankreich sind solche Blöcke von 300 bis zu 2000 Kubikfuss zu dem genannten Zwecke angefertigt und versenkt worden. Häufig sind auch auf solchen künstlichen Blöcken Kaimauern fundirt worden, indem dieselben bei ruhiger See mittels Winden hinab-

gelassen und möglichst regelmässig gelagert wurden. Das Nähere hierüber wird beim Seebau besprochen werden.

Fundirung im hölzernen Kasten (Caissons).

§. 41.

Diese in neuerer Zeit öfter angewendete Fundirungsmethode ist eine Vervollkommnung des bereits im Alterthume gebräuchlichen Verfahrens, in Schiffen einen Steinkörper zu bilden, sie dann durch Einlassen von Wasser zu versenken und auf dem so gewonnenen Grunde Bauwerke zu errichten.

Die Fundirung in Kasten oder Senkschiffen wendete zuerst de la Belie (nach andern Labely) bei der im Jahre 1738 bis 1750 erbauten Westmünsterbrücke zu London an, worauf diese Fundirungsmethode in Frankreich, Oestreich und auch in andern Ländern Anwendung fand.

Die Kasten sind grosse flache Fahrzeuge, deren Böden wagrecht sind und aus gehörig zusammengefügten Balken bestehen. Die Seitenwände sind vertikal und erhalten eine solche Einrichtung, dass sie nach Ausführung des Mauerwerks vom Boden losgemacht und wieder zu einem andern Kasten verwendet werden können, während der Boden als Rost zurückbleibt. Der fertige leere Kasten wird bis über die ausgebaggerte oder sonst wie hergerichtete Baustelle gebracht, durch Seile oder auf eine andere Art so befestigt, dass er sich wohl senken, aber nicht von der Stelle wegbewegen könne, wo dann auf dem Schiffboden der Pfeiler ebenso wie im Trockenen aufgemauert wird.

Die Kasten werden entweder unmittelbar auf den Grund versenkt, oder es werden vorher Pfähle eingerammt, auf die sich der Boden der Kasten aufsetzt. Im ersteren Falle, in welchem der Boden die Stelle eines Schwellrostes vertritt, muss der Grund vollkommen horizontal und so tief gegen das umgebende Flussbett gesenkt sein, dass keine Unterspülung zu besorgen ist. Damit der starke Strom die Baugrube nicht ausfülle, muss dieselhe stromaufwärts und an den Seiten durch einen leichten Fangdamm geschützt werden, welcher wenigstens die heftige Durchströmung hindert. Hierauf wird ausgebaggert und nach sorgfältiger Peilung durch Nachfüllung von Kies der Baugrund ausgeglichen, worauf durch die stromabwärts im Fangdamme offen gelassene Lücke der Kasten schwimmend eingeführt wird. Soll der Kasten auf Pfähle niedergelassen werden und vertritt er hiemit die Stelle eines Pfahlrostes, so kann dies entweder auf Grundpfählen, deren Köpfe nicht über das Flussbett vorstehen, oder auf Pfählen geschehen, die als Langpfähle bis zum niedersten Wasserstande hinaufreichen und ein Stelzfundament bilden. Im ersten Falle unterliegt das Versenken keiner Schwierigkeit. Um das Unterspülen zu verhindern werden die Zwischenräume der Pfähle, welche man bei 2 bis 3 Fuss über der Sohle der Baugrube abschneidet, mit Steinen besser mit Béton ausgefüllt. Bei Langpfählen muss diese Ausfüllung jedenfalls mit Béton geschehen, und zu ihrer Sicherung wird die Baugrube je nach Umständen mit einer Spund- oder Pfahlwand umgeben, wobei dann noch gewöhnlich eine Steinschüttung vorgelegt wird. Die Köpfe der Pfähle drücken sich, wie Untersuchungen bewiesen haben, nahe einen Zoll tief in die untere Fläche des meistens aus Eichenholz erzeugten Bodens ein und machen demnach jede andere Verbindung zwischen diesem und den Pfählen überflüssig.

Die Senkkasten wurden nach verschiedenen Constructionen ausgeführt. Die Fig. 519 a, b und c, Taf. XXX, stellen einen solchen Kasten dar. Rings um den kalfaterten Boden desselben läuft eine sehr starke, etwa $^{16}/_{18}$zöllige Schwelle a, auf welche die 10zölligen eichenen Balken b 4 Zoll tief aufgeblattet werden, ausserdem jeder vierte noch durch ein schwalbenschweifartiges Blatt mit ihr verbunden ist. Auf diese Balken b, welche senkrecht auf die Längenrichtung der Pfeiler liegen, kömmt parallel mit der Richtung der letzteren noch eine Lage 4zölliger eichener Pfosten. Auf diesen Boden werden, zur Verstärkung des Fusses der Wände, noch zwei andere ringsum laufende Schwellen c und d, erstere von einem $^{8}/_{10}$zölligen, die zweite von einem $^{8}/_{12}$zölligen Gevierte, alle drei Fuss durch eiserne Schrauben befestigt. Auf der mittleren Schwelle c stehen die Schiffswände. Diese sind kalfatert und bestehen aus $^{6}/_{9}$zölligen Balken, welche an der inneren Seite mittels 9 Fuss von einander entfernter, vertikaler und verschraubter Hölzer verbunden sind und nur zwei Hälften bilden, deren Trennung an der vorderen und rückwärtigen vertikalen Schneide stattfindet, wo sich die Balken flach berühren. Die Verbindung des Bodens und der Wände wird am einfachsten durch eiserne, oben verschraubte Stangen erzielt. Auch kann man diese Verbindung durch vertikale starke eichene Pfosten, Fig. 519 d, Taf. XXX, erreichen, die unten mit einem halben Schwalbenschweif in die Hauptschwelle a eingreifen, durch daneben eingesteckte Keile gehalten werden und eben auf die gewöhnliche Art in die obere Schwelle e verzapft werden. Hebt man die Schwelle e weg und zieht den

Keil heraus, so hört die Wirkung des Schwalbenschweifes auf, die Wände lösen sich vom Boden und können schwimmend bis zur Werfte gezogen werden, um sie dort einem neuen Boden anzupassen. Figur 519 e, Taf. XXX, zeigt den nackten Pfeiler, in welchem jedoch die erwähnte Stein- oder Bétonausfüllung zwischen den Pfählen fehlt, was aber keine Nachahmung verdient.

Diese Kasten werden entweder auf einer Rüstung über dem Wasser, oder auf dem Lande konstruirt und wie Schiffe vom Stappel gelassen, was mit grosser Vorsicht erfolgen muss, da die Kasten bei der schwachen Verbindung und grossen Länge leicht brechen können. Die Wände müssen während des Gleitens nach dem Querprofile diagonal, so wie auch später sowohl gegeneinander, als auch gegen den gebauten Pfeiler gespreizt werden. Das Versenken geschieht durch Wassereinlassen mittels einer zu diesem Zwecke angebrachten Schütze, oder durch weiteres Aufmauern.

Die Abmessungen der Kasten werden so gewählt, dass darin wo möglich das Fundament des Bauwerkes Platz findet z. B. eines Brückenpfeilers. Bei längeren Mauern, wie bei Herstellung von Kaimauern hat man Kasten von 50 bis 60 Fuss Länge gebildet und aneinander gesetzt. Um den Stoss zu dichten, schlägt man vor die Fuge an die langen Seitenwände der Kasten dicht anschliessend Spundwände, entfernt sodann die Stirnwände, welche die Kasten einschliessen, dichtet den so gebildeten Zwischenraum und legt ihn wasserfrei, um das Verbindungsmauerwerk darin aufzuführen. — Im Hafen von Rouen wurde der bei 660 Fuss lange Kai, mittels sieben viereckiger Kasten in folgender Weise ausgeführt: man theilte die Länge der Kaimauer in sieben Theile und verfertigte eben so viele Kasten, deren Längen jedoch etwas kürzer waren als die Theile, damit sie sich nicht berühren und einzeln versenkt werden konnten. Wie Fig. 520 a, Taf. XXX, zeigt, wurde die Baustelle für jeden Kasten entsprechend geebnet und mit Pfählen versehen und in jedem einzelnen Kasten das ihm zukommende Stück Mauerwerk, vertikal bis zum niedersten Wasserspiegel, erbaut. Hier setzte man das Mauerwerk treppenartig ab und fuhr bis zur Höhe des mittleren Wassers fort. Sodann wurden die Wände der Kasten weggenommen, zur Zeit des niedersten Wassers die stehengebliebenen Lücken in der Weise geschlossen, wie es die punktirten Linien zwischen a b und c d zeigen, und die Arbeit so hoch fortgesetzt als es der Zweck verlangte. Soll z. B. ein kolossaler Brückenpfeiler, Fig. 520 b, Tafel XXX, erbaut werden, dessen Dicke mit seiner Länge sehr kontrastirt, so theilt man seinen Grundriss in mehrere z. B. in drei gleiche Theile, lässt eben so viele Senkschiffe verfertigen und verfährt wie früher. Bildet jeder einzelne Theil ein gut und ringsum zweckmässig abgeschlossenes Ganze, so können die dazwischen befindlichen schmalen Höhlungen C (deren lichte Weite höchstens 5—6 Fuss zu betragen braucht) die Dauer des Pfeilers keineswegs gefährden. Auch können sie mit Steinschüttungen ausgefüllt werden, wenn man diese Arbeit nicht dem Strome überlassen will.

Die Fundirung mit Senkkästen kann angewendet werden: wenn die Oertlichkeit nicht gestattet, Fangdämme anzulegen, wenn ein Ausschöpfen der Baugrube nicht möglich wäre und wenn man überhaupt den beträchtlichen Aufwand für die Fangdämme und Ausschöpfungen vermeiden will.

Fundirung auf Sandbettungen.

§. 42.

Wie schon erwähnt, kann auch minder fester Boden zur Tragung eines Gebäudes fähig gemacht werden, wenn das Fundament eine hinlänglich grosse Verbreitung erhält. Eine der besten Methoden zur Verbreiterung der tragenden Fläche des Fundaments, wie auch um ein Einsinken einzelner nachgiebiger Stellen zu verhüten und um den Druck theilweise auch auf andere Flächen zu übertragen, besteht in Anwendung von Sandschüttungen. Der Zweck des liegenden Rostes ist durch die Sandschüttung vollkommen erreicht, welche auch keine so tiefe Fundirung bedingt. Die Festigkeit der Sandschüttung leidet nicht, wenn sie auch abwechselnd nass und wieder trocken wird, nur muss man sie vor unmittelbarer Berührung des strömenden Wassers schützen, weil sie durch dieses weggeschwemmt werden würde.

Durch Beobachtungen und Erfahrungen ist erwiesen, dass die trockene Sandschüttung die Eigenschaft hat, den Druck zu vertheilen, und denselben durch die Reibung theilweise seitwärts zu übertragen, so dass die Sohle der Baugrube nur die Differenz zwischen dem darüber befindlichen ganzen Gewichte und der Reibung zu unterstützen braucht. — Wenn in einem mit Sand gefüllten Gefässe ein kreisförmiger Theil des Bodens beweglich wäre, so ist der grösste Druck, dem die bewegliche Stelle ausgesetzt ist, dem Gewichte eines Sandcylinders gleich, welcher die Fläche zur Basis und ihren Durchmesser zur Höhe hat; dieser Druck tritt aber erst ein,

sobald die Sandschüttung ungefähr doppelt so hoch, als dieser Durchmesser ist. Wird aber die Sandschüttung noch weiter erhöht oder sonst wie belastet, so erfolgt keine Zunahme des Druckes mehr, denn jede Mehrbelastung überträgt sich vermöge der Reibung des Sandes auf die umgebende Sandmasse.

Eine Sandschüttung, z. B. wie jene in Fig. 521, Taf. XXX, welche die Stelle eines liegenden Rostes vertritt, wird eben so wenig wie dieser eine allgemeine Senkung verhindern, aber die Sandschüttung wird in der Baugrube eine feste Sohle darstellen, worauf man das Mauerwerk setzen kann, ohne befürchten zu müssen, dass die einzelnen Steine desselben ungleichmässig einsinken. Sollte an einzelnen Stellen der Grund besonders nachgiebig, oder die Belastung sehr gross sein, so wird sich nach Massgabe der Tragfähigkeit des Bodens der Druck sehr gleichmässig vertheilen, und dadurch ein theilweises Einsinken innerhalb gewisser Grenzen sehr sicher vermieden werden. — Wird die Sandschüttuug mit Wasser begossen, so wird durch das Durchsickern desselben von oben nach unten der Sand kompacter gelagert und ein Setzen wird alsdann noch weniger zu befürchten sein.

Von Sandschüttungen hat man auch eine Anwendung gemacht, welche ganz dem Pfahlroste entspricht, indem man Sandpfähle bildete, welche bis in den festen Untergrund herabreichen. Durch Pfähle, welche man einrammte und nachher wieder herauszog, bildete man hohle Cylinder, die man mit Sand anfüllte, Fig. 522, Taf. XXX, erzeugte auf diese Art die Sandpfähle und stellte entweder unmittelbar auf diese, oder auf eine über solche Pfähle hergestellte Sandschüttung, das Fundamentmauerwerk des Gebäudes. Diese Fundirung, welche sich nur für leichtere Bauwerke eignet, verdient nicht den Vorzug gegenüber der früher besprochenen einfachen Sandschüttung, denn die Sandsäulen werden wegen ihrer verhältnissmässig sehr grossen Oberfläche immer etwas nachgeben und ihre Herstellung ist sehr kostspielig, weil die Arbeit des Rammens nicht vermieden, und das Ausziehen der Pfähle mit Schwierigkeiten und verhältnissmässig so grossen Kosten verbunden ist, dass man dafür den Ankauf der Pfähle selbst bestreiten könnte. — Statt des Sandes wendete man auch Béton an, den man in die hohlen Cylinder fest einstampfte.

Fundirung mit eisernen Leit- und Spundpfählen.

§. 43.

Bis vor wenigen Jahren hat man fast allgemein nur Fundirungen mittels Pfahlrost oder einer Bétonlage angewendet, welche bei ungünstigen Verhältnissen bedeutende Kosten verursachten. Dieses bewog die Ingenieure, neue Fundirungsarten in Anwendung zu bringen, welche von den bisher beschriebenen wesentlich verschieden sind und beschrieben werden sollen.

Die allgemeine Verwendung des Guss- und Schmiedeisens führte in England, wo dieses Material sehr billig ist, dahin, das Holz bei den Bauten theilweise oder ganz durch Eisen zu ersetzten.

Der Ingenieur Page fundirte, dieses Princip vor Augen haltend, die Westmünster- und die Chelsea-Brücke über die Themse in neuester Zeit derart, dass statt der Spund- und ihrer Leitpfähle von Holz, solche von Gusseisen angewendet wurden. Fig. 498 a, b, c und d, Taf. XXVI, zeigen die Fundirung der Westmünsterbrücke, welche der der Chelseabrücke ganz ähnlich ist. Bei beiden hat man die Herstellung der Fangdämme vermieden. Wie die Figur zeigt, befinden sich unter jedem Pfeiler 145 Pfähle (kieferne) 15 Zoll im Quadrat stark, in Reihen von je 3 und 5 Stück eingerammt; sie sind 30 Fuss lang und dringen etwa 17 bis 18 Fuss in festen Thonboden ein. Diese hölzernen Pfähle sind von einer gusseissernen Wand umgeben, die aus runden Leitpfählen und aus flachen Spundpfählen bestehen. Die Leitpfähle stehen in Entfernungen von etwa 5 Fuss 2½ Zoll, sind 24 Fuss 6 Zoll lang, 15 Zoll im Durchmesser und sind so tief eingerammt, dass ihre Köpfe 2 Fuss über dem niedersten Wasser hervorragen. Dieselben haben an zwei Seiten Nuthen, in welchen die Spundpfähle eingreifen und so die Umschliessung bilden. Die Spundpfähle sind 15 Euss lang, 1 Zoll stark, mit starken Rippen versehen und sind so weit eingetrieben, dass ihre Oberkante, welche mit einer breiten horizontalen Kopfplatte endigt, noch 6 Fuss unter dem kleinsten Wasser bleibt. Auf diesen Kopfplatten der Spundpfähle stehen 8 Fuss hohe, 18 bis 20 Zoll dicke Granitplatten, welche die oberen Zwischenräume der runden Pfähle schliessen und mit letzteren in derselben Höhe endigen. — Aus dem inneren Raume zwischen den Holzpfählen wurden alle weichen Schlamm- und Sandschichten bis auf den festen Kies ausgebaggert, und die oberen

Enden der gegenüberstehenden eisernen Spundpfähle, durch 2 Zoll starke Zuganker mit einander verbunden, welche Arbeit mit Hilfe von Taucheranzügen unter Wasser bewirkt wurde. — Die Rostpfähle wurden 6 Zoll über dem kleinsten Wasser abgeschnitten, und die Köpfe derselben so wie die eisernen Leitpfähle durch in dieser Höhe eingezogene und verschraubte, 4 Zoll breite, 1 Zoll starke Flacheisen mit einander verankert. Sodann wurden alle Zwischenräume innerhalb der eisernen Wände mit Béton aus Kies und Portland-Cement bis zu den Pfahlköpfen ausgefüllt, und auf jeden Pfahl ein 18 Zoll hoher, 2 Fuss im Quadrat grosser Granitblock versetzt, deren Zwischenräume ebenfalls mit Béton ausgefüllt wurden. Die gusseisernen Hohlpfähle und die Granitplatten bilden die Umschliessungswand, die Steinblöcke auf den Rostpfählen mit dem dazwischen befindlichen Béton eine Art Rost zur Aufnahme des massiven Körpers der Pfeiler, welcher mit einem 2 ½ Fuss hohen ganz durchgehenden Granitsockel beginnt. Um die eiserne Wand herum wurde der Kiesboden bis auf den Thon ausgebaggert und die hiedurch gebildete Vertiefung mit Béton ausgefüllt. Bei der Brücke bei Chelsea fehlen die hölzernen Rostpfähle und der massive Pfeilerkörper wurde unmittelbar auf den Béton gestellt.

Diese Fundirungsart gewährt viel Sicherheit und einen hohen Grad von Stabilität, allein sie eignet sich doch nur für solche Länder, wo das Eisen sehr billig ist, indem sie sonst viel zu grosse Kosten verursachen würde.

Fundirung mit Hilfe comprimirter Luft.

§. 44.

Ingenieur Pott kam auf die Idee, beim Eintreiben der Pfähle nicht mehr auf diese, sondern auf den Boden selbst zu wirken, wozu er einen luftleeren Raum im Innern des hohlen Pfahles zu erzeugen bemüht war. — Ein hohler gusseiserner oder blecherner, unten offener Pfahl wird hiezu an seinem oberen Ende mit einem Deckel versehen, welcher sorgfältig schliesst und mit einer pneumatischen Pumpe in Verbindung gesetzt ist; er wird etwas in den Boden eingerammt, welcher aus Schlamm, Sand oder auch Thon bestehen kann und mit Wasser bedeckt ist. Arbeitet man nun mit der Luftpumpe, so strebt, indem die Luft verdünnt wird, das Wasser in Folge des äusseren atmosphärischen Drucks mit Gewalt in die Röhre hineinzudringen, und der an der Sohle der Röhre sich bildende Wasserstrom greift den Boden an und zerstört den natürlichen Zusammenhang des Bodens, worauf der Pfahl theils durch den atmosphärischen Druck, theils durch sein eigenes Gewicht einsinkt. Der Inhalt der Röhre wird durch geeignete Vorrichtungen herausgeschafft und diese Operation so oft wiederholt, bis der Pfahl auf die erforderliche Tiefe eingedrungen ist. Sind nun alle Pfähle auf diese Art in den Boden eingesenkt, so wird auf sie entweder ein hölzerner oder eiserner Rost gelegt und hierauf gemauert.

Obwohl dieses Princip mit gutem Erfolge zur Ausführung gekommen ist (bei der Fundirung des Viadukts der Insel Anglesia auf der Eisenbahn von Chester nach Holyhead), so wird dennoch die Fundirung mit Hilfe comprimirter Luft, als vortheilhafter, öfter angewendet.

Es war im Jahre 1840, als Triger bei Chalons am Fusse eines Hügels an der Loire die unter einer Alluvion von 20 Meter Mächtigkeit liegenden Anthracitlager erreichen wollte, wo er auf die Idee kam, Schachte niederzutreiben und dabei das Wasser zu verdrängen, statt es auszuschöpfen. — Statt der erwähnten Röhren oder hohlen Pfähle, wie sie Pott anwendete, werden bei diesem von Triger erdachten umgekehrten Verfahren, weite Cylinder von Gusseisen, die unten offen und oben geschlossen sind, angewendet. Jeder Cylinder, der für sich einen festen Theil des Fundaments zu bilden bestimmt ist, wird an seine genau ermittelte Stelle des Flussbettes so eingesetzt, dass er noch hinreichend über dem Wasserspiegel hervorragt. Das Wasser im Cylinder wird mit dem äussern Wasserspiegel in gleicher Höhe sein und erst, wenn man den oberen Theil des Cylinders mit einer Luftcompressionspumpe in Verbindung setzt, treibt man durch die komprimirte Luft alles Wasser heraus. Je nach der Wassertiefe ist der Cylinder mit einer komprimirten Luft von 2 auch 3 Atmosphären Druck gefüllt und es können Arbeiter in denselben eintreten und den Boden im Cylinder ausgraben. Um den Eintritt der Arbeiter in den Cylinder zu ermöglichen, befindet sich am oberen Theile desselben eine Art Luftkammer oder Luftschleuse. Es ist dieses gewöhnlich ein kleinerer Cylinder, welcher eine Eintritts- und eine Austrittsklappe oder Thüre hat. Beide öffnen sich nach Unten oder Innen und müssen hermetisch schliessen. Hähne, wovon einige von Innen und andere von Aussen zu öffnen sind, haben den Zweck, die Passage der Materialien und den Verkehr der Arbeiter zu sichern. Will nun ein Arbeiter einsteigen, so öffnet er einen Hahn und lässt die komprimirte Luft aus der Luft-

kammer austreten, worauf sich die obere Klappe von selbst öffnet und derselbe in die Luftkammer eintreten kann. Nun schliesst er diesen Hahn, wie auch die obere Thüre oder Klappe und öffnet einen andern Hahn, durch welchen abermals komprimirte Luft in die Kammer tritt, worauf der Arbeiter, sobald der Luftdruck sich ausgeglichen, die untere Klappe öffnet und mit Hilfe einer Leiter auf den Boden gelangt. Die untere oder die Austrittsklappe muss aber, bevor der Arbeiter in den Cylinder herunter geht, von diesem geschlossen und die komprimirte Luft der Luftschleuse durch Umdrehen des entsprechenden Hahns entfernt werden. Will ein Arbeiter sich aus dem Cylinder entfernen; so geschieht dieses durch das umgekehrte Manöver des Einsteigens. Im Cylinder graben die Arbeiter am Rande desselben den Boden weg und es senkt sich dieser durch seine eigene Schwere. Die abgeräumte Erde wird gewöhnlich durch Kübel mittels eines Haspels in die Höhe gebracht und durch die Luftkammer in gleicher Weise entfernt, wie ein Arbeiter aussteigt. Um das Einsenken des Cylinders zu beschleunigen wird derselbe noch beschwert; um denselben genau in der vertikalen Richtung zu erhalten, errichtet man hiezu eigene Leitgerüste. In dem Masse als der Cylinder sich senkt muss derselbe verlängert werden, damit die Luftschleusse immer in gehöriger Höhe über Wasser bleibt und je tiefer der Cylinder eingedrungen, desto grösser muss der Luftdruck sein, um dem Drucke der äusseren Wassersäule entgegen zu wirken. Je grösser aber der Luftdruck im Cylinder ist, um so schwieriger ist die Arbeit in demselben und als äusserste Grenze wird eine Höhe der Wassersäule von 24 Meter angegeben. — Ist nun der Cylinder bis auf seine gehörige Tiefe eingedrungen, so füllt man den inneren Raum desselben mit Béton oder Mauerwerk aus und erhält auf diese Weise einen festen Pfeiler. Sämmtliche auf diese Weise aufgeführten Pfeiler werden mit einem aufgelegten gemeinschaftlichen Rost verbunden und bis zum Auflager der Brückenkonstruktion entsprechend erhöht. Da nun das Hauptprincip dieser Fundirung kurz besprochen wurde, geht man auf die Beschreibungen einiger nach diesem Princip ausgeführter Fundirungen über.

Fundirung der Theisbrücke bei Szegedin.

Diese aus acht Blechbögen von $41._{479}$ Meter Spannweite bestehende Brücke wird von sieben Mittel- und von zwei Widerlagspfeilern getragen, und wurde von Cesanne erbaut. Die auf der Brückenbaustelle vorgenommenen Sondirungen ergaben eine durch die gewöhnliche Sondirung nicht erreichte Tiefe von sehr feinem, mit Thon untermischten Sande. Jeder Mittelpfeiler dieser Brücke besteht aus zwei 3 Meter im Durchmesser haltenden Säulen, wovon jede ein Schienengeleise trägt, und die in Folge dessen von Mitte zu Mitte 4 Meter von einander entfernt stehen. Die Säulen sind durch gusseiserne Röhren, welche vertikal in die Erde versenkt und mit Béton ausgegossen wurden, gebildet. Jede Röhre besteht aus mehreren Theilen. Diese gusseisernen Röhren- oder Cylindertheile haben eine Wanddicke von $0._{035}$ Meter eine Höhe von $1._{83}$ Meter und sind durch angegossene und derart abgedrehte Flantschen, dass sie sich in ihren Flächen berühren, mittels Bolzen und Schrauben verbunden. Unmittelbar über der Sohle des Bodens sind die Röhren durch einen, aus Pfählen und Spundwänden gebildeten und mit Béton ausgegossenen Kasten umgeben, an den sich noch rings herum eine Steinschüttung lehnt. Der Zweck hievon ist, eine Auswaschung der Sohle des Flusses an jenen Stellen, wo die Röhren sich befinden, unmöglich zu machen. Die Röhren reichen bis gegen 12 Meter unter das Niederwasser, und da dieses bei 3 Meter beträgt, so langen sie bei 9 Meter in das Flussbett. In jeder Röhre selbst sind in ihrer bereits um obiges Mass vertieften Sohle noch 12 Pfähle 6 Meter tief eingerammt, auf welche erst der Béton eingeschüttet wurde. Beide Endwiderlager sind auf Béton fundirt, welcher auf einem Pfahlrost ruht und von einer Spundwand eingeschlossen ist.

Zur Senkung der Cylinder bis zu so bedeutender Tiefe bediente man sich eines pneumatischen Apparates. In einem schmiedeisernen Aufsatze, mit welchen die Cylinder in ihrem oberen Theile luftdicht geschlossen wurden, Fig. 524 a und b, Taf. XXXI, befand sich die Luftschleuse; in diesem Aufsatze, welcher in Fig. 524 b im Grundriss ersichtlich ist, wurde die Luft mittels der Luftdruckpumpe h und des communicirenden Rohres g eingepumpt, in Folge dessen das im Cylinder befindliche Wasser theils unten, theils durch das Steigrohr f entweichen musste. Der innere Raum wurde dadurch wasserfrei und für die Arbeiter, welche in der verdichteten Luft die Vertiefung bewirken mussten, zugänglich. Damit die Cylinder genau vertikal einsanken, musste das Wegräumen des Bodens sehr vorsichtig und gleichförmig, wie an jenen Stellen, vorgenommen werden, welche den grössten Widerstand gegen das Einsinken bildeten. Zur genauen Führung der einzusenkenden Cylinder wurden auch dieselben von einem solid kon-

struirten Gerüste umgeben, welches in verschiedenen Höhen die Cylinder mit Zangen umspannte und die Arbeitsebenen in geeigneten Höhen bildete. Um das Einsinken zu befördern, so wie auch um ein Gegengewicht gegen das Heben der Cylinder zu erhalten, wurden dieselben mit eisernen Gewichten bis zu 400 Centnern beschwert. Das geförderte Material wurde durch einen im erwähnten Aufsatze befindlichen Haspel gehoben und durch die Luftschleusse entfernt.

a ist die Schleusenkammer, b und c sind die Schleusenklappen; die Kammer bildet einen vertikal stehenden Halbcylinder aus Eisenblech, von 1.8 Meter Höhe und 0.67 Meter Durchmesser, und ist von allen Seiten luftdicht geschlossen. Zwei Röhren mit Hähnen verbinden die Kammer mit dem inneren Raum des zu versenkenden Cylinders und zwei andere die Kammer mit der atmosphärischen Luft. Von jedem Paar Röhren ist eine mittels des Hahnes von aussen, die andere von innen des Pfeilers in Thätigkeit zu setzen. Durch diese Anordnung können die Arbeiter, welche im Cylinder, wie jene, welche in der freien Luft sich befinden, sowohl sich, als auch irgend einen Gegenstand von aussen nach innen oder umgekehrt bringen. Will man aus dem Pfeiler in's Freie gelangen, so füllt man die Schleusenkammer durch Oeffnung des entsprechenden Hahns mit verdichteter Luft, worauf sich die obere Horizontalklappe d schliesst und die Klappe bei c, welche nun auf beiden Seiten gleichen Druck erleidet, kann leicht geöffnet werden. Man steigt sodann in die Schleusenkammer, zieht die Klappe c nach sich, und lässt die verdichtete Luft der Kammer durch Oeffnen des entsprechenden Hahns ins Freie ausströmen. Bis sie sich mit der atmosphärischen Luft ins Gleichgewicht setzt, wird die Klappe d geöffnet werden können und man kann aussteigen. n ist ein Laufkrahn, der sowohl zum Aufsetzen der Cylindertheile als zum Heraus- und Hineinfördern des Materials dient, das durch die provisorische Eisenbahn m entweder weg- oder zugeführt wird. Der im Pfeiler herrschende Luftdruck wurde durch ein an dem Aufsatz angebrachtes Monometer abgelesen, nach welchem Stande der Gang der Luftpumpe geregelt wurde. d ist ein Sicherheitsventil, um der verdichteten Luft einen Ausweg zu verschaffen, wenn durch Unachtsamkeit der Arbeiter die Verdichtung einen zu grossen Grad erreichen sollte.

Die Luftpumpe, welche in der Verlängerung der Kolbenstange einer Dampfmaschine angebracht war, befand sich mit einem Dampfkessel auf einem Schiffe und das Rohr g für die einzupumpende Luft war durch Einschaltung von Gummiröhren zum Nachfolgen der Röhre geeignet gemacht.

Die Versenkung der Pfeiler muss bei dieser Fundirungsmethode genau bis auf die erforderliche Tiefe bewirkt werden, was durch einige Vorsicht beim Ausschachten leicht möglich ist. Derartige kleine Differenzen können durch die letzten Cylinderstücke, bei denen die Flantschen um einige Zolle vom Rande zurückgesetzt sind, durch Abdrehen desselben, ausgeglichen werden. Das letzte Cylinderstück ist bei diesen Pfeilern durch eine viereckige, rechtwinkelige Platte geschlossen, welche von vielen Consolen, die aus dem Cylindermantel hervorwachsen, unterstützt wird. Auf dieser Platte ruhen sodann die Bogenrippen der Brücke.

Fundirung der Brücke von Rochester.

Diese über die Medway erbaute Brücke hat drei Bögen, wovon der mittlere 55.25 Meter, die beiden andern aber 45.5 Meter Spannweite haben. Der Landpfeiler an der Seite von Strood wird von 30 cylindrischen Pfählen von 1.83 Meter Durchmesser, jener auf der Seite von Rochester, von 12 Pfählen gleichen Durchmessers, jeder der beiden Mittelpfeiler wird aber von 14 Pfählen von 2.135 Meter Durchmesser getragen. Jeder Pfahl besteht aus einer gewissen Anzahl 2.745 Meter hohen Cylindern, welche übereinandergesetzt und durch starke verbolzte Bügel mit einander verbunden sind. Die Sondirungen zeigten, dass der Boden aus Schichten weicher Erde, Sand und Kies bestand, die über 14.3 Meter unter dem Niveau des hohen Wasserstandes auf Kreide gelagert waren. Die Cylinder wurden mit Hilfe comprimirter Luft versenkt.

Die Fig. 525 a, b, c, d und e, Taf. XXXI, stellen diese Fundirung dar. Es wurde ein Cylinder so eingerichtet, dass er auf seinem obersten Rande einen blechernen Deckel aufnehmen kann, der mit ihm fest verbunden wird und in dem sich zwei gusseiserne Luftkammern befinden, welche die Grundrissform eines D haben. Jede Luftkammer hat eine Höhe von 1.9 Meter und springt 0.75 Meter über den Deckel vor. Sie ist mit einer 0.60 Meter weiten Oeffnung versehen, die durch ein Ventil geschlossen ist, das sich um eine horizontale Achse dreht. Eine gewöhnliche an der flachen Seite der Kammer angebrachte Thüre vermittelt die Verbindung mit dem Cylinder und lässt die beiden Arme von zwei Krahnen in die Kammer treten, um die Tragkübel abzusetzten, die von dem inneren Haspel von dort fortgenommen wer-

den. Zwei Reihen von Hähnen, die von innen oder von aussen gehandhabt werden, haben den Zweck, den Durchgang von Materialien und den Verkehr der Arbeiter zu sichern und die Luftkammer auf der einen Seite mit dem Cylinder, auf der andern Seite mit der Atmosphäre in Verbindung zu setzen. Für die Arbeiter und für den Transport der Materialien sind im Innern des Cylinders geneigte Leitern, abwechselnd rechts und links, angebracht, die von leichten Gerüsten getragen werden, welche an jedem Cylinder befestigt sind.

Eine zweicylindrige Luftpumpe von 0.304 Meter Durchmesser und 0.457 Meter Kolbenhub, mit doppelter Wirkung und von einer Dampfmaschine mit sechs Pferdekräften bewegt, lieferte die komprimirte Luft. Um 4.55 Meter Wasserhöhe wegzudrängen, brauchte man, wenn der Boden dessen Abfluss gestattete, eine Arbeitszeit der Luftpumpen von 5 Minuten; gestattete dagegen der Boden dem Wasser nicht den Ausgang, so wurde dieser durch einen hinaufreichenden Heber bewirkt, der beliebig geschlossen werden konnte und dauerte aber ungefähr 40 Minuten, um die Wasserhöhe um 1.80 Meter zu vermindern.

Um ein Gegengewicht zu erhalten, das den Zweck hatte, der Tendenz des Cylinders sich zu heben, Widerstand zu leisten, legte man über den Kopf des Cylinders ein Paar hölzerne Balken g g, die fest mit einander gekuppelt und durch zwei andere Querbalken i i verbunden wurden, die zwei gusseiserne Rollen aufnahmen, über welche eine Kette ging. Diese Kette war auf einer Seite an einem gusseisernen auf der Fusssohle stehenden Röhrenpfahl k, auf der andern Seite aber durch den Träger n an einem Cylinder j befestigt, der sich im Innern des Röhrenpfahls k bewegte und eine solche Einrichtung hatte, dass er eine Last aufnehmen konnte. Die Cylinder k dienten als Führungen, um jedes Schwanken der Gewichte zu vermeiden. Dieses gleichmässig auf beide Seiten vertheilte Gegengewicht erreichte 40 Tonnen. Diese Art der Belastung hat sich jedoch nicht gut bewährt und besser ist jene bei der Brücke von Szegedin angewendete, wo man den Cylinder selbst durch Gewichte nach Bedürfniss belastete.

Die gusseisernen Cylinder, welche den Pfahl bilden, sind mit a bezeichnet; b und b' sind die Luftkammern, d ist einer der beiden Drehkrahne, die zum Hineinbringen der gefüllten Körbe in eine der Kammern dienen, wenn die Verbindungsthüre geöffnet ist. Die beiden Krahne werden von einem gemeinschaftlichen Haspel bewegt. e sind die Leitern für die Arbeiter und f ist der Heber zum Ausfluss des Wassers. Der äussere Haspel h dient zum Aufbringen der Körbe, wenn die Ventile c c' geöffnet sind. Die Hähne 1,1 dienen zum Entweichen der komprimirten Luft aus den Kammern und werden vom Innern des Cylinders gehandhabt; die Hähne 2,2 gestatten den Eintritt der komprimirten Luft in die Kammern, sie werden von aussen oberhalb des Cylinders bewegt; die Hähne 3,3 haben den Zweck, die Luft aus den Kammern behufs der Passage der Arbeiter auszulassen und werden vom Innern aus besorgt; die Hähne 4,4 dienen zu demselben Zwecke und haben die Bestimmung wie jene 2,2.

Fundirung der Brücke über den Niemen bei Kowno.

Die russische Eisenbahn überschreitet zwischen Dolnafreda und Kowno den Niemen unter einem Winkel von $68^0 - 41'$ mittels einer doppelgeleisigen Brücke. Dieselbe überspannt bei einer Gesammtlänge von 1068 Fuss sechs Oeffnungen. Die beiden äussersten dienen, um Wege unter der Brücke durchzuführen, während die vier mittleren die Fluthöffnungen bilden; jene haben eine Lichtweite von 35 Fuss, diese 214 ½ Fuss in den beiden äussern und 240 Fuss in den beiden mittleren Oeffnungen. Der eiserne Oberbau stützt sich an beiden Enden auf massive Widerlagspfeiler und ruht im Uebrigen auf fünf Paar gusseisernen Cylindern von 11 Fuss 2 Zoll, resp. 10 Fuss 1 Zoll äusserem Durchmesser, welche unter Anwendung von komprimirter Luft auf eine mittlere Tiefe von 32 Fuss versenkt sind, und sich 35 ½ Fuss über den mittleren Wasserstand erheben. Jedes Paar solcher Cylinder bildet einen Brückenpfeiler. Die Cylinder sind in ihrer ganzen Höhe mit Béton ausgefüllt und werden durch drei, auf eben solchen Cylinderpaaren wie die Strompfeiler fundirte Eisbrecher vor Beschädigungen durch den Eisgang gesichert.

Cesanne leitete auch hier die Ausführung dieses Baues. Die Fig. 526 a, b, c, d und e, Taf. XXXII, stellen die Fundirung dar.

Man begann mit der Versenkung der Cylinder zu den Mittelpfeilern der Brücke mittels zweier pneumatischer Vorrichtungen, die man gleichzeitig oder abwechselnd im Betriebe erhielt. Zu diesem Zwecke rüstete man, ähnlich wie es bei den andern dergleichen Fundirungen geschehen, je vier (zwei für den Pfeiler und zwei für die Eisbrecher) in einer Linie zu versenkenden Säulen bis auf die Höhe der Brücke ein, und stellte auf dieser Rüstung eine Schiebebühne

mit Winde her, welche beide auf Schienenbahnen in gegenseitig sich ergänzender Richtung beweglich waren. Durch solche Vorrichtungen ist man in der Lage, nicht nur die einzelnen Säulenringe zu heben und genau an der richtigen Stelle zu versenken, sondern auch sämmtliche zu den pneumatischen Apparaten gehörige Constructionstheile aufzuwinden und zu richten. Von den Säulenringen, welche in Höhen von 4½, 2¾ und 1½ Fuss verwendet wurden, bestand jeder einzelne aus vier Cylindertheilen, die an allen vier inneren Kanten mit Flantschen versehen waren, mit denen sie durch Schraubenbolzen fest untereinander verbunden wurden. Waren mehrere solche Säulenringe in dieser Weise auf einander gesetzt und auf das vorher ausgebaggerte und geebnete Flussbett niedergelassen, so wurde sofort die Glocke des pneumatischen Apparates aufgebracht und dieser in Thätigkeit gesetzt. Seine Einrichtung ist aus der Figur ersichtlich, und sie ist wenig verschieden von der des Apparates, welcher bei dem Baue der Szegediner Brücke angewendet worden ist, hat jedoch vor dieser den Vorzug, dass nicht die Luft des ganzen Cylinderraumes comprimirt werden muss, wodurch die Herstellung der Säulencylinder wesentlich erleichtert worden ist.

Zu seiner Bedienung waren 9 Arbeiter erforderlich. Der eine von diesen führte die Aufsicht, zwei andere brachen mit Hacke und Spaten in dem unteren Arbeitsraume L, der durch die vorher eingefugte schmiedeiserne Decke K hermetisch von der äusseren Luft abgeschlossen war, die Erde los und füllten sie in Eimer. Diese Eimer wurden dann durch die beiden Cylinder J, J aus Eisenblech, welche die Decke K mit der Bodenplatte der Glocke G gleichfalls hermetisch verbinden und zugleich als Fahr- und Förderschacht dienen, von 4 Arbeitern an der Winde H in die Glocke G, resp. wenn sie geleert, wieder zurück nach L gefördert. Zwei Arbeiter endlich verrichteten die ähnliche Arbeit an der äusseren Winde A, indem sie mit dieser die vollen Eimer aus der Glocke heraushoben und die leeren wieder hinabsenkten. Hierbei sowie bei dem Ein- und Aussteigen der Arbeiter in den Apparat wird die Communication mit diesem durch die bekannten Luftschleusen vermittelt, indem man beim Einsteigen zunächst durch die Klappe B sich in den Raum D begibt. Einer der äusserlich beschäftigten Arbeiter schliesst die Klappe wieder, und man öffnet den Hahn C, worauf mit starkem Gebrause die in der Glocke G zu 1½ bis 3 Atmosphären Druck verdichtete Luft in D eindringt und sich mit der hierin befindlichen ausgleicht. Nach etwa einer Minute öffnet sich alsdann die Thüre F von selbst, und man lässt sich an einer Kette in die Glocke hinab. Von dieser endlich führen Leitern in die Röhren I, I nach dem Arbeitsraume L hinunter. Das Ventil E dient zum Wieder-Auslassen der comprimirten Luft aus dem Raume D.

Die Glocke enthält gewöhnlich eine Temperatur von 38 bis 48° R. Die Arbeiter, die in ihr beschäftigt sind, müssen sich erst an die Temperatur und den Luftdruck gewöhnen und fühlen Anfangs Beschwerden mancherlei Art, meistens aber erst dann, wenn sie wieder an die freie Luft kommen. Bedeutend weniger unangenehm ist der Aufenthalt in dem Arbeitsraume L, wo der Wärmegrad im Durchschnitt nur 16 bis 24° R. beträgt; doch stört der Lampenblock und die schlechten Ausdünstungen so, dass die Arbeiter oft Monate lang beim Husten eine schwarze schleimige Masse auswerfen. Dessenungeachtet kamen Krankheitsfälle im Ganzen nur sehr wenige vor, und während bei dem Bau der Dünaburger Brücke neun Todesfälle sich ereigneten, wobei die Todesart mehrentheils Schlagfluss war, der etwa 6 Stunden nach beendeter Arbeitszeit einzutreten pflegte, starb bei dem Kownoer Brückenbau nur ein Arbeiter während der ganzen Zeit der Anwendung der pneumatischen Apparate.

Zur Comprimirung der Luft bediente man sich einer Luftpumpe, welche mit der Glocke G durch die Rohrleitung M in Verbindung stand und durch eine Locomobile von sechs Pferdekräften in Bewegung gesetzt wurde. Man stellte diese Maschinerie so nahe wie möglich an den Apparat, um Luftverlust und Reparaturen an der Rohrleitung, die aus Kupfer und in den Biegungsstellen aus Kautschuk gefertigt war, so wie damit verbundene Unterbrechung der Arbeit thunlichst zu vermeiden. Der Luftdruck drängte sehr bald das Wasser, welches von unten in den Arbeitsraum L einzudringen bestrebt war, der Art zurück, dass die Erde, welche aus dem Innern dieses Raumes herausgefördert wurde, trocken wie Asche war. Dagegen füllte man den Raum über der Decke K, zwischen dem Cylindermantel und um die Blechröhre I herum bis auf die ganze Höhe des im Versenken begriffenen Cylinders durch Pumpen mit Wasser an, und kam durch den hierdurch hervorgebrachten Druck dem Einsinken der Säulen zu Hilfe. Bei einem Terrain, das hier grossentheils aus Kies und grobem Sande bestand, betrug das Niedersinken der Cylinder durchschnittlich pro Tag nur 1½ bis 2½ Fuss; doch ist nach angestellten Beobachtungen an andern Orten je nach Beschaffenheit des Bodens

ein Niedersinken von täglich 1½ bis 4 Fuss, in weichem Lehm und feinem Sand sogar bis 6 Fuss erreicht worden.

War man in der beschriebenen Weise mit der Oberkante des oberen Säulencylinders bis nahe auf den Wasserspiegel des Niemen gekommen, so wurde die Glocke abgehoben und der Cylinder durch Aufsätzen neuer Säulenringe und Blechrohre J, J so viel erhöht, dass man nun damit den festen Baugrund zu erreichen hoffen durfte; alsdann wurde die Glocke wieder aufgesetzt und das Versenken wieder auf's Neue begonnen. Nach Beendigung dieser Arbeit an einem Cylinder wurde sogleich dessen Arbeitsraum mit Béton ausgefüllt, die Decke L aus dem Cylinder herausgeschafft und die Ausfüllung unter Beseitigung der übrigen Theile des Apparates vollendet. Dabei wurde der Béton auf einem vor Anker schwimmenden Ponton aus 1 Theil Portland-Cement, 2 Theilen gesiebtem Grand und 3 Theilen klein geschlagenem Granit angefertigt.

Fundirung der Rheinbrücke zwischen Kehl und Strassburg.

Diese Brücke, welche die Verbindung der französischen Ostbahn mit den deutschen Eisenbahnen herstellt, hat vier Pfeiler und also fünf Oeffnungen, wovon die zwei an den Enden mit beweglichen Brücken geschlossen sind. Diese letzteren haben 26 Meter, die mittleren Oeffnungen hingegen 56 Meter lichte Weite, über welche eiserne Gitterbrücken mit oberhalb der Brückenbahn liegenden Tragwänden gehen, während über die 26 Meter weiten Oeffnungen Drehbrücken gelegt wurden.

Das Rheinbett an der Seite von Kehl besteht aus einem feinen beweglicben Kies, der sich bei jedem Hochwasser verschiebt, und man soll wahrgenommen haben, dass derselbe bei Anschwellungen manchmal bis zu Tiefen von 14 bis zu 15 Meter unter dem niedersten Wasserstande aufgewühlt wurde. — Da in einem solchen Terrain das Einrammen der Pfähle schwierig, die Wasserbewältigung aber unmöglich war, und breite Fundamentmauern, die man auf den Kies setzen könnte, der Unterwaschung ausgesetzt wären, so entschloss man sich, die Pfeiler, um dieselben tief zu versenken, mit Hilfe comprimirter Luft zu fundiren. — Nach der früher erwähnten Art dieser Fundirungsweise konnte man die Brückenpfeiler nur aus nebeneinander stehenden Säulen bestehen lassen, denn wollte man die Fundamentsfläche vergrössern, so würden die Luftschleusen nicht mehr genügen, um das Material des ausgegrabenen Grundes hinauszuschaffen. Der den Bau leitende Ingenieur Fleur-Saint-Denis hatte, um dem Ganzen eine grössere und sichere Basis zu geben, statt der Röhren Blechkasten angewendet, die mit einander verbunden sind und auf denen das Mauerwerk nach Massgabe ihrer Einsenkung aufgeführt wurde. Er bediente sich hiebei zur Förderung des Materials nicht der Luftschleusen, sondern Baggermaschinen, welche durch Röhren bis unter das zurückgedrängte Wasser hinabreichten.

Durch diese Idee der directen Herausschaffung des Erdreichs wurde das Problem der Anwendung der komprimirten Luft zur Fundirung mit grossen Flächen und grossen Mauermassen gelöst. Die Fig. 527, Taf. XXXIII und XXXIV, zeigt diese Fundirung. Die luftdichten, aus Eisenblech verfertigten Kasten hatten keinen Boden; sie wurden 5.5 Meter lang und breit und 3.6 Meter hoch gemacht, hart aneinander gestellt und durch Schraubenbolzen vereinigt. Für die Mittelpfeiler nahm man drei, für die grösseren äusseren Pfeiler aber vier Kasten, und zwar letztere von 7 Meter Breite, 5.8 Meter Länge und 3.6 Meter Höhe. Jeder einzelne Kasten ist mit einem grossen eisernen Kamine von 1.5 Meter Durchmesser versehen, welcher bis unter das Niveau des unteren Kastenrandes reicht, oben wie unten offen und stets mit Wasser gefüllt ist. Diese Kamine dienen zur Förderung des ausgegrabenen Materials mittels der Baggermaschinen, deren Eimerketten in die Kamine herabreichen und mit einer Dampfmaschine von zwölf Pferdekräften in Bewegung gesetzt werden. Jeder einzelne Kasten hat ferner zwei engere eiserne Kamine von je einem Meter Durchmesser, welche über dem Wasser mit Luftschleusen versehen sind und zum Ein- und Aussteigen der Arbeiter dienen. Ist der Kasten auf die Flusssohle versenkt, so steht anfänglich das Wasser in denselben wie in den drei Röhren so hoch wie ausserhalb des Kastens; werden aber die Luftpumpen, zu deren Bewegung eine zweite Maschine dient, in Thätigkeit gesetzt, so weicht das Wasser so lange zurück, bis alle Räume, mit Ausnahme desjenigen im Förderungskamine, mit komprimirter Luft angefüllt sind. Die Arbeiter, welche nun einsteigen können, werfen von der Sohle den Kies gegen die Eimer der Baggerketten, welche ihn hinaufbringen und in hölzerne Kanäle ausleeren, von welchen er in ein Transportschiff gelangt und verführt wird. — Auf die Seitenwände der eisernen Kasten wurden Holzwände aufgesetzt, bei welchen die Fugen kalfatert und mit Blech überdeckt waren. Nach Massgabe der Einsenkung der eisernen Kasten wurden diese Wände er-

höht und gleichzeitig der innere Raum zwischen denselben mit Béton ausgefüllt. Später liess man diese Holzwände weg und ersetzte sie durch ein Hemd von Quadern.

Die Fig. 527 a, Taf. XXXIII, zeigt den Grundriss der Fundirung eines solchen Pfeilers über dem Fussboden der Gerüste in dem Momente, in welchem die Kasten in das eigentliche Flussbett einzudringen beginnen. In dieser Figur sieht man die Arbeitsgeleise, die vertikalen Bagger und die sie in Bewegung setzenden Dampfmaschinen, die Lage der Gebläsemaschinen auf Fahrzeugen, so wie die Röhren, welche die Luft in die Kammern führen, endlich die Transportschiffe für die Aufnahme des Kieses. — Fig. 527 b und c stellt die Ansicht und den Grundriss einer der Schrauben nebst dem dazu gehörigen Hebel dar, welche zum Versenken der Kasten dient. Fig. 527 d ist der Längendurchschnitt nach der gebrochenen Linie I, II, III, IV der Fig. 527 a. Fig. 527 e ist der Durchschnitt eines Theils eines Kastens mit einer Arbeitskammer, woraus auch die Art der Befestigung der Hängestangen zu ersehen ist. Fig. 527 f zeigt einen Theil der äusseren Ansicht einer Kastenwand mit Angabe des Befestigungssystems der Hängestangen. Fig. 527 g ist ein Theil des Durchschnittes durch zwei aneinander stossende Kammern und ihrer Verbindung. Fig. 527 h ist ein Querprofil der Figur a nach einer gebrochenen Linie.

A ist der untere Fussboden, auf welchem alle Blechstücke, woraus ein Kasten besteht, verbunden wurden; B ist der obere Fussboden für die Arbeiter und für die Geleise; C ist die Treppe zur Verbindung der beiden Fussböden; D die Arbeitsbrücke mit zwei Geleisen, die mittels Drehscheiben senkrecht von andern Geleisen durchschnitten werden, welche zu beiden Seiten der Kasten über den Boden B laufen. E und F sind mit einander verbolzte Lang- und Querschwellen, die den Zweck hatten, bei Versenkung der Kasten als Stützpunkte zu dienen (Fig. 527 e und g). G sind Stichbalken über den Langschwellen E, sie sind zu dreien mit einander verbunden und so angeordnet, dass jede Gruppe zwei Hängeschrauben H aufnehmen kann, in welchen die Hängestangen I mittels Bolzen befestigt werden. J sind broncene Muttern, K Hebel mit Schlüssel zur Bewegung derselben. L sind Unterlager für die Mutter mit concaver Vertiefung. Um die eisernen Kasten mit einander in horizontaler Lage herunter zu lassen und sie überhaupt vertikal hinabzusenken, war jeder von ihnen mit acht solchen Hängeschrauben, welche in ein Gewinde ausgehen, wie auch mit Muttern versehen und am Gerüste befestigt. Durch gleichmässiges Nachlassen der Hängeschrauben behielt jeder Kasten seine richtige Lage. M sind schmiedeiserne Unterlagsplatten. N ist die Befestigung der Hängestangen an den Kasten. Q und Q′ sind blecherne Röhren, die über den Arbeitskammern angebracht sind und bis zu Tage reichen; sie sind mit Luftschleusen gekrönt. R sind die vertikalen Bagger. S sind die Dampfmaschinen, auf dem Boden B aufgestellt, zur Bewegung der Bagger. T sind grosse Rollen zur Uebertragung der Bewegung der Maschinen auf den Bagger. U sind Drahtseile, welche die Rollen T mit einander in Verbindung setzen. v und x sind Getriebe und Räder als Zwischenmittel der Scheiben T und der Bagger. a sind vertikale Führungen für die Eimerkolben der Bagger, die zwischen zwei Rollensystemen frei hinabgehen. b sind Balken über dem Boden B, in der Achse der Kasten, welche eine Estrade für den Mechanismus der Bagger tragen. c sind Schläuche zur Abführung des durch die Bagger zu Tage geförderten Kieses in die Transportschiffe. d ist ein Rohr, durch welches das, mittels einer an der Maschine angebrachten Pumpe, gehobene Wasser in die Schläuche c fliesst, um das Hinabrollen des Kieses zu beschleunigen.

Die Fig. 527 i, k und l, Taf. XXXIV, zeigen das Detail eines Kastens. — Waren diese auf gehörige Tiefe versenkt, so wurden sie innen ausgemauert, die Schornsteine so weit es ging, abgenommen und ebenfalls mit Béton ausgefüllt, wodurch eine kompakte feste Masse aus Blech, Mauerwerk und Béton entstand, welche 20 Meter tief unter dem Niederwasserspiegel und etwa 17 Meter in die Geschiebe eingedrungen war, folglich hinreichende Sicherheit gegen die Unterspülung darbietet.

Die Einsenkung der Kasten erfolgte bei sämmtlichen Pfeilern ohne besonderen Unfall, und zwar mit 0.5 Meter in 24 Stunden.

Bemerkenswerth ist die Thatsache, dass man auf einem so grossen Bauplatze, wie die Fundamentirung der Rheinbrücke es war, kein einziges Menschenleben zu beklagen hatte.

VII. Abschnitt.

See bau.

Erscheinungen am Meere.

§. 45.

Die Bauten an der Meeresküste wie auch an den Mündungen der in die See sich ergiessenden Ströme sind dem Einflusse und dem Angriffe des Meeres ausgesetzt, und dieser ist so stetig und heftig, dass bei solchen Bauten besondere Rücksichten für ihre Stabilität und Dauerhaftigkeit genommen werden müssen.

Die am Meere vorkommenden Erscheinungen, und zwar die *Wellen, Ebbe* und *Fluth*, die *Strömungen*, sind die Ursachen dieser Angriffe. — Die Wirkungen derselben sind meistens zerstörend, zuweilen aber auch bildend. Am offenen Meere befinden sich die Ufer beinahe überall im Bruche, und selbst an felsigen Ufern lassen sich die Wirkungen dieser unaufhörlichen Angriffe deutlich erkennen. Ganz anders äussern sich die Wirkungen dieser Erscheinungen in den Meeresbuchten und an geschützten Stellen des Meeres; hier ist die Wirkung in der Regel eine bildende. Es entsteht an solchen Orten häufig von selbst Land, und die Ufer rücken vor. — Es sollen nun diese Erscheinungen hier kurz besprochen werden.

Die *Wellen* sind Unebenheiten an der Oberfläche des in Unruhe versetzten Meeres. Obwohl zuweilen auch durch vulkanische Ausbrüche und Erdbeben das Gleichgewicht der Wasserflächen in grossem Masse gestört wird, so ist doch der Wind die gewöhnlichste Ursache der Erregung der Meereswellen. Da dieser immer ungleichmässig wirkt, sich bald verstärkt, bald schwächt, so wird durch den ungleichmässigen Druck das Gleichgewicht der Oberfläche des Wasserspiegels sehr bald gestört und die Wellenbildung veranlasst. — Bei stärkeren Winden bilden sich langgezogene Erhebungen des Wassers, die in nahe gleich grossen Abständen nach der Richtung des Windes sich bewegen. Die höchsten Theile dieser Erhebungen, d. h. die Kämme, oder die Rücken, oder die Scheitel der Wellen, so wie die Vertiefungen zwischen diesen, d. h. die Thäler der Wellen, haben eine Richtung, die normal auf die des Windes ist. In grossen Meeren, woselbst sich die Wellen ausbilden können, haben ihre Kämme den tiefsten Punkten ihrer Thäler gegenüber eine Erhöhung von 30, ja selbst von 40 Fuss, und die horizontale Entfernung der Kämme von einander beträgt das 12- bis 20fache von dieser Erhöhung. Manchmal jedoch thürmen sich die Wellen zu einer überraschenden Höhe auf, welche sodann ganze Wassermassen auf den Deck der Schiffe schleudern; solche Wellen nennt man *Sturzseen*. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich in solchen Meeren die Wellen nach der Richtung des Windes bewegen, beträgt bis zu 6 und 7 deutschen Meilen in der Stunde. Die Wassermasse selbst hat bei grösserer Tiefe aber durchaus nicht die Geschwindigkeit der Wellen. Die Wassertheilchen an der Oberfläche bewegen sich bei der stärksten Wellenbewegung nur mit der Geschwindigkeit eines Fussgängers, und die der tiefer liegenden ist noch geringer, bis bei einer gewissen Tiefe die Bewegung des Wassers ganz aufhört. Nur bei Wellen, die auf das flache Ufer auflaufen, hat die ankommende Wassermasse nahezu dieselbe Geschwindigkeit, wie die Wellen. Der Umstand, dass ein Schiff bei grosser Wassertiefe von einer noch so hoch anlaufenden Welle nur einen mässigen Stoss empfängt, während eines, welches auf dem Grunde aufsteht, in kurzer Zeit von ungeschwächt anlaufenden Wellen zerschellt wird, spricht ganz dafür; eben so auch, dass man das Wasser vor dem Ufer bei anlaufenden Wellen nie so hoch ansteigen sieht, wie es der Fall sein müsste, wenn jede Welle die ihr entsprechende Wassermasse neu zum Ufer führen würde.

Hört im offenen Meere der Sturm auf, welcher einen starken Wellenschlag verursacht hat, so dauert letzterer noch lange, und im Ocean bis 24 Stunden fort. Dieses wird die hohle See genannt. Bei der Wellenbewegung im tiefen Wasser wird daher die lebendige Kraft, welche die Wellen verursacht, nur im geringen Masse zerstört, demnach kann die Reibung der einzelnen sich berührenden Wassertheilchen an einander nicht bedeutend sein. Bei ihrer Bewegung können sich diese nicht von einander trennen, sie müssen vielmehr beständig in Berührung bleiben. Dieses Wellenspiel wird bloss durch Oscillation des Wassers, in der Art wie bei einem Pendel, unterhalten.

Die Oberfläche des Wassers hebt und senkt sich beim Vorübergange einer jeden Welle. Schaummassen, wie auch kleine schwimmende Körper, welche so weit eintauchen müssen, dass sie der Einwirkung des Windes entgehen, bewegen sich im tiefen Wasser durchaus nicht mit der Geschwindigkeit der Wellen, sondern nur sehr langsam in deren Richtung. Wird ein solcher schwimmender Körper von dem Scheitel einer Welle getroffen, so folgt derselbe der Richtung der Welle, sobald sich aber der Körper im Thale zwischen zwei Wellen befindet, so schwimmt er wieder zurück. Die Wassertheilchen der Oberfläche, welche diese Bewegung des schwimmenden Körpers verursachen, müssen daher offenbar dieselbe Bewegung haben. Aber nicht nur diese, sondern auch die bis zu einer gewissen Grenze weiter abwärts gelegenen Wassertheilchen haben, wenn auch im geringeren Masse, doch auch dieselbe Bewegung. Man bemerkt dieses leicht, wenn man von einem grösseren vor Anker liegenden Schiffe ein Stück Leinwand oder einen Papierballen früher mit Wasser getränkt hinabwirft. Beides taucht gleich etwas unter, und versinkt, nachdem das Papier sich früher ausgebreitet, sehr langsam. Dieses Versinken kann man nun bei klarem Wasser durch mehrere Minuten verfolgen, und man sieht, dass jedesmal, so oft der Kamm einer Welle über diesen sinkenden Gegenstand geht, dieser der Bewegung des Kammes folgt, sich hebt, und später wieder so ziemlich an die Stelle seiner Versenkung zurückkehrt. Hieraus folgt, dass die Wassertheilchen gewisse geschlossene Bahnen durchlaufen, die in den Scheiteln mit der Richtung der Wellen übereinstimmen, in den Thälern aber der Richtung der Wellen entgegengesetzt sind. Diese rotirende Bewegung umfasst aber nicht grössere Wassermassen, die sich um eine gemeinschaftliche Achse bewegen, sondern jeder einzelne vertikale Wasserfaden schwingt sich um eine besondere Achse.

Die Schwingungen der Aehren eines Kornfeldes zeigen eine auffallende Aehnlichkeit mit dem Wellenschlage der See. Die Bewegung der Wellen stimmt auch hier mit der Richtung des Windes überein, die Kämme der Wellen sind normal auf die Richtung des Windes, und es zeigen sich auch hier alle Eigenthümlichkeiten der Wasserwellen. Die Wellen scheinen zu fliehen und doch sind Aehren und Halme an die Scholle gebunden. Der Halm schwankt hin und her; durch das Neigen senkt sich die Aehre, die Masse erzeugt hiedurch die Thäler, und indem die Halme sich wieder aufrichten, werden die Kämme gebildet. Durch das nahe Aneinanderstehen der Halme kann sich ein einzelner unabhängig von dem andern nicht bewegen. Die Schwerpunkte der Aehren beschreiben geschlossene Bahnen.

Man kann sich Wellen auf drei Arten entstehen denken.

a) Wenn das obere Ende des vertikalen Wasserfadens (man denke sich die ganze Wassermasse in solche Fäden zerlegt, welche vor Beginn der Wellenbewegung ruhig neben einander stehen), ähnlich wie ein Halm sich neigt und sich wieder vertikal aufstellt. Die Bewegung der Wellen wird dann der obigen Erklärung entsprechen und die Bahnen der Wassertheilchen werden an der Oberfläche am grössten, und weiter tiefer immer kleiner werden, bis endlich in einem, in gewisser Tiefe liegenden Punkte, wie bei einem Halme, die Bewegung ganz aufhört.

b) Diese Wasserfäden können auch, ohne ihre vertikale Stellung zu verändern, durch das Hin- und Herschieben verlängert und verkürzt werden. Dies geschieht, wenn die in der Wellenbewegung befindliche Wassermasse durch eine vertikale Wand begrenzt ist, gegen welche die Wellen anlaufen. Da durch eine solche Wand die einzelnen, nahe an dieser befindlichen Wasserfäden an dem Neigen, d. i. an der Ausschwingung verhindert sind, so werden sie an die Wand gepresst und erfahren dadurch eine Längenausdehnung, d. h. es entsteht daselbst eine bedeutendere Erhebung des Wasserspiegels, und in Folge dessen auch eine Rückwirkung auf die neu anlaufenden Wellen, indem durch den Druck der grösseren Erhöhung des Wasserspiegels an der vertikalen Wand eine Rückbewegung und Zusammendrängung der einzelnen Wasserfäden verursacht wird.

c) Es können auch diese beiden beschriebenen Arten der Bewegung sich vereinen, und zwar so, dass der Fuss des vertikalen Wasserfadens hin- und her-

geschoben wird und der Faden sich gleichzeitig verlängert und verkürzt. Diese Art der Wellen entsteht bei geringerer Wassertiefe. Durch den Uebergang in eine geringere Tiefe, als die Wirkung der Wellen sich erstreckt, werden die Schwingungen der Wasserfäden plötzlich gehemmt und ihre innehabende lebendige Kraft äussert sich in einer grösseren Erhebung des Wasserspiegels. In solchem Falle entstehen die sogenannten Grundwellen, die eine äusserst unregelmässige Bewegung haben und deshalb sehr gefürchtet sind. Bei weiterer steter Abnahme der Wassertiefe können sich die Wellen nicht mehr als zusammenhängende Wassermassen ausbilden, indem ihre oberen Theile den ganzen Stoss der horizontalen Bewegung empfangen und sich vorwärts bewegen, während die unteren Schichten der Wellen durch das Ansteigen des Bodens aufgehalten werden und nicht im Stande sind, dem Scheitel der Wellen zu folgen und ihn zu unterstützen. Dieser stürzt in Folge dessen nach vorne und bewegt sich, allein den Gesetzen der Schwere folgend und unabhängig von den früheren Bewegungen der Wassertheilchen, mit lautem, oft donnerähnlichem, brausendem Getöse. Diese Erscheinung nennt man die *Brandung*. Sie bildet wegen der eingeschlossenen Luft grosse Schaummassen und hat ein glänzendes Weiss. Die Brandung ist den Schiffen sehr gefährlich; wegen der geringen Wassertiefe muss ein Schiff stranden und die mit Gewalt anlaufenden Wellen zerschlagen es in kürzester Zeit.

Die Schwingungen der an einer vertikalen Wand zunächst befindlichen Wasserfäden müssen natürlicher Weise ganz aufhören, und der erhaltene Antrieb kann nur auf die Verlängerung und Verkürzung derselben, oder was dasselbe ist, auf Hebung und Senkung der Oberfläche des Wassers wirken, während der Fuss dieser Wasserfäden unverändert an seiner Stelle bleibt. Der unter dem Fuss dieser Wasserfäden befindliche Boden ist demnach keinem Angriffe ausgesetzt, sonach wird durch den Wellenschlag weder Kies abgelagert, noch weggeschwemmt. Ein Boot vor einer vertikalen oder einer der Vertikalen nahe kommenden Mauer- oder Felswand wird selbst bei heftigstem Wellenschlage sich wohl heben und senken, aber nie an diese Wand geschleudert werden, weil sich daselbst eine Brandung nicht ausbilden kann. Hieraus folgt, dass vor steilen Ufern die horizontale Bewegung der Welle aufhört.

Ganz anders verhalten sich die Wellen gegen flache Küsten. Die Gewalt, mit welcher das Ueberstürzen der Wellen auf flachen Böschungen geschieht, ist ausserordentlich gross und ist eine viel grössere, als sich aus der Wellenhöhe als Druckhöhe und dem Querschnitte des angegriffenen Gegenstandes ergibt. Die grössten Blöcke werden durch diese Gewalt auf den schrägen Böschungen bewegt. Bei dem Baue des Wellenbrechers von Cherbourg machte man in dieser Beziehung die seltsamsten Erfahrungen. Die der Seeseite zugekehrte Dossirung des aus Steinschüttungen gebildeten Dammes war theilweise mit Bétonblöcken von 20 Kubikmeter Inhalt überdeckt, und auf der Krone des Dammes ist eine beinahe vertikale Mauer von 6 Meter aufgeführt, gegen welche die Wellen so stark schlugen, dass sie sich 30 bis 40 Meter hoch erhoben. Bei einem ungewöhnlich heftigen Nord-Nord-Oststurm zu Ende des Jahres 1836 wurden mehr als 200 natürliche Steine der Dossirung über die 6 Meter hohe Mauer geworfen, wovon mehrere über 3000 Kilogramme wogen. An der Ecke des Dammes, die dem Anpralle des Sturmes am meisten ausgesetzt war, wurden sogar die erwähnten grossen Bétonblöcke in Bewegung gesetzt. Vor stufenförmig oder steil ansteigenden Ufern, die tiefes Wasser vor sich haben, kommen Wellen von ausserordentlicher Höhe vor; an der Küste von Cornwall hatte man Wellen von 300 und bei Wasberg in Norwegen sogar von 400 Höhe beobachtet.

Diese erwähnten Eigenschaften der Wellen sind für den Seebau von besonderer Wichtigkeit und machten in neuerer Zeit die Ansicht geltend: dass nur *vertikale* oder *nahe vertikale* Mauern die nöthige Widerstandfähigkeit gegen die Wellen besitzen.

Man bemühte sich auch, durch Beobachtungen den Stoss der Wellen zu messen, da aber die Resultate derselben nur für eine bestimmte Lokalität Giltigkeit haben, wird dieser Beobachtungen nicht näher erwähnt und nur bemerkt, dass pr. Quadratfuss sich im atlantischen Ocean Pressungen von 588, 2007 und 5852 Pfunde ergaben.

Die Wellen treffen immer nahe senkrecht das Ufer, und dieses ist selbst dann der Fall, wenn die Richtung des sie erregenden Windes mit dem Ufer parallel ist. Der Umstand, dass die Geschwindigkeit der Wellen mit der Wassertiefe abnimmt, erklärt diese Erscheinung; die immer kleiner werdende Tiefe gegen das Ufer zwingt demnach die Wellen eine Schwenkung zu machen, nach welchen sie beinahe senkrecht das Ufer treffen.

Bei flachem und sandigem oder kiesigem Ufer bildet sich durch die überstürzenden Wellen der *Strand*. Derselbe besteht aus einer gegen die Seeseite wenig geneigten und sehr regelmässigen Berme. Die Wellen stürzen hier über dieselbe und rollen auf

das darüber befindliche flache Ufer so lange aufwärts, bis sie durch die Reibung ihre Kraft verlieren und zurückfliessen. Bei Begegnung einer neu ankommenden Welle tritt ein kleiner Stillstand, in Folge dessen an dieser Stelle eine Anlagerung von Kies und Sand ein, und die abwärts fliessende Welle fliesst sodann unter der neu ankommenden nach dem Meere zurück. Durch diese Ablagerungen wird der Strand gebildet; die ihn bildenden Sand- und Kiesmassen, welche zwar immer bewegt, oft vorwärts geschoben und hiedurch abgeschliffen und verkleinert werden, bleiben immer in seiner Nähe. Aus derselben Ursache, welcher der Strand sein Bestehen verdankt, bilden sich in gleichen Abständen und parallel zum Strande unter dem Meeresspiegel auch weitere solche Bermen, welche man an manchen Küsten Riffe nennt. Die Neigung der Meeresufer, auf welchen sich ein fortwährend bestehender Strand ausbildet, beträgt zwischen 1 : 10 bis 1 : 20. Ist keine Küstenströmung vorhanden und laufen die Wellen normal den Ufern zu, so bleibt der Kies und der Sand, nachdem er von den Wellen hin und her bewegt wurde, so ziemlich an derselben Stelle. Ist dies aber nicht der Fall, so geschieht auch eine Seitenbewegung dieser Massen, welche auf der Oberfläche des Strandes nach der Richtung der Strömung oder der Wellen ununterbrochen sich weiter bewegen und erst dort liegen bleiben, wo die Strömung aufhört, d. i. in kleinern Buchten, in Hafenmündungen und auch in Häfen selbst. Bestehen die am Strand niedergeschlagenen Theile aus feinem Sande, so wird dieser, abgetrocknet, ein Spiel des Windes, zu Hügeln zusammengeweht, welche Dünen genannt werden.

§. 46.

Durch die Anziehungskraft des Mondes und der Sonne entsteht auf unserem Erdkörper eine periodische Hebung und Senkung des Meeresspiegels; erstere wird die *Fluth* und letztere die *Ebbe* genannt.

Die Wirkung der Ebbe und Fluth ist an den Küsten des Atlantischen Oceans eine viel bedeutendere, als in den europäischen Binnenmeeren; so ist diese in dem Mittelländischen, dem Adriatischen, dem Schwarzen Meere, in der Ostsee u. s. w. eine unbedeutende. Da das Wasser seiner leichten Beweglichkeit wegen, ohne sich von der Erde zu trennen, seine Form verändern kann, so wird es zum Theil der Anziehungskraft des Mondes und der Sonne folgen können, und es bilden sich an entgegengesetzten Punkten der Erde Anschwellungen, welche zwei Wellen von ausserordentlicher Länge bilden, die nahe mit der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde sich in einer, der Umdrehung der Erde entgegengesetzten Richtung bewegen. Die durch die Anziehungskraft des Mondes entstehende Fluth ist viel grösser, als die durch die Sonne gebildete. Steht der Mond der Sonne gegenüber, d. i. wenn Vollmond ist, oder befindet sich der Mond in der Verbindungslinie der Erde und Sonne zwischen beiden, d. i. wenn Neumond stattfindet, so vereinigt sich die Fluthwelle, welche der Mond erzeugt, mit jener, welche die Sonne bewirkt, und die entstehende Erhebung des Wasserspiegels wird dadurch eine grössere, als jede einzelne es sein kann. Zur Zeit des ersten und letzten Viertels befindet sich aber der Mond in der, auf die Verbindungslinie der Sonne und Erde durch den Mittelpunkt der letzteren errichteten Senkrechten, und bildet Fluthwellen, deren Scheitelpunkte von den, von der Sonne gleichzeitig herrührenden, um 90 Grade entfernt sich befinden. Beide Fluthwellen wirken daher gegen einander, und in diesen Vierteln ist der Wasserwechsel der Differenz der Fluthhöhe des Mondes und der der Sonne gleich, daher viel kleiner, als während des Voll- und Neumondes.

Ebbe und Fluth erleiden *überall* bezüglich der Zeit ihrer Wiederkehr und ihrer Grösse periodische Aenderungen; die Perioden, in welchen diese Aenderungen erfolgen, sind:

a) tägliche, b) monatliche, c) jährliche Perioden.

a) Die tägliche Periode umfasst zwei Fluthen und Ebben. Die dritte Fluth tritt am nächsten Tage um 50 Minuten später ein. Die Dauer der täglichen Periode beträgt demnach 24 Stunden und 50 Minuten folglich trifft in 28 bis 29 Tagen das Hochwasser wieder zur selben Tagesstunde ein.

b) Die monatliche Periode. Die Höhe der Fluthwelle steht, wie wir gesehen haben, in deutlicher Beziehung zu den Mondesphasen und auch zu der Entfernung des Mondes von der Erde (halbmonatliche Ungleichheit), und zwar sind 36 Stunden nach dem ersten und letzten Viertel viel schwächer, als gewöhnlich. Die ersteren heissen *Springfluthen*, letztere *Nippfluthen* oder *todte Fluthen*. Die Springfluthen werden vergrössert, wenn der Mond in seiner Erdnähe steht.

c) Die jährliche Periode. Die Erfahrung lehrt, dass die Springfluthen zur Zeit der Nachtgleichen am grössten und zur Sonnenwende am kleinsten sind. Die todten Fluthen verhalten sich dagegen umgekehrt; überdiess sind die Fluthen zur Wintersonnenwende grösser, als zur Sommersonnenwende. Trifft endlich Voll- oder Neumond mit den Aequinoctien zusammen

und ist überdies der Mond in seiner Erdnähe, so werden die Fluthen am grössten.

Zwischen der Periode der Ebbe und jener der Fluth tritt ein Stillstand entweder des Hoch- oder Niederwassers ein, welcher nach örtlichen Verhältnissen an manchen Orten länger, d. i. höchst selten eine Stunde, an manchen kürzer, d. i. oft nur wenige Minuten, dauert.

Den Höhenunterschied zwischen *Hoch-* und *Niederwasser* nennt man *Fluthwechsel*, zuweilen auch *Fluthhöhe;* unter letzterem Ausdrucke versteht man aber auch jene Höhe am Pegel, welche die Fluth erreicht.

Die Stunde, in welcher das Hochwasser zur Zeit des Voll- oder Neumondes in einem Hafen eintritt, nennt man die *Hafenzeit.* Addirt man zu dieser Zeit für jeden folgenden Tag 55 Minuten, so kann man sich für diesen Hafen die Zeit des Hochwassers bestimmen. Durch Vergleichung der Hafenzeiten verschiedener Orte lässt sich die Bewegung der Fluthwellen erkennen. Vereinigt man auf einer Karte jene Punkte, welche gleiche Hafenzeiten haben, durch Linien, so sieht man daraus das Fortschreiten des Scheitels der Fluthwelle.

Dieser Wasserstandswechsel verursacht Strömungen, die bald nach einer, bald nach entgegengesetzter Richtung sich bilden und, vereint mit dem Wellenschlage, zerstörende Wirkungen auf die Ufer ausüben. In engeren Kanälen, durch welche Schiffe passiren müssen, und in den Mündungen der Flüsse bildet diese Strömung häufig von selbst tiefe Rinnen, indem diese sowohl bei der Fluth, wie auch bei der Ebbe gespült werden. Auch kann man durch Auffangen des Hochwassers in eigene geräumige Bassins, und durch Ablassen desselben während des niedersten Wasserstandes kräftigere Strömungen künstlich erzeugen, die die Hafeneinfahrten und die Hafenmündungen spülen und offen erhalten. Die Intensität der Fluthen an der Küste wird durch die Wirkung der Winde verkleinert oder vergrössert, je nachdem dieselben von der Küste ab, oder nach derselben gerichtet sind, so dass zuweilen die Fluthen während der ersten und letzten Mondviertel eben so hoch als die des Neu- und Vollmondes ausfallen können. Ebenso ist auch die Gestaltung der Küsten von wesentlichstem Einflusse auf die Grösse der Fluthen. Läuft die Fluthwelle gegen eine ihr entgegenstehende Küste, oder läuft sie in eine trichterförmig verengte Bucht, so nimmt der Fluthwechsel zu, wie z. B. im Kanale zwischen England und Frankreich. Sind aber die Buchten der Fluthwelle abgekehrt, so vermindert sich der Fluthwechsel. Im Nachfolgenden ist die Grösse des Fluthwechsels bei gewöhnlichen Springfluthen für einige Seestädte im Rheinländischen Maase gegeben:

Portsmuth . . .	12	Fuss	2	Zoll,
Dover	18	»	2	»
London . . .	18	»	11	»
Liverpool . . .	25	»	3	»
Holyhead . . .	15	»	6	»
Brest	20	»	5	»
Saint-Malo . .	36	»	2	»
Cherbourg . .	18	»	0	»
Granville . . .	39	»	2	»
Hâvre	22	»	9	»
Dieppe	28	»	0	»
Boulogne . . .	25	»	3	»
Calais	19	»	11	»

Der Wasserstand an den Europäischen Küsten des Atlantischen Oceans und der Nordsee erleidet durch die Ebbe und Fluth täglich zweimal einen bedeutenden Wechsel. Sandbänke und Schlickgründe vor den Hafenmündungen werden durch diesen abwechselnd stark überfluthet und mehr oder weniger trocken gelegt. Aus dieser Ursache sind die meisten der dortigen Häfen nur zur Zeit des Hochwassers zugänglich und die Schiffe müssen daher diesen Wasserstand abwarten, um einfahren zu können. Die Ebbe und Fluth ist demnach auch für den Schifffahrtsbetrieb von grosser Wichtigkeit.

Im Mittelländischen Meere an der französischen Küste beträgt der Fluthwechsel 6 bis 10 Zoll, wird aber durch den Einfluss der Winde im Maximum auf 3 Fuss gesteigert. An der preussischen Küste beträgt der mittlere Fluthwechsel etwa nur einen Zoll, das Aufstauen der Sturmfluth in Folge von Nordweststürmen bis zu 3 Fuss.

In der ganzen Ausdehnung des Adriatischen Meeres ist die Aenderung der Wasserhöhe durch Ebbe und Fluth nur eine geringe, sie beträgt im nördlichen Theile desselben 3 Fuss. Die Hafenzeit wird in wahrer Sonnenzeit*) für Triest = $10^h\ 30^m$, für Venedig (am Lido)

*) Wahrer Sonnentag ist die Zeit zweier auf einander folgenden oberen Culminationen der Sonne durch den Ortsmeridian; wahre Sonnenzeit der jeweilige, in Zeitmaas ausgedrückte, d. h. mit $^1/_{15}$ multiplicirte westliche Stundenwinkel der Sonne. — Nachdem scheinbar sich die Sonne mit ungleichförmiger Geschwindigkeit in der Ekliptik fortbewegt, so nimmt man eine imaginäre Sonne an, die im Himmelsäquator sich fortbewegend, mit der wahren Sonne zugleich durch die Aequinoctialpunkte geht; diese imaginäre Sonne bestimmt durch die Zeit zwischen ihren zwei aufeinander folgenden Culminationen den mittleren Sonnentag, und durch

= 10^h 27^m angenommen. Die Hafenzeit erleidet durch die jeweilige Mondesphase eine Aenderung, welche vorzunehmende Correctur man »die halbmonatliche Ungleichheit« nennt. Die folgenden Tabellen geben die halbmonatliche Ungleichheit für Triest und Venedig an.

Für Triest.

Zeit der ☾ Culmination. Wahre Zeit.	Halbmonatliche Ungleichheit.
0^h oder 12^h	0^h 0^m
1 » 13	− 0 25
2 » 14	− 0 51
3 » 15	− 1 16
4 » 16	− 1 24
5 » 17	− 0 50
6 » 18	+ 0 18
7 » 19	+ 0 56
8 » 20	+ 1 10
9 » 21	+ 1 0
10 » 22	+ 0 40
11 » 23	+ 0 20

Für Venedig.

Zeit der ☾ Culmination. Wahre Zeit.	Halbmonatliche Ungleichheit.
0^h oder 12^h	0^h 0^m
1 » 13	− 0 30
2 » 14	− 0 57
3 » 15	− 1 16
4 » 16	− 1 18
5 » 17	− 1 8
6 » 18	− 0 25
7 » 19	+ 0 27
8 » 20	+ 0 28
9 » 21	+ 0 43
10 » 22	+ 0 45
11 » 23	+ 0 23

Grossen Einfluss üben Ebbe und Fluth auf die Strommündungen aus, welcher hier um so beachtenswerther ist, als viele Seehäfen an den Mündungen von Strömen liegen. Die Ströme stellen die weitere Verbindung mit Städten dar und geben ihnen Gelegenheit, auch am Handel Theil nehmen zu können. Ist der Fluthenwechsel ein bedeutender, so ist die Einwirkung der Ebbe und Fluth auf Strommündungen in der Regel eine günstige. Die in die Mündung eintretende Fluth tritt der Strömung im Strome entgegen, unterbricht diese nicht nur, sondern bildet sogar im Strome eine Rückströmung und füllt das Strombett mehrere Meilen aufwärts, so wie auch in der Nähe gelegene Niederungen bis zu einer gewissen Höhe an. Folgt sodann die Ebbe, so fliesst nicht nur das während der Fluthperiode eingedrungene Meereswasser, sondern auch das während dieser Zeit rückgestaute Wasser des Flusses ab, wodurch eine starke Strömung entsteht, die die Sohle des Strombettes angreift und einen tiefen Schlauch auswäscht, welcher das Einfahren der Schiffe möglich macht. Bei Strömen, die sich in Meere ergiessen, welche keinem merklichen Fluthwechsel unterworfen sind, zeigt sich diese Erscheinung nicht. Im Gegentheile werden die Mündungen solcher Ströme mit Sand und andern Niederschlägen dergestalt angefüllt, dass kaum die kleinsten Fahrzeuge diese zu passiren im Stande sind, — denn ein Strom kann mit der seinem Stromgebiete entsprechenden Wassermenge allein nie diese kräftige Strömung hervorbringen, welche durch Vermehrung des Fluthwassers erzielt wird, besonders wenn dieses noch in Niederungen, welche mit dem Strome in Verbindung stehen und eine Art Reservoir bilden, sich ansammeln kann, und dadurch um so grössere Wassermengen in Wirksamkeit treten. Die Themse so wie auch die Elbe u. s. w. könnten unmöglich so weit aufwärts eine solche Tiefe haben, dass bis London und Hamburg die grössten Schiffe sich darauf bewegen könnten, wenn nicht die kräftigen Strömungen der Ebbe und Fluth, welche dort stattfinden, den tiefen Stromschlauch ausbilden würden. — Mit dem Fluthstrom gelangen die Segelschiffe zu diesen Häfen und verlassen diese mit dem Ebbestrom.

§. 47.

Auch die Kenntniss der vorhandenen *Strömungen* ist für die Anlage der Häfen, so wie für die Schifffahrt von grosser Wichtigkeit. Ausser den von der Ebbe und Fluth herrührenden gibt es in den grossen Weltmeeren mächtige konstante Strömungen, welche weniger durch ihre zerstörende Wirkung, als vielmehr durch den Einfluss, den sie auf die Uferbildung wie

---

ihren jeweiligen, in Zeitmaas ausgedrückten Stundenwinkel die mittlere Sonnenzeit, nach welcher die Uhren gerichtet sind. — Um die wahre, in mittlere Sonnenzeit zu verwandeln, dient die Zeitgleichung, d. h. der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit. Viermal im Jahre, am 15. April, 15. Juli, 31. August und 24. Dezember ist die Zeitgleichung = 0. Am 11. Februar ist die Zeitgleichung = + 14′ 31.2″, am 3. November ist die Zeitgleichung = 16′ 17.8″ als Maximal- und Minimal-Werth; man hat Tabellen, welche die Werthe der Zeitgleichung für alle Tage angeben.

auch auf den Schifffahrtsbetrieb ausüben, beachtenswerth sind.

Es gibt zwei Hauptarten von allgemeinen Strömungen:

1) die Polarströmung, verursacht durch die stärkere Verdunstung und gleichzeitige grössere Ausdehnung, daher Gewichtsverminderung des Wassers unter den Tropen, weshalb das specifisch schwerere Wasser der Polargegenden zu jenen sich hindrängen muss. 2) Die Aequatorial-Strömung; das behufs Ausgleichung von Dichtigkeit aus den arktischen Gegenden gekommene Wasser bringt eine geringere Rotations-Geschwindigkeit mit, als jene unter den Tropen ist. Der Erdumfang z. B. unter dem 70.° N. B. misst beiläufig nur 2000, jener unter dem Aequator aber 5400 Meilen, dort wird jeder Punkt, mithin auch jeder Wassertropfen in der Stunde blos 83.3, unter dem Aequator aber 225 Meilen von W. nach O. zurücklegen. Indem nun das Wasser von den Polen her den Tropen sich nähert, gelangt es von Moment zu Moment in Gegenden, die eine grössere Rotationsgeschwindigkeit haben. Diese vermag das herabgekommene Wasser nicht sogleich anzunehmen, es bleibt hinter der Bewegungsschnelligkeit der dort stationären Fluthen zurück und scheint deshalb von Ost nach West zu strömen, während es in Wirklichkeit gleichfalls der allgemeinen Bewegung, nur viel langsamer, folgt. — Der Aequatorialstrom ist bezüglich seiner Entstehung im Wasser das, was der Passatwind in der Atmosphäre. Die anderen pelagischen Ströme entstehen zur Mehrzahl durch die Umbiegung der Polar- oder Aequatorialströme; so ist der mexikanische Golfstrom eigentlich nur die Fortsetzung des atlantischen Aequatorialstromes. Ein Theil dieses letzteren Stromes tritt in den Mexikanischen Meerbusen ein, durchströmt diesen in einer weiten Curve an den Mündungen des Mississippi vorüber und verlässt ihn wieder, sich zwischen der Südspitze der Halbinsel Florida und der westlichen Nordküste der Insel Cuba hindurchdrängend. Dort bricht er sich an den vorliegenden Klippen und Felseninseln in zwei Arme, wovon der nordwestliche, der von hier aus den Namen Golfstrom führt, mit grosser Schnelligkeit (anfangs 4 Sec-Meilen in der Stunde) nach Cap Hatteras zufliesst, von da aus an Schnelligkeit immer mehr abnehmend und sich immer mehr von der Küste entfernend, läuft er der Küste Neufundland zu, wo er einer von Norden kommenden Strömung begegnet und sich deshalb, an Breite zu- und an Schnelligkeit abnehmend, nach Osten wendet. In der Nähe der Azorischen Inseln theilt er sich in zwei Arme; der nördliche, der den Namen Golfstrom beibehält, erreicht die europäische Küste von Irland, Schottland und Norwegen, woselbst er während des Winters die mildere Temperatur veranlasst, und der südlich strömende Arm erreicht den Busen von Guinea, wird daselbst in die Aequitorialströmung aufgenommen, so dass dadurch ein fortwährender Kreislauf in diesem Theile des Oceans besteht. Der Golfstrom hat eine indigoblaue Farbe, einen grösseren Salzgehalt und eine beiweitem höhere Temperatur (3 bis 12 Grad R.), als der übrige Theil des Atlantischen Oceans.

In der 7 Seemeilen breiten und bei 400 Fuss tiefen Strasse von Gibraltar findet in ihrem oberen Theile immer eine Strömung von West nach Ost, d. i. aus dem Atlantischen Ocean in das Mittelländische Meer statt. Man vermuthet, auf einige Thatsachen gestützt, dass in grösseren Tiefen der benannten Strasse eine mächtige contraire Strömung, d. i. von Ost nach West, in Thätigkeit ist, welche die schwereren und viel mehr Salzgehalt enthaltenden unteren Schichten des Mittelländischen Meeres dem Ocean zuführen. —

Wasserstandsbeobachtungen und Tiefenmessungen.

§. 48.

Die Veränderungen der Wasserstände treten in Folge der Ebbe und Fluth und der Winde, oder in jenen Meeren, die keinem Fluthwechsel ausgesetzt sind, in Folge der letzteren allein ein. In allen Fällen ist es nothwendig, die verschiedenen Wasserstände genau zu kennen, indem alle baulichen Anlagen darnach gerichtet werden müssen.

In Meeren, welche dem Einflusse der Ebbe und Fluth entweder gar nicht, oder in ganz geringem Masse unterworfen sind, werden die durch Winde entstehenden Schwankungen durch die bekannten Pegel (Strombau §. 8) gemessen. Dass dieselben dergestalt aufgestellt sein müssen, dass der Wellenschlag auf sie keine Wirkung hat und das Ablesen des Wasserstandes gestattet, versteht sich wohl von selbst, so wie auch, dass die richtige Stellung und mit dieser die Erhaltung des Nullpunktes gewahrt bleibe.

In Meeren und überhaupt in Gewässern hingegen, welche dem Einflusse der Ebbe und Fluth ausgesetzt sind, sind die Vorrichtungen zum Beobachten der Wasserstände anderer Art, weil daselbst die Ablesungen nicht zu einer beliebigen Zeit vorgenommen werden dürfen, sondern diese müssen zur

Zeit des höchsten und niedersten Wasserstandes erfolgen und mit diesen Ablesungen muss auch die Zeit, zu welcher sie stattfinden, genau mit verzeichnet werden. Hier sind die selbstregistrirenden Pegel am Platze. Bei diesen wird der Wasserstand in einer Art Brunnen gemessen, welcher entweder mittels einer Röhre oder mittels eines kleinen Kanals mit dem Meere in Verbindung steht.

Die Fig. 528 a, b und c, Taf. XXXV, zeigt den kürzlich zu Triest am äussersten Ende des Molos Sartorio aufgestellten selbstregistrirenden Fluthmesser. Die Einrichtung des Apparates ist im wesentlichen übereinstimmend mit der Einrichtung der bekannten Autographen für den Luftdruck. Ein vertikal stehender hohler Cylinder i, i von 6 Zoll lichtem Durchmesser ist mittels eines kupfernen Kastens v durch ein unter dem kleinsten Wasser befindliches heberförmiges Rohr w z mit dem Meere in Verbindung, so dass das Wasser im Cylinder stets in gleicher Höhe mit dem äusseren Wasserspiegel steht. Um eine Rolle ist eine schwache Kette geschlungen, welche an einem Ende einen im Cylinder auf der Oberfläche schwimmenden Körper m, an dem andern Ende ein Gegengewicht n trägt. Durch das Steigen und Fallen des Wassers wird sonach die Rolle d um ihre Achse gedreht. Mittels eines gezahnten Rades e wird die Bewegung der Rolle auf eine gezahnte horizontale Stange c c′ übertragen, die auf Rollen ruht und mit Leichtigkeit nach einer und der andern Seite auf der Schiene g g′ bewegt werden kann. Durch die Uebertragung der Bewegung der Rolle auf die Schiene vermindert sich dieselbe im Verhältniss von $6.44 : 1$, so dass ein Steigen oder Fallen des Wassers von 6.44 Zoll eine Verschiebung der Schiene nach links oder rechts um 1 Zoll bewirkt. Durch ein eigenes Werk einer nebenstehenden Uhr wird ein mit Papier überspannter Cylinder a von etwas mehr als 8 Zoll Durchmesser und 16 Zoll Höhe in 24 Stunden einmal um seine horizontal liegende Achse gedreht. Ein Zeichenstift, welcher mit der früher erwähnten Schiene durch den Arm h verbunden ist, wird durch sein Gewicht leicht gegen die Oberfläche des Cylinders gedrückt, nnd indem so einerseits der Stift der Bewegung des Wassers folgt, anderseits aber der Cylinder, auf welchem er zeichnet, um seine Achse gedreht wird, erhält man auf dem um den Cylinder gewickelten Blatte eine Curve, von welcher die Ordinaten die Höhe des Wassers und die Abscissen die zugehörigen Zeiten angeben. Der bei α befindliche fixe Zeichenstift beschreibt die Abscissen-Achse. Einer Stunde entspricht auf dem Blatte die Länge von ungefähr 13 Linien, einem Fusse die Länge von 1.8 Zoll. Der Arm h hat ein Gelenk, um den oberen Theil zurückschlagen zu können, wenn der Cylinder aus den Lagern gehoben wird, um das Papier zu wechseln. Bei diesem Fluthmesser sind zwei ganz gleiche Cylinder vorräthig; der eine wird ausgehoben und der zweite sogleich eingelegt. Nach je 24 Stunden wird ein anders gefärbter Zeichenstift s eingeschraubt und es dient ein um den Cylinder gewickelter Bogen für dreimal 24 Stunden. An der Ausmündung der heberartigen Röhre bei z ist ein Sieb angebracht und die Röhre ist daselbst durch einen starken Holzverschlag geschützt. Bei w ist ein Hahn zum Absperren des Wassers, bei r ist ein Deckel zur Reinigung des kupfernen Kastens. Alle Röhren, wie auch der Schwimmer m, sind aus Kupfer.

Fig. 529, Taf. XXXV, zeigt die in England häufig gebräuchliche Einrichtung von selbsregistrirenden Pegeln. Auch hier befindet sich ein Brunnen oder eine Röhre in Communication mit dem äusseren Wasserstande; ein Schwimmer hebt und senkt sich mit diesem in der Röhre, und der Kupferdraht a, der ihn trägt, ist um eine Trommel b geschlungen. Ein das Gegengewicht bildender eiserner Block c, der einen Stift g hält, welcher zeichnet, hängt an einer Schnur, die um eine kleinere Trommel e umwunden ist. Beide Trommeln haben eine gemeinschaftliche Achse, sind an diese befestigt und um diese drehbar. Gehobelte eiserne Schienen führen den Block c dergestalt, dass er sich wohl heben und senken, aber weder seitwärts bewegen, noch schwanken kann. Eine Feder drückt den Stift g sanft vor und lehnt ihn gegen eine vertikal stehende Walze d, welche mit einem Uhrwerk in Verbindung steht uud durch 24 Stunden einmal umgedreht wird. Auf letzterem wird ein mit entsprechenden Parallellinien versehener Bogen befestigt; die horizontalen Linien auf denselben bezeichnen die Höhenmasse, die vertikalen die Stunden. Der Stift zeichnet sodann auf diesem Bogen die Wasserstände eines Tages als eine Curve auf, deren Abscissen die Zeiten sind. Dadurch, dass der eiserne Block c, der den Stift trägt und gleichzeitig das Gegengewicht bildet, auf einer kleineren Trommel hängt, erhält man die darzustellende Scale in kleinerem Massstabe, der jedoch genau ermittelt werden muss. Durch tägliches Wechseln des Bogens und durch Zusammenstellung derselben erhält man ein vollständiges Bild der Fluthwellen.

Die Fig. 530, Taf. XXXV, zeigt den Pegel im Kriegshafen zu Cherbourg. Hier ist ein Brunnen durch einen Kanal mit dem Vorhafen in Verbindung.

Eine kupferne Kette, welche den Schwimmer A hält, geht über eine Rolle C, hält sodann ein Gegengewicht B, und ist von diesem aus wieder in Verbindung mit dem Schwimmer A. Durch das Steigen und Fallen des Wassers hebt und senkt sich der Schwimmer, und in Folge dessen bewegt sich das Rad C. Dieses greift in ein daran befindliches Getriebe und in ein zweites Rad D ein. Die Achse dieses letzteren Rades hält an der Aussenseite des Häuschens, welches den Mechanismus umgibt, einen Zeiger, der an einem daselbst angebrachten Zifferblatte den jeweiligen Wasserstand angibt.

Die Tiefenmessungen im Meere sind wegen der oft ausserordentlichen Grösse der Tiefen sehr schwer, in manchen Fällen aber auch gar nicht ausführbar. Geringe Tiefen werden mit dem in §. 9 des Strombaues erklärten gewöhnlichen Lothe gemessen. Bei grösseren Tiefen muss das Gewicht des Lothes bedeutend zunehmen und die Leine selbst muss auch specifisch schwerer als das Seewasser sein, indem sonst das Loth über eine gewisse Grenze nicht sinken könnte. Um nun die Leine durch das sich hiedurch vermehrende Gewicht vor Zerreissen zu wahren, hat man bei grossen Wassertiefen die auch im §. 9 des Strombaues angedeutete Einrichtung getroffen, dass der bedeutend grössere Theil des Gewichtes, sobald das Loth den Grund berührt, von demselben sich ablöst und auf dem Meeresgrunde zurückbleibt, während nur der sehr geringe übrigbleibende Theil des Lothes durch die Leine heraufgebracht wird. Die Fig. 531 a und b, Taf. XXXV, zeigt den von Brooke angegebenen und gegenwärtig als den zweckmässigsten angesehenen Apparat zu Tiefenmessungen. Während des Senkens hat derselbe die in Fig. 531 a dargestellte Gestalt, indem die bis zu 60 Pfund schwere Kugel daran hängt, während die Fig. 531 b ersichtlich macht, wie durch das Aufstossen auf dem Grunde das Gewicht oder die Kugel sich ablöst. Der Apparat besteht aus einem Cylinder, der an seinem oberen Ende zwei bewegliche Arme hat, mittels welcher er mit der Leine verbunden ist. Diese Arme sind mit kurzen Haken versehen, in welche Ringe eingreifen, an die eine kurze Leine befestigt ist, die in ihrer Mitte einen etwas grösseren eisernen Ring hält. Der Cylinder des Apparats wird, nachdem er durch die durchbohrte Kugel gesteckt, in den letzteren Ring geführt und die Enden der Leine, die denselben hält, werden mit ihren Ringen in die Haken der beweglichen Arme eingehängt, wodurch die Kugel getragen wird. Stösst der Apparat auf den Grund, so fallen die beweglichen Arme nach abwärts, die untere Leine hängt sich aus und die Kugel kann auf dem Boden zurückbleiben. Der Cylinder dieses Apparates ist, wie zuweilen auch das gewöhnliche Loth, an seinem unteren Theile mit einer Oeffnung versehen, in welche Talg eingestrichen wird, wodurch man nach der schon im §. 9 des Strombaues beschriebenen Weise die Bodenart zu erkennen im Stande ist.

Von den Seehäfen im Allgemeinen.

§. 49.

Hafen nennt man jene Einweichung der See in's Land, oder die Mündung eines Flusses in die See, oder jenen gegen das hohe Meer abgeschlossenen Seeraum (Lagune), wo die Schiffe auch bei den schwersten Stürmen und den aufgeregtesten Wellen sicher vor Anker, oder am Ufer angebunden (vertaut) liegen können, um mit Sicherheit entweder beladen oder entladen zu werden, indem ein Anlegen des Schiffes an das Ufer des offenen Meeres, wegen der fehlenden Tiefe, und wenn diese, z. B. bei Felsufer, vorhanden wäre, wegen der Wellenbewegung nicht möglich ist. Der Hafen ist gewöhnlich ein im Innern des Ufergeländes liegender Behälter.

Unter dem Namen Hafen überhaupt versteht man auch nicht allein den vorerwähnten Hafen, sondern auch alle inneren Anstalten, welche auf die Bedürfnisse, zu deren Zweck der Hafen erbaut ist, Bezug haben.

Die an einen Hafen gestellten wichtigsten Anforderungen sind:

1) dass er bis zu seiner Mündung die erforderliche Tiefe besitze.

2) Dass er eine hinlängliche Länge und Breite habe, wie auch hinreichende Bequemlichkeit des Ein- und Auslaufens der Schiffe darbiete, und dass er gegen Wind und vor starker Wellenbewegung möglichst gesichert sei.

3) Der Hafen muss hinreichende Uferlänge und breite Kais besitzen, auf welchen man entweder mit gewöhnlichen Fuhrwerken, oder mit Eisenbahnen, oder mit beiden bis zu den vor den Kais liegenden Schiffen bequem gelangen kann, um das Aus- und Einladen der letzteren leicht bewirken zu können. Hiezu müssen auf den Kais an entsprechenden Stellen Krahne, so wie auch die nothwendigen Vorrichtungen zum Befestigen der Schiffe vorhanden sein.

4) Muss jeder Hafen je nach der Grösse und seiner Wichtigkeit die nöthigen Anstalten zur Ausbesserung wie auch zum Neubau der Schiffe enthalten.

An Meeren, die einem bedeutenden Fluthwechsel ausgesetzt sind, z. B. am Ocean oder an der Nordsee, sind die meisten Häfen nur zur Zeit der Fluth zugänglich, und daselbst gibt es nur wenige, welche zu jeder Zeit eine solche Tiefe haben, dass die Schiffe ein- und auslaufen können. An Meeren hingegen, welche entweder gar keinem, oder nur einem geringen Fluthwechsel ausgesetzt sind, muss es den Schiffen zu jeder Zeit möglich sein, ungehindert in den Hafen ein- und auszufahren.

Solche Häfen, die sich nur während der Fluth füllen und zugänglich sind, nennt man *Fluthhäfen*. Die ankommenden Schiffe müssen bei diesen den Eintritt der Fluth entweder auf der offenen See, oder wenn eine Rhede vorhanden ist, auf dieser abwarten. Nach dem Einlaufen in den *Vorhafen* werden sie sogleich in die *Docks* oder *Flotthäfen* oder *Bassins* eingeführt, welche man bei Beginn der Ebbe durch Schleusenthore schliesst, damit der Wasserstand der Fluth zurückgehalten und die Schiffe schwimmend erhalten werden.

Je nach dem Bedürfniss, zu dessen Zweck der Hafen erbaut ist, gibt es verschiedene Arten von Häfen, als *Kriegshäfen, Handelshäfen* und *Nothhäfen*.

Die *Rhede* ist ein Ankerplatz nahe an der offenen See, oder in einiger Entfernung vom Hafen oder vom Strande. Die Rheden von Genua und Triest zeigen derlei Ankerplätze nahe bei offener See; die grosse Rhede bei Toulon ist ein Beispiel einer, vor einem Hafen liegenden Rhede, desgleichen jene von Plymouth bezüglich des Militär-Hafens und Arsenals am Hamoaze; die von Spithead bei Portsmouth stellt den dritten Fall dar. Gewöhnlich ist eine Rhede theilweise von umliegendem Land umschlossen. Schiffe gehen darin vor Anker, um noch einen Theil der Ladung einzunehmen oder abzugeben, falls nämlich der Hafen selbst nicht tief genug ist; oder um einen hinreichenden Wasserstand, den Anbruch des Tages, oder um einen günstigen Wind zum Aus- oder Einlaufen in den Hafen der Rhede, oder in einen andern benachbarten abzuwarten, wie z. B. die Rhede von Pirano, wo Segelschiffe, die nach Triest oder Venedig fahren, bei heftiger Bora (Nord-Nord-Ost-Wind) vor Anker gehen. Auch dient eine Rhede zum Sammelplatz der Schiffe, wenn mehrere derselben oder eine ganze Flotte eine gemeinschaftliche Action unternehmen soll. Eine gute Rhede muss gegen die herrschenden Winde und die hohe See gedeckt sein, einen guten Ankergrund darbieten und hinreichende Tiefe haben. Ist eine Rhede nach der Seeseite hin durch eine vorliegende Halbinsel geschlossen und durch diese gegen die Seewinde und Wellen geschützt, so heisst man sie *beschlossene Rhede*. Eine *offene Rhede* ist eine solche, die vom umliegenden Lande weder gegen Wind noch Wellen geschützt, oder gegen die See zu ganz offen ist, wie z. B. die Rheden von Genua, Triest und Portsmouth. Die Rheden von Cherbourg und Plymouth sind durch vorgelegte künstliche grossartige Dämme gegen den Wellenschlag gesichert. Eine Rhede muss die gehörige Grösse haben, damit sich nach den herrschenden Winden und Strömungen jedes Schiff um seinen Anker drehen und eines das andere nicht hindern oder stossen kann. Das Ankern bei Stürmen, welche dem Lande zuwehen, kann daselbst sehr gefährlich werden. Reissen die Ankerketten oder greifen die Anker nicht gehörig in den Boden, so können die Schiffe auf den Strand geworfen werden. Dampfschiffe arbeiten in solchem Falle gegen den Wind, um den Druck gegen die Anker zu erleichtern.

Ein *Handelshafen* bedingt ausser den beschriebenen allgemeinen nothwendigen Eigenschaften der Häfen eine seinem Zwecke entsprechende günstige geographische Lage. Viele Handelshäfen lassen jedoch rücksichtlich ihres topographischen Emplacements Vieles zu wünschen übrig und die Kunst muss daselbst das erzeugen, was die Natur versagte, wie z. B. bei Marseille, Livorno, Genua, Triest und an vielen Häfen der Küsten Englands und Hollands. Ein Handelshafen muss mit dem Binnenlande eine gute und gesicherte Verbindung, sei es durch Kanäle oder Eisenbahnen, haben; bei kleinern Häfen genügt auch die Verbindung durch Strassen. Handelshäfen erfordern ausgedehnte Kais mit den nöthigen Magazinen, so wie auch je nach der Grösse und Wichtigkeit des Hafens die nöthigen Anstalten zur Reparatur, so wie auch zum Neubau der Schiffe.

Noth-, Zufluchts- oder *Bergungshäfen* werden solche Häfen genannt, in welchen die Schiffe nicht zum Aus- und Einladen einlaufen, sondern nur, um sich vor einem Sturm zu sichern. Bei solchen Häfen kommt es vorzüglich darauf an, dass sie eine sichere Lage haben und einen leichten Zugang auch zur Zeit der heftigsten Stürme gestatten. Gewöhnlich werden sie nur da angelegt, wo sich eine bereits von Natur dazu geeignete Oertlichkeit vorfindet. So sind fast alle kleineren Häfen an der Küste von Schweden und Norwegen, welche sich zum Theil durch ihre Sicherheit auszeichnen, ganz allein durch die Natur gebildet; die Kunst hat in den seltensten Fällen zu ihrer Bildung etwas beigetragen. Für beschädigte Schiffe, welche in solchen Häfen ihre Rettung suchen, sind

Nothhäfen in so ferne bedenklich, weil ihnen meistens alle Verbindung fehlt und das Schiff in ihnen schwer reparirt und mit Lebensmitteln zur weiteren Reise versehen werden kann. Künstliche Zufluchtshäfen werden durch einen, zuweilen auch durch zwei Hafendämme gebildet, die mit dem Lande in Verbindung stehen und die nothwendige Fläche einschliessen. Die Richtung dieser, so wie überhaupt aller einen Hafen einschliessenden Dämme soll so viel als möglich der Küstenströmung entsprechen, um Ablagerungen vorzubeugen. Die Einfahrt muss bei allen Windrichtungen ein besonders bequemes Einlaufen gestatten, die gesicherte Fläche muss hinlänglich geräumig sein und selbst bei der kleinsten Ebbe wenigstens eine Tiefe von 3 Faden haben, um das Einfahren voll geladener Schiffe immer zu ermöglichen. Ein Theil der Ufer soll sanft ansteigend zugerichtet sein, für die Zuflucht arg beschädigter, im Sinken begriffener Schiffe. Für Zufluchtshäfen wird eine besondere Wasserruhe nicht verlangt, indem eine geringe Bewegung des Wassers nicht von Bedeutung ist, und die vorgelegten Dämme werden ihren Zweck vollständig erfüllen, wenn durch sie die grosse Kraft der Wellen gebrochen wird. Die grosse Sandbank von Smethwick, jene von Yarmouth und Goodwins halten hinlänglich die Wellen auf und machen die dahinter liegende Wasserfläche zu ausgezeichneten Zufluchtshäfen.

Zuweilen sind bei manchen Handelshäfen, wie bei denjenigen, welche in lebhafter Verbindung mit dem Orient oder mit den Westindischen Inseln stehen, besondere Liegeplätze oder Bassins zur Beobachtung jener Schiffe vorhanden, durch welche man die Einführung ansteckender Krankheiten befürchtet. Selten sind, wie z. B. in Marseille, dergleichen Liegeplätze ganz vom Handelshafen getrennt und bilden dann einen eigenen Hafen. Man nennt sie *Quarantäne-Häfen.* In Triest wird zu diesem Zwecke der kleine Hafen auf der Nordseite der Stadt, Lazaretto nuovo genannt, benützt.

Vorhafen ist der Theil einer Hafenanlage unmittelbar hinter den Hafendämmen, welcher sich bei Häfen, die einem grossen Fluthwechsel ausgesetzt sind, von den Hafendämmen gegen das Innere zu bis zu den Bassins oder Docks, welche durch Dockschleusen von diesem Vorhafen getrennt sind, erstreckt. Zur Zeit des Niedrigwassers entleeren sich bei bedeutendem Fluthwechsel die Vorhäfen oft so sehr, dass die allerwenigsten kaum von Fischerbooten oder Ruderbooten befahren werden können, in günstigen Fällen besitzen sie zu dieser Zeit vertiefte Stellen oder Rinnen, die als Liegeplätze für die Schiffe benützt werden; sonst können nur Schiffe, die das Stranden aushalten können, sich zur Zeit des Niedrigwassers darin aufhalten. Der gewöhnliche Zweck der Vorhäfen ist, die aus- und einfahrenden Schiffe während der kurzen Dauer zur Zeit des Hochwassers aufzunehmen; die einfahrenden Schiffe, bis sie in die Docks gebracht werden, die ausfahrenden, bis sie Segel beigesetzt, oder vom Dampfer in's Schlepptau genommen sind. Da bei grösseren Häfen die Anzahl der Schiffe, welche ankommt und abgeht, zuweilen eine sehr beträchtliche ist, so muss, damit die Schiffe sich frei bewegen können, der Vorhafen in solchen Fällen geräumig sein und namentlich auch Breite genug besitzen, um den unter Segel ankommenden Schiffen genügenden Platz zum Ankern zu gewähren. Ausserdem dient auch der Vorhafen den Schleppdampfern und allen kleineren Dampfschiffen, welche den Passagierdienst nach den nahe gelegenen Orten versehen, als Liegeplatz. — Besonders während eines Sturmes laufen die Schiffe mit grosser Schnelligkeit in den Hafen, resp. Vorhafen ein; dieser muss entweder bis zu den Docks oder bis zu dem gewöhnlichen Anker- oder Liegeplatz der Schiffe so lang sein, dass sich die Geschwindigkeit des einlaufenden Schiffes entsprechend mässige und ein Schwenken der Schiffe gestatte, oder es müssen, wenn kein Ankern möglich ist, daselbst künstliche Vorrichtungen zum Aufhalten des einlaufenden Schiffes angebracht sein. Zu letzterem Zwecke sind zuweilen an den Köpfen der Hafendämme, d. i. an der Mündung des Vorhafens, Schiffshalter angebracht, um welche ein Tau des ankommenden Schiffes befestigt, dessen anderes Ende am Schiffe an festen Gegenständen umschlungen und kräftig angezogen, wodurch nach und nach das Schiff aufgehalten wird. Ist die Tiefe des Vorhafens hinlänglich gross, dass das Schiff über den Anker hinweg kann, so kann selbst der schwere Hauptanker zu diesem Zwecke benützt werden; ist aber der Boden felsig, dass ein Aufhalten des Schiffes mittels Anker (weil der Anker in Felsboden nicht greift) nicht möglich wäre, oder misslingen könnte, so kann man, wie es bei Holyhaed geschehen, quer durch die Hafenmündung eine starke und an den Enden gut befestigte Kette legen, welche von dem ausgeworfenen Anker erfasst wird. Wo Vorhäfen kurz sind, hat man zuweilen in den Eingängen Untiefen stehen lassen (Mörderbänke), welche von den einsegelnden Schiffen überfahren, von den aussegelnden jedoch umgangen werden. Dampfschiffe brauchen alle diese Vorrichtungen nicht, indem sie durch die Rückwärtsbewegung ihrer Räder sehr schnell zum Stehen gebracht werden.

Offene Ankerplätze sind jene Stellen von entsprechender Ausdehnung im offenen Meere zwischen dem Festlande und den vorliegenden Inseln, wo die Schiffe gegen Landwinde durch die Festlandesküste, gegen die Seewinde durch die Inseln gedeckt, vor Anker gehen können. Statt der Inseln gewähren oft blosse Sandbänke, natürlich in viel geringerem Masse, Schutz gegen die Wellenbewegungen, wie z. B. der Ankerplatz von Pelorosso vor Venedig. Die Küste von Dalmatien ist sehr reich an guten offenen Ankerplätzen.

Sowohl offene Ankerplätze, Rheden, Vorhäfen, wie auch jene Häfen, die keine Flotthäfen sind, müssen einen guten *Ankergrund* haben. Es ist dies jene Stelle des Seegrundes, auf welchen geankert werden kann. Die Eigenschaften eines guten Ankergrundes sind folgende: 1) er muss hinlängliche, aber nicht zu grosse Tiefe haben, damit einerseits das Schiff bei starkem Wellenschlag nicht den Grund berührt, und andererseits, damit das Ankertau ausreicht; eine Tiefe von 40 bis 60 Fuss wird für die günstigste gehalten; 2) er muss den Anker halten. Fester Thonboden ist dazu sehr geeignet; bei grosser Wassertiefe bietet auch Sand einen guten Ankergrund, weil in diesem Falle die Wirkung der Wellen auf denselben aufhört und ihn nicht auflockert. Im Schlamme haben die Anker sehr wenig Haft und die Schiffe kommen bei sehr mässigem Winde und Wellenschlag ins Treiben. Auf ebenem Felsen greift der Anker gar nicht; bei klüftigen Felsen jedoch wird der Anker sehr leicht festgehalten, ist aber schwer zu lichten. Im sehr groben Kiese greift der Anker schwer oder gar nicht. 3) Er muss klar oder rein sein, d. h. ohne Klippen, Korallen u. s. w., damit sich das Tau oder die Kette daran nicht abreiben und die Arme des Ankers sich fangen können.

Erhaltnng der Hafentiefe.

§. 50.

Der wichtigste Gegenstand bei Anlage eines Hafens, dessen Erreichung gewöhnlich auch mit den meisten Schwierigkeiten verbunden ist, ist die Beschaffung und die Erhaltung der nöthigen Wassertiefe im Hafen selbst, besonders aber in seiner Mündung, durch welche er sich mit dem offenen Meere verbindet. Sand, Kies u. dgl. werden, wenn sie an der Küste vorhanden sind, von den Stürmen und Wellen in jede Bucht am Ufer, mithin auch in die Hafenmündung hineingetrieben. Die gewöhnlich stattfindenden Strömungen führen alles lose Material fort und lagern es an jenen Stellen ab, wo die Strömung zur Ruhe kommt, d. i. in den Häfen und in Buchten. Aus dieser Ursache gibt es nur wenige Häfen in der Welt, in denen keine Verflachungen stattfinden. Die Grösse der den Hafen besuchenden Schiffe richtet sich nach der Tiefe des Hafens.

Das Innere eines Hafens lässt sich durch Baggerungen in einer gewissen Tiefe erhalten, wenn nur der Hafen gegen Wellenschlag gesichert ist. Bei der Mündung des Hafens und zum Theil auch in der Hafenstrasse, welche die Mündung mit dem Hafen verbindet, ist es jedoch anders; diese sind gegen den Wellenschlag nicht geschützt, desshalb ist hier eine Vertiefung durch Baggerungen nur ausnahmsweise bei ruhiger See möglich. Um in der Hafenstrasse und an der Mündung des Hafens Verflachungen möglichst zu vermeiden, oder wenn sie entstanden, dieselben zu entfernen, gibt es nur ein Mittel, und dieses ist: die Durchführung eines kräftigen Spülstromes.

Man unterscheidet eine *künstliche* und eine *natürliche Spülung.*

§. 51.

Die *künstliche Spülung* ist nur dort anzuwenden möglich, *wo ein grosser Fluthwechsel vorhanden ist,* weil nur dann das Gefälle, durch welches der Strom die nöthige Geschwindigkeit erhält, erlangt werden kann. Die Durchführung eines künstlichen Spülstromes durch den Vorhafen oder durch den Hafen selbst, wird zwar die Verflachungen daselbst auf ein kleineres Mass beschränken, aber nie ganz verhindern und man wird hier doch immer nach dem Bagger greifen müssen. Der Spülstrom erzeugt jedoch im Vorhafen eine, wenn auch nicht regelmässige aber an manchen Stellen so tiefe und sich ziemlich gleichförmig erhaltende Rinne, dass man diese zu Liegeplätzen für grössere Schiffe benutzen kann. Der eigentliche Zweck der Spülung wird vorzugsweise immer der sein, alle Sand- und Kiesablagerungen in und vor der Hafenmündung derart wegzuschwemmen, dass der Hafen bei jedem Hochwasser zugänglich ist. Bei manchen Häfen, wie z. B. bei Calais, Boulogne u. dgl., bei welchen es sich darum handelt, das Einlaufen und Abgehen der Dampfboote zu bestimmten Tagesstunden, unabhängig von Ebbe und Fluth, in pünktlicher Verbindung mit den Eisenbahnzügen zu ermöglichen, hat man es durch kräftige Spülvorrichtungen auch dahin gebracht, dass die 7 bis 8 Fuss tauchenden Dampfer selbst bei dem gewöhnlichen kleinsten Wasser ein- und ausfahren können.

Der künstliche Spülstrom wird in der Weise erzeugt, dass man zur Seite oder besser hinter dem Hafen in entsprechend grossen Bassins, d. i. in den sogenannten Spülbassins, das Hochwasser der Fluth auffängt und zurückhält, und dieses bei der nächsten Ebbe durch möglichst grosse Abflussöffnungen plötzlich ausfliessen lässt; es füllt sich sodann rasch der Vorhafen, das Wasser strömt schnell durch die Hafenstrasse, wenn eine solche vorhanden ist, oder direct der Hafenmündung zu, wo es durch die innehabende grosse Geschwindigkeit die Sohle angreift und die Verflachungen wegschwemmt. Diese Spülungen erfolgen nach örtlichen Umständen in kürzeren oder längeren Zwischenräumen, gewöhnlich nur zu Zeiten der Springfluthen, weil sich alsdann das grösste Gefälle für den Strom herausstellt; sie dauern meist nur 1 bis 1½ Stunden, jedoch ihre wahre Wirkung zeigt sich nur während der ersten 10 bis 15 Minuten, weil selbst bei grosser Ausdehnung des Spülbassins durch das ausströmende Wasser nach dieser Zeit, sich das Gefälle und folglich auch die Geschwindigkeit bedeutend vermindert. Minard erwähnt, dass in Dünkirchen vom Sande gebildete Ablagerungen, die 14 Tage vorher nicht gespült wurden, bei Spülungen in den ersten 15 Minuten stellenweise Vertiefungen von 3 Fuss erlitten und dass spätere Aenderungen der Sohle daselbst nicht mehr zu erkennen waren; dieses ist jedoch ein sehr grosser Erfolg. Im Kiese ist er natürlich geringer. Minard sagt: die Geschwindigkeit müsse wenigstens 2 Meter in der Sekunde betragen, wenn grober Kies weggetrieben werden soll. Zur Wegtreibung von Sand genügt eine Geschwindigkeit von 1.3 bis 1.6 Meter. — Von den Spülungen darf man sich keine übertriebenen Hoffnungen machen, und nur bei grossem Höhenunterschied des Wasserspiegels im Spülbassin und im Vorhafen ist durch häufiges Spülen ein Erfolg möglich. Die erste nach langer Zeit vorgenommene Spülung zeigt immer eine grosse Wirkung; die der gleich darauf folgenden vermindert sich aber sehr, bis bald die Wirkung ganz aufhört. Heftiger Wellenschlag, wenn er noch dazu dem Spülstrom entgegen wirkt, schwächt die Wirkung der Spülung und hebt diese zuweilen auf; bei ruhiger See ist sie am erfolgreichsten.

Es gibt auch Fälle, und diese sind eben nicht selten, dass Spülbassins durch Bäche oder kleinere Flüsse gespeist werden. Damit aber diese, was besonders zur Zeit ihres Hochwassers geschehen könnte, nicht ihr Gerölle in die Spülbassins mitführen, muss der Fluss oder Bach zur Zeit seiner Anschwellungen von dem Spülbassin durch ein Schleusenwehr getrennt und ein verlängertes Bett mit einer zweiten Mündung unmittelbar in das Meer haben, wie dieses bei der Divette, die das Spülbassin des Handelshafens von Cherbourg speist, Fig. 561 a, Taf LIV, der Fall ist.

Je grösser ein Spülbassin ist, desto besser ist es, nur muss dasselbe eine angemessene Form haben, damit das Wasser möglichst gleichmässig, ohne zuerst weit fliessen zu müssen, sich in den Vorhafen stürzen kann. Eine lange gestreckte Form ist demnach nicht zweckmässig. — Eine Einfassung der Ufer des Spülbassins mittels Mauern ist durchaus nicht nothwendig, wohl aber müssen die Ufer in der Nähe der Schleuse mit Mauern versehen sein, weil die Strömung und der Angriff auf Ufer und Sohle hier ein starker ist. Bei Spülungen ist es von Wichtigkeit, dem Spülstrom eine solche Richtung zu geben, dass derselbe direct der Hafenstrasse zufliesse. Die Spülschleuse muss demnach so gestellt werden, dass der Strom in gerader Richtung der Hafenstrasse zulaufe. Dieses ist jedoch sehr selten möglich und man wird in manchen Fällen genöthigt sein, ein zweites Spülbassin mit einer Spülschleuse derart anzulegen, dass beide Spülströme sich so treffen, damit der zusammengesetzte Strom die verlangte Richtung nach der Hafenstrasse oder Hafenmündung annehme. Auch kann zu diesem Zwecke die Errichtung eines dritten Spülbassins nothwendig werden. Die Spülschleusen werden sodann nicht alle gleichzeitig geöffnet, sondern das Oeffnen jeder unterhalb liegenden muss so lange abgewartet werden, bis sich daselbst in Folge der Wirkung der oberen Spülschleuse, eine starke Strömung eingestellt hat.

Bei manchen Häfen werden die Bassins oder die Docks selbst, in welchen das Hochwasser zurückgehalten wird, als Spülbassins benutzt. Die Spülung darf in diesem Falle nur bis zu einem beschränkten Grade stattfinden, weil sonst die Schiffe in den Docks sich auf den Grund stellen würden. Sind die Docks im Verhältniss zur Ausdehnung des Vorhafens sehr gross, dann ist auch von dieser Art Spülung eine bedeutende Wirkung zu erwarten, weil der wahre Effect der Spülung, wie schon erwähnt, nur in den ersten 10 bis 15 Minuten stattfindet. Natürlicher Weise müssen in solchem Falle die Docks so tief ausgegraben sein, dass die Schiffe darin noch nach Abfluss des für die Spülung erforderlichen Wassers schwimmend erhalten werden. Die Spülungen im Hafen von Havre geschehen in solcher Weise:

Der in Fig. 532, Taf. XXXVI, skizzirte Hafen von Havre ist einer der bedeutendsten Handelshäfen

in Frankreich. Rings um den Vorhafen liegen die Docks; südlich das Bassin de la Floride, das früher allein Spülbassin war und gegenwärtig einen grossen Flotthafen bildet. An der Ostseite schliesst sich an das Bassin de la Floride ein sehr grosser Flotthafen, das Bassin de l'Eure an, das sich nordwärts bis zum Bassin Vauban ausdehnt. Das Bassin de l'Eure ist mit dem Vorhafen und nordöstlich mit den neuen Entrepôt-Docks in Verbindung. Vor dem Bahnhofe ist das Bassin Vauban, welches durch einen kurzen Canal, der früher auch zum Canal Harfleur gehörte, mit dem Bassin de la Barre verbunden ist. Nördlich vom Vorhafen befindet sich das Bassin du Commerce, das einerseits durch das Bassin de la Barre, und anderseits durch das Vieux-Bassin, mit dem Vorhafen in Verbindung ist. Diese Docks sind sowohl unter einander, als auch mit dem Vorhafen durch Schleusen verbunden. Die Bassins de la Floride und de l'Eure sind in der Nähe ihrer Schleussen und sonst nur zum Theil mit Kaimauern, im übrigen aber mit Erddossirungen eingefasst. Gegenwärtig soll ein zweiter Vorhafen an der östlichen Seite in Verbindung mit dem Bassin de l'Eure angelegt werden, wodurch letzteres in die Mitte der ganzen Hafenanlage zu liegen kommt.

Die Sohle des Vorhafens und seiner Mündung ist so hoch, dass bei dem niedersten Wasser selbst in den tiefsten Rinnen kaum 1½ Fuss Wasser bleibt; es ist demnach zu dieser Zeit die Schifffahrt ganz unterbrochen. Die todten Fluthen jedoch füllen den Vorhafen so an, dass die grössten voll geladenen Handelsschiffe ein- und ausfahren können. Das Hochwasser der Springfluthen steigt 22 Fuss 9 Zoll. Hier tritt jedoch der sehr günstige Umstand ein, dass die Dauer des Hochwassers ungewöhnlich lang ist und sich oft 3 Stunden in wenig veränderter Höhe erhält.

Die Einfahrt ist durch zwei massive Hafendämme begrenzt, auf denen der nöthige Raum zum Aufstellen von Winden und für die Arbeiter vorhanden ist, welche den ein- und ausfahrenden Schiffen behilflich sind. Der nördliche Damm tritt 240 Meter weiter gegen den Strom als der südliche. Die Einfahrt ist wenig regelmässig und hat an der engsten Stelle 64 Meter Breite. Neben dem südlichen Hafendamme liegt bei a eine grosse Spülschleuse, welche aus dem Bassin de la Floride gespeist wird und von deren Wirkung hauptsächlich die Tiefe in der Mündung abhängt.

Die Strömung während der Fluth ist sehr heftig und erreicht in geringer Entfernung vor dem Kopfe des nördlichen Hafendammes bei Springfluthen eine Geschwindigkeit von 6 bis 7½ Fuss. Im Winkel zwischen dem nördlichen Hafendamme und den Festungswällen, neben dem Bassin de la Floride, bildet sich ein heftiger Wirbel, welcher dem Wasser eine Strömung von Südost nach Nordost ertheilt. Vor dem Kopfe des südlichen Hafendammes ändert die Strömung ihre Richtung und biegt sich, ehe sie den nördlichen Hafendamm erreicht, nach Südwest um. Dieser Wirbel ist oft sehr gefährlich zu passiren und ist die Ursache, dass der Vorhafen eine neue Mündung erhalten soll. Auch wird durch diese Strömung südlich vor dem Kopfe des südlichen Hafendammes eine Kiesbank aufgeworfen, welche häufig auch gegen die Hafenmündung vortritt, wo sie durch Spülung beseitigt wird.

In früherer Zeit wurde der viele Kies, welcher in die Hafenmündung und im Vorhafen abgelagert wurde und den die damaligen Spülschleusen nicht entfernen konnten, mittels Wägen weggeführt. Durch Einbauten auf dem nördlichen Ufer der unteren Seine wurde aber erreicht, dass der Kies nicht mehr in grossen Massen in den Hafen getrieben, sondern schon ausserhalb desselben aufgefangen wird, von wo er für die leer ausfahrenden Schiffe als Ballast verladen wird.

Die Spülung des Vorhafens wird hauptsächlich durch die beiden, zu jeder Seite der Schleuse de la Barre, welche das gleichnamige Bassin vom Vorhafen trennt, liegenden Spülöffnungen von 3.90 Meter Weite, ferner durch die Schleuse, welche den Vorhafen mit dem Bassin de l'Eure verbindet, und nur zuweilen und zwar in weit geringerem Grade durch die der Schleuse de la Floride bewirkt. Die Spülung erfolgt nur dreimal bei jedem Neu- oder Vollmond. Es werden alsdann alle Bassins, mit Ausnahme des Bassins de la Floride, mit einander in Verbindung gesetzt und das Wasser in der Höhe von 7.40 Meter über Null zurückgehalten. Eine halbe Stunde vor Eintritt der Fluth werden die Spülschleusen geöffnet und es wird so lange gespült, bis der Wasserstand in den Docks auf 5.90 Meter gefallen ist. Diess geschieht in 30 Minuten. Ausserdem wird die Einfahrt durch die Spülschleuse a der Hafenmündung gespült. Zu diesem Zwecke wird im Bassin de la Floride der Wasserstand auf 7.40 Meter zurückgehalten und dieses bei Niedrigwasser so lange gespült, bis das Wasser im Bassin sich auf 5.40 Meter gesenkt hat. —

Die Kaimauern sind so konstruirt, dass nur derjenige Theil derselben, welcher zeitweise wasserfrei wird, mit Quadern bekleidet ist, während die bestän-

dig unter Wasser befindlichen Theile der Mauern nur in Ziegeln ausgeführt sind. Die Mauern sind auf einer Bétonschichte von 1 Meter Dicke fundirt. Unter Wasser ist die äussere Fläche der Mauer wie gesagt mit Ziegeln verkleidet, über den niedersten Wasserstand mit Quadern von Kalkstein, in diesen sind jedoch von 4 zu 4 Meter abgerundete Granitblöcke eingesetzt, welche vor die Flucht der Mauer vortreten und die Berührung des Schiffskörpers mit der Mauerfläche verhindern.

Vor Erbauung des grossen Hafendammes in Dover, Fig. 570, Taf. LVIII, welcher den Küstenstrom ableitet und den Hafen vor Ablagerungen vollständig schützt, wurde dieser in kräftiger Weise gespült. A ist der Vorhafen, B, C und D sind Bassins, die sowohl unter einander als mit dem Vorhafen in Verbindung sind. Die Verbindungen sind auf dem Plane zu ersehen, worauf ebenfalls angedeutet ist, dass die Bassins B und C durch einen (30 Fuss breiten und 16 Fuss hohen) unterirdischen Kanal communiciren. Nahe an der Hafenmündung befindet sich das Reservoir F, welches auch durch einen unterirdischen Kanal mit dem Bassin C in Verbindung steht. Das Reservoir F hat acht 5 Fuss weite eiserne Ausflussröhren, die am Kopfe des Hafendammes ausmünden. In das grosse Bassin D, der Pent genannt, mündet in der östlichen Ecke desselben ein Flüsschen, der Dour, welcher zum Theil das zur Spülung erforderliche Wasser lieferte, indem er den Pent in vier bis fünf Tagen füllt. Der Vorhafen wurde aus dem Bassin B und aus dem Pent gespült und um den Strom nach der Hafenmündung zu leiten, sind am Ende des Vorhafens buhnenartige Einbauten hergestellt. Vorzüglich wirkte die Spülung der Hafenmündung aus dem Reservoir F durch die besagten eisernen Röhren. Das Reservoir F erhielt zu diesem Zwecke sein Wasser aus den Bassins B, C und D, mit welchen es, wie schon gesagt, communicirt. Gegenwärtig ist die Spülung aus dem schon erwähnten Grunde entbehrlich.

Zum Schlusse der künstlichen Spülungen wäre noch einer Spülvorrichtung zu erwähnen, die den Zweck hat, Ablagerungen an jenen Stellen der Kaimauern zu beseitigen, die zum Anlegen der Schiffe dienen. An der inneren Seite solcher Kaimauern werden zu diesem Zwecke offene Gräben, die mit Fluthwasser gespeist werden, angelegt, welche durch die Mauer mittels Kanäle in 40 Fuss Abstand von einander mit dem dem Fluthwechsel ausgesetzten äusseren Wasser in Verbindung gesetzt sind. Jeder dieser Kanäle spaltet sich jedoch in der Mauer in mehrere, z. B. vier bis sechs 2 Fuss breite und 6″ hohe Theile, und ist durch eine Schütze beliebig abzusperren. Die Mündung dieser Theile liegt in jener Tiefe, bis zu welcher man die Spülung beabsichtigt. Durch Oeffnen der besagten Schütze kann nun beliebig, und da die nothwendige Wasserquantität nicht gross ist, selbst aus einem dahinter liegenden Dock gespült werden. In der Zeitschrift für Bauwesen sind diese Spülanlagen der Liverpooler Docks beschrieben.

§. 52.

Künstliche Spülungen werden jedoch nur dort eine entsprechende Wirkung haben, wo der Fluthwechsel ein bedeutender ist. Im adriatischen Meere, wo der Fluthwechsel nur unbedeutend und in der Ostsee, wo fast gar keiner vorhanden ist, können künstliche Spülungen gar nicht vorkommen. Hier sind es die *natürlichen Strömungen,* welche zur möglichsten Vertiefung der Hafenmündungen benutzt werden. Damit natürliche Strömungen einen Erfolg haben, müssen sie lange andauern und die durchströmende Wassermasse muss eine grosse sein. Die Wirkung einer solchen Strömung hat aber doch nur eine bestimmte, oft sehr beschränkte Grenze, wesshalb es in manchen Häfen an solchen Meeren unmöglich ist, dieselben für grosse Schiffe zugänglich zu machen.

Zu natürlichen Strömungen werden die einmündenden Ströme oder Flüsse benützt, oder allenfalls in geringer Entfernung von der Küste liegende Seen (welche jedoch keine zweite Verbindung mit dem Meere haben dürfen), oder sonstige Niederungen, die zuweilen durch Winde, welche das Wasser stark gegen das Land treiben, anschwellen und sodann ihr Ueberwasser in das Meer durch die Hafenmündung zurückfliessen lassen. Da man es hier mit einer natürlichen, ähnlich einer Flussströmung zu thun hat, so sind auch die Mittel, um eine möglichste Verstärkung einer Durchströmung hervorzubringen, ähnlich jenen, die man bei Flüssen zur Erlangung einer grösseren Geschwindigkeit anwendet. Diese sind: die Hauptarme möglichst abzukürzen, die Nebenarme zu sperren und durch Verengung der Hafenmündung die Strömung daselbst zu concentriren. Zu letzterem Zwecke ist es am entsprechendsten, wenn der Hafen an einem Flusse liegt, dem letzteren, oder wenn der Hafen nicht an einem Flusse liegt, dem Hafenkanale gegen seine Mündung zu ein grosses Profil zu geben und die Mündung des Flusses oder Hafenkanales selbst durch rasches Aneinanderrücken der Hafenköpfe auf 200 bis 300 Fuss zu verengen. Es wird hiedurch das möglichste Gefälle an

der Hafenmündung concentrirt. Ein minder gutes Mittel ist auch, die Hafendämme zu krümmen; es bildet sich sodann auf der konkaven Seite der Stromschlauch besser aus, indem sich der Strom daselbst besser concentrirt; auf der konvexen Seite legen sich Sandbänke an. Da dieses auch in demselben Verhältnisse bei der Mündung geschieht, so verengt sich dieselbe von selbst.

Nicht immer lässt sich aber durch die Durchströmung der Hafenkanal und seine Mündung bis in die offene See offen erhalten und zuweilen ist man gezwungen, die Hafendämme so weit zu verlängern, dass sie bis über die erforderliche Tiefe sich hinaus erstrecken. Wenn auch nicht geläugnet werden kann, dass dieses Mittel dem besagten Uebelstande radikal abzuhelfen nicht im Stande ist, so ist es doch in manchen Fällen das Einzige, nach dem man greifen kann. Durch die Strömung getrieben, lagert sich an solchen Hafendämmen der Sand und Kies, welcher neben diesen eine geschützte Bucht findet, ab; es werden diese Buchten zur Seite der Dämme, je nach örtlichen Verhältnissen, schneller oder langsamer ausgefüllt, es bildet sich daselbst der Strand aus und dieser rückt immer weiter gegen die Mündung vor, bis endlich die Versandung derselben auf's Neue beginnt und die Hafendämme wieder bis über die erforderliche Tiefe hinaus verlängert werden müssen. Es gibt Häfen, deren Dämme aus der erwähnten Ursache öfter verlängert wurden.

Als Beispiel einer natürlichen Durchströmung soll hier jene des Hafens von Malamocco bei Venedig erwähnt werden.

Die Lagunen von Venedig sind Niederungen, die sich in einer Länge von 30 Miglien (7 ½ geogr. M.), und in einer Breite von ungefähr 6 Miglien zwischen dem festen Lande und der See erstrecken, und bestehen aus sumpfigen Gewässern, durch welche sich verschiedene Flüsse und Bäche in's adriatische Meer ergiessen. Das Wasser dieser Niederungen ist salzig wie das Meerwasser, und es fällt und steigt mit Ebbe und Fluth; der morastige Boden bleibt bei niedrigem Wasserstande oft bloss liegen. Diese grosse Wasserfläche ist durch eine Unzahl von Eilanden von verschiedener Grösse und Bevölkerung unterbrochen, und fast in der Mitte der Lagunen, wo 60 dieser Inseln zusammengedrängt sind, erhebt sich das wundervolle, stolze Venedig. Der grösste Theil dieser Inseln scheint durch die Erdtheile, welche die durch die Lagunen strömenden Küstenflüsse von den Bergen herab führen, entstanden zu sein; denn noch fortwährend wird der Grund der Lagunen durch den Schlamm dieser Flüsse erhöht und ihr Umfang eingeschränkt. Dieses stimmt auch mit den Zeugnissen der Geschichtschreiber überein, denen zufolge die Lagunen ehemals mehr als 30 Miglien Breite hatten, und sich bis zum Fusse der Monti Euganei erstreckten, wogegen jetzt ihre grösste Breite nicht 5—6 Miglien übersteigt. In Venedig selber soll der Boden um 3 Zoll in jedem Jahrhundert wachsen, was sich durch den Unterschied von 15 Zoll zwischen dem alten und dem jetzigen Boden des Dogenpalastes zeigen soll, der kaum 500 Jahre steht. Die alte Königin des adriatischen Meeres mag eines Tages vielleicht das Schicksal von Ravenna theilen, das auf Inseln mitten im Meere erbaut, nun weit von dem Elemente entfernt ist, das es Jahrhunderte hindurch beherrschte.

Kanäle setzen Venedig, das selbst nach allen Richtungen von ihnen durchströmt wird, in Verbindung mit dem Meere, den Inseln und dem festen Lande. Signale, durch verschiedenartig zusammengesetzte Pfähle gebildet, bezeichnen die durch jene Kanäle in den Lagunen gebildeten Fahrstrassen, nach deren Beseitigung den Schiffen der Zugang zur Stadt fast unmöglich gemacht wird, was zur Seevertheidigung Venedigs viel beiträgt. Die Kanäle werden mit grossem Kostenaufwande beständig von dem Schlamme frei gehalten, den einestheils die von den Bergen herabkommenden Gewässer, anderntheils Ebbe und Fluth darin niedersetzen. Dieser Schlamm wird entweder zur Erhöhung der Ufer benutzt, oder er wird auf bestimmten Stellen zusammen getragen, wo er dann oft neue Inseln bildet, wie u. A. die Insel Santa Marta beweist, auf welcher der Exercierplatz von Venedig ist.

Ziemlich von Norden nach Süden erstreckt sich zwischen den Lagunen und dem Meere in einer Länge von ungefähr 18 Miglien, und in einer stellenweisen Breite von weniger als hundert Metern eine Linie von Sandinseln, Fig. 533 a, Taf. XXXVII, Litorale di Cavallino, Litorale di St. Erasmo, Litorale di Malamocco, Litorale di Pelestrina und Litorale di Sotto Marina, welche die Natur selber gleichsam zu Dämmen gegen das Meer bestimmt hat; die Stellen wodurch diese langen Erdbänke von einander getrennt sind, dienen den Venezianern zu Häfen für das adriatische Meer. Ihrer sind sechs: Porto di Brondolo, Porto di Chioggia, Porto die Malamocco, Porto di Lido, Porto dei Tre Porti und endlich der kleine Hafen Porto di Fisolo.

Jene schmalen Inseln, gleichsam die Vormauern von Venedig, sind, obschon der Wuth der Elemente

preisgegeben, doch nicht von Bewohnern entblösst. Der Mensch, kühn genug, seine Hütte auf der kaum erkalteten Lava des drohenden Vulkanes zu errichten, hat sich auch nicht gescheut, seinen Sitz auf einer Hand voll Erde aufzuschlagen, wo er sich stündlich dem Zorne der Elemente aussetzt. Dem Strande entlang steht eine Zeile von schmalen Häusern, die von der einen Seite auf das Meer und von der andern auf die Lagunen sehen. Nur durch kurze Zwischenräume von einander getrennt, bilden die so gestellten Häuser eine fortlaufende Reihe von durchsichtigen Ortschaften, an deren Ende das freundliche Städtchen Chioggia liegt. Ein rüstiges Völkchen von Fischern, Gondolieren und Lootsen, deren Weiber Handarbeit treiben, machen die Bevölkerung aus.

Der Streifen Erde, der zwischen diesen einzeln stehenden Häusern und der sie in Verbindung setzenden Strasse bleibt, wird von den Bewohnern zur Anpflanzung von Gemüsen, Reben und kurzgezogenen Fruchtbäumen benutzt. Um diese Pflanzungen vor der Heftigkeit der Seewinde und vor dem schädlichen Auswurfe der Wellen zu schützen, wurden nach schon Jahrhunderte dauerndem Kampfe zwischen den Menschen und Elementen und nachdem schwache Dämme von Pfahlwerk, Kieseln und Erde fortwährend zerstört und wieder erneuert werden mussten, von den Venetianern Bollwerke dem Meere entgegengestellt, an denen die Macht des furchtbaren Elementes sich brechen musste. Obschon über den Beginn dieser Lagunendämme, wovon später noch die Rede sein wird, und die von dem Volke unter dem Namen Murazzi als Römerwerke verehrt werden, keine Dokumente bekannt sind, so scheint doch aus einer Inschrift in den Marmorquadern dieser Dämme hervorzugehen, dass die Republik im Anfange des vorigen Jahrhunderts auf der Küste von Pelestrina den ersten Stein dazu legen liess.

Wie aus der Fig. 533 a, Taf. XXXVII, zu ersehen ist, bildet sich im Meere bei jeder Verbindungsstelle des Meeres mit den Lagunen eine nach Süden gerichtete Ablagerung von Meersand. Die an der venetianischen Küste des adriatischen Meeres bekannte Litoralströmung von Norden nach Süden, welche den aus den Lagunen herauskommenden Ebbestrom, den sie unter normalen Verhältnissen beinahe senkrecht trifft und nach Süden ableitet, ist die Hauptursache dieser Ablagerungen, wozu auch noch Stürme, besonders die Sciroccal-Stürme wesentlich beitrugen. Zu dieser Anhäufung von Meersand lieferte ferner noch das durch die Verbindungsstellen langsam ausfliessende Lagunenwasser seinen Beitrag in Ablagerungen von Lagunenschlamm, welcher bei sehr grossen Winden aufgewühlt wird und das Wasser in den Lagunen trübt. Durch diese zweifache Ablagerung bildete sich auch nach und nach vor der Hafeneinfahrt von Malamocco, wie aus der im vergrösserten Massstabe gezeichneten Skizze, Fig. 533 b, Taf. XXXVII, zu ersehen ist, eine mächtige, durch punktirte Linien angedeutete Sandbank, die in der erwähnten Richtung vorschreitend, kaum 4 Meter unter der Commune, d. i. dem Wasserstand zur Zeit der gewöhnlichen Fluth, lag, und die Schifffahrt des Hafens ganz zu unterbrechen drohte. Gleichzeitig wurde hiedurch das Innere des Hafens immer seichter und dieser für tiefer gehende Schiffe nicht mehr geeignet. Zwischen dieser Sandbank und den Untiefen der Küste des Litorales erhielt sich als Communication mit den Lagunen für die Schifffahrt nur noch eine schmale Rinne (Mündung), der Kanal della Foce; dieser hatte nur eine Tiefe von 5 Meter unter der gewöhnlichen Fluth und erstreckte sich in Krümmungen von Norden nach Süden, wodurch für die Schifffahrt die Auffindung der Einfahrt gewöhnlich sehr schwierig, bei ungünstigen Winden oder Stürmen aber das Einlaufen gefahrvoll, in manchen Fällen aber auch unmöglich wurde.

Diese Umstände lenkten die Schifffahrt nach und nach von Venedig ab und der in den älteren Zeiten so blühende Handel sank zur Unbedeutendheit. — Dieser Verfall Venedigs bestimmte die Regierung, mehrere Fachmänner mit Vorschlägen zur Beseitigung der erwähnten Uebelstände zu betrauen. Die Aufgabe, welche dieselben zu lösen hatten, bestand in der Bezeichnung jener Massregeln, um die Hafenmündung bleibend zu reguliren und gleichzeitig die Vertiefung des Hafens selbst zu bezwecken. Man brachte das unter den dort herrschenden localen Verhältnissen wohl einzig mögliche Mittel, d. i. die Erbauung eines Dammes in Vorschlag, welcher von der inneren Hafen-Diga ausgehend sich so weit hinaus erstrecken sollte, dass der durch die Litoralströmung von Norden gegen Süden hergetriebene Sand durch ihn aufgehalten werde und sich hinter denselben lagern müsse. — Es ist nicht zu bezweifeln, dass auch hier diese Sandablagerung immer mehr gegen den Kopf des Dammes vorschreiten und einst vor denselben sich anhögern werde, so dass eine weitere Verlängerung des Dammes nothwendig sein wird, aber es war kein anderes Auskunftsmittel in diesem Falle möglich, weil die Sandbank zu weit im Meere lag und der Spülstrom auf keine andere Weise bis dahin geleitet werden konnte. Auf dieses Projekt wurde

eingegangen und im Jahre 1838 legte Seine Majestät der Kaiser Ferdinand I. den Grundstein zu diesem grossen Werke.

Der eigentliche Bau dieses Dammes, welcher gewöhnlich mit dem Namen Diga di Nord bezeichnet wird, begann erst im Jahre 1840 und erhielt eine Länge von 2200 Meter. Diese Länge ergab sich dadurch, dass man über die Sandbank hinaus in die See eine Tiefe von 8 Meter unter der Commune zu erreichen strebte. Mit diesem Damme war jedoch nur ein Theil der Aufgabe gelöst, nämlich den weiteren Sandablagerungen ein Halt geboten; es erübrigte jedoch noch, das bei Ebbezeit ausströmende Wasser zu zwingen, durch seine eigene Kraft die vorliegende Sandbank zu zerstören und sich ein hinreichend tiefes Rinnsal zu bilden. Zu diesem Zwecke erfolgte die Anlage eines zweiten Dammes, Contra Diga genannt, grösstentheils parallel mit der Diga di Nord und 471 Meter von diesem entfernt. Die Länge dieser Contra Diga beträgt 845 Meter und ihre Spitze blieb daher hinter jener der Diga di Nord zurück, damit die ganze zwischen den zwei Dämmen eingezwängte Wassermenge Raum habe, der Litoralströmung auszuweichen und gegen Süden abzubiegen. Die Contra Diga wurde erst im Jahre 1850 begonnen und besteht noch heutzutage nur im Unterbau, d. i. in einer Steinschüttung bis zur Commune; ebenso fehlen noch ungefähr 200 Meter des aus Quadern eingefassten Oberbaues der Diga di Nord. Trotz des langsamen Vorschreitens der Diga di Nord und der noch gänzlich unvollendeten Contra Diga zeigte sich doch sehr bald der erwartete Erfolg, indem nur durch die verstärkte natürliche Strömung, indem man sie concentrirte, nicht allein die vorliegende Sandbank durchbrochen wurde und sich ein Fahrwasser von mehr als 30 Fuss Tiefe erzeugte, sondern durch die vermehrte Durchströmung wurde auch der Hafen selbst bedeutend vertieft.

Die Entfernung der beiden Dämme konnte hier so gross angenommen werden, weil die durchströmende Wassermenge wegen der bedeutenden Ausdehnung der Lagune eine sehr grosse ist. Die Richtung der Dämme wurde mit Rücksicht auf die herrschenden Hauptwinde festgestellt. Unter diese letzteren gehören der Scirocco (Südost) und die Bora (Nord-Nordost), von welchen besonders der erstere durch Erzeugung von Springfluthen sehr nachtheilige Einflüsse auf die Küste ausübt.

Die in Fig. 533 b, Taf. XXXVII, eingeklammerten Koten bezeichnen die Wassertiefen vor Erbauung der Diga di Nord; die nicht eingeklammerten Koten jedoch geben die jetzigen, übrigens sehr veränderlichen Wassertiefen unter der Commune in Wiener Fussen an. Die Wassertiefen des Hafens in seinem ehemaligen Zustande konnten nicht ermittelt werden.

Hier ist man von der Ansicht ausgegangen, dass die Hafeneinfahrt an derjenigen Seite, von welcher die Küstenströmung kommt, durch den längeren Damm, d. i. durch die Diga di Nord zu sichern sei. Diese Ansicht ist aber nicht die allgemeine, wie es ausgeführte Beispiele beweisen. Bei letzteren hat man nämlich mit günstigem Erfolge an jener Seite, von welcher die Küstenströmung kommt, den kürzeren, und an der entgegengesetzten Seite den längeren Hafendamm hergestellt. Die Küstenströmung muss hier, an dem längeren Hafendamme anlangend, vereint mit dem aus dem Hafen strömenden Wasser eine Wendung nach aussen machen, und hiedurch wird ähnlich wie bei einem concaven Stromschlauche, die Tiefe an dem längeren Hafendamme, d. i. an der concaven Seite, besser erhalten und die Ablagerung besser vermieden. Zuweilen gibt man den Hafendämmen eine mässige Krümmung, um die günstigen Verhältnisse eines concaven Stromschlauches hiedurch besser zu erlangen.

Ein interessantes Beispiel einer natürlichen Durchströmung findet im Hafen von Nieuwe-Diep statt, welcher in der Zeitschrift für Bauwesen und in Hagen's Seeufer- und Hafenbau beschrieben wurde.

§. 53.

Wenn auch durch die eben erwähnten künstlichen Spülungen und natürlichen Durchströmungen *Verflachungen im Innern des Hafens* vermindert werden, so werden sie doch höchst selten, fast nie, ganz vermieden, und man wird immer nach dem Bagger greifen müssen, um die erforderliche Tiefe des Hafens zu erhalten. Im Innern des Hafens ist aber die Benützung der Bagger sehr erleichtert, die Wellenbewegung daselbst ist eine verminderte, oft eine sehr geringe, und der Bagger kann in vielen Häfen beinahe ununterbrochen im Gange erhalten werden. Die Dampfbagger sind beinahe die einzigen, welche in einem halbwegs grösseren Hafen heutzutage zu diesem Zwecke benützt werden; in kleineren Häfen sind Pferde- und Handbagger im Gebrauch. Ein wichtiger Umstand bei diesen Baggerungen ist, das gehobene Material dergestalt zu verführen und zu versenken, dass dasselbe nicht wieder durch die Küstenströmung in den Hafen zurückgeführt wird, so wie auch, dass es das Fahrwasser nicht verflache oder verenge. Es muss daher in ziemlicher Entfernung vom Hafen,

und zwar in der Richtung des Küstenstromes versenkt werden.

Zur Verführung des ausgebaggerten Materials dienen eigens konstruirte Fahrzeuge, deren mittlerer Theil zur Aufnahme des Materials bestimmt ist; der Boden dieses Theils ist mit einer Klappthüre versehen, durch deren Oeffnen das Material verstürzt wird.

Bei Häfen, die einem grossen Fluthwechsel ausgesetzt sind, kommt es manchmal vor, dass im Vorhafen, wie auch in der Hafenstrasse, statt mittels Baggerungen das Material zur Zeit der Ebbe mittels Karren verführt wird.

In manchen Häfen gestatten die Verhältnisse der Ein- und Ausfuhr, dass alles ausgebaggerte Material nicht entfernt zu werden braucht, sondern, dass es gleich als Ballast für die ausfahrenden Schiffe verwendet wird. In Hâvre ist z. B. die Einfuhr so überwiegend, dass fast aller ausgebaggerte Kies zum Ballast für die den Hafen verlassenden leeren Schiffe gebraucht wird.

Grösse der Häfen, Bequemlickkeit der Einfahrt und Sicherung der Häfen gegen starke Wellenbewegung.

§. 54.

Die Grösse und Gestalt des Hafens richtet sich nach der Anzahl und Grösse der Schiffe, welche gleichzeitig im Hafen Platz finden sollen, nach dem Raume, den sie zu ihrer Bewegung im Hafen selbst brauchen, wie auch nach den lokalen Verhältnissen. Ein zu kleiner Hafen ist eben so schlecht, wie ein zu grosser. Ist der Hafen zu klein, so geht der Verkehr auf einen andern Hafen über, oder man muss den bestehenden Hafen vergrössern. Im ersten Falle leidet der Platz und im zweiten Falle müssen, wenn die Natur nicht vorgearbeitet hat, immense Mittel angewendet werden, um die Vergrösserung, sei es im Wege der Erweiterung des bestehenden, oder der Errichtung eines zweiten Hafens neben dem ersten, zu erzielen. Die Geschichte weiset eine Reihe von Plätzen auf, die deswegen zu Grunde gegangen sind, weil eben ihre Häfen mit der Zeit zu klein befunden wurden. Bei Marseille hat man sich durch Anbau eines zweiten Hafens geholfen, wozu ein ausserordentlicher Aufwand von Kunst und Geldmitteln erforderlich war. Ist der Hafen zu gross, so erfordern wieder die Instandhaltungsarbeiten so grosse Kosten, dass sie zu dem Gewinne, den der Handel bringt, in gar keinem Verhältnisse stehen.

Ein Hafen soll eine hinreichende Länge haben, damit die einlaufenden Schiffe, die bei Stürmen mit einer grossen, sonst aber doch mit einer gewissen Geschwindigkeit in der Hafenmündung anlangen müssen, um dem Steuer zu gehorchen, Raum genug haben, ihre Geschwindigkeit zu mässigen. Die Breite des Hafens soll eine solche sein, dass nicht nur an beiden Ufern die Schiffe in mehreren Lagen hinter einander liegen können, sondern dass noch hinlänglicher Raum zum Begegnen, Ueberholen, Wenden und selbst zum Ankern der Schiffe bleibt. Zu diesem Zwecke sollen Häfen, die nur für kleinere Handelsschiffe bestimmt sind, wenigstens eine Breite von 600 Fuss haben. Da die Schiffe zum bequemen Ein- und Ausladen am Ufer liegen müssen, so ist möglichst dahin zu trachten, dass der Hafen bei der einmal festgesetzten nothwendigen Breite lieber in der Länge, als in der Breite vergrössert werde, weil alsdann mehr Schiffe am Ufer liegen können.

§. 55.

Zwischen der Rhede und dem Hafen bestehen meistens mehr oder weniger lange enge Einfahrten, die Hafenstrassen genannt. Zuweilen fehlen diese und der Eingang zum Hafen (die Hafenmündung) liegt zwischen zwei Hafendämmen, deren Köpfe einander gegenüber stehen, zwischen welchen der nöthige Raum zur Einfahrt offen gelassen wird. Diese Dämme schliessen sodann ein Bassin ein, das entweder den Vorhafen oder den Hafen selbst bildet, welchen man in diesem Falle Bassinhafen nennt. Das Ein- und Ausfahren der Schiffe wird bei dieser Gestaltung des Hafens sehr erleichtert. Die erstere Art, d. i. wenn zwischen Rhede und Hafen längere Einfahrten bestehen, ist die gewöhnliche bei natürlichen Häfen, die zweite Art findet sich bei denjenigen, welche durch Kunst in flache Meeresbuchten, oder selbst ohne diesen in das Meer hinein angelegt sind, wie diess bei Kingstown und Ramsgate der Fall ist.

Ein Hafen ist gewiss um so geschützter, je weiter er von der Rhede entfernt, je tiefer er im Binnenlande liegt, also je länger die Hafenstrasse ist, aber mit um so grösseren Schwierigkeiten ist in diesem Falle auch die Ein- und Ausfahrt verbunden. Es ist gut, die Hafenstrasse breiter anzulegen und durch gegenseitiges Vortreten der Hafenköpfe die Mündung zu verengen, damit der Spülstrom daselbst koncentrirt, das Innere des Hafens möglichst gegen Wellenschlag gesichert ist und damit hinter der Hafenmündung Schiffe, die entweder Schutz suchen, oder die

zum Ausfahren bereit, einen günstigen Wind erwarten, liegen können. Es ist wahr, dass in diesem Falle, weil der Spülstrom in einer breiten Hafenstrasse an Kraft verliert, grössere Verflachungen hinter der Hafenmündung eintreten werden, aber diese kann man dort immer durch Baggern beseitigen.

Die Breite der Hafenstrasse bedingt sich durch die Hauptrücksicht, dass sie dem Verkehr volle Bequemlichkeit liefere. Bei kleineren Häfen findet man die Breite der Hafenmündung mit 108, selbst mit 100 Fuss und die der Hafenstrasse mit nur 80 Fuss, bei grösseren Häfen die der Hafenmündung mit 300, selbst mit 350 Fuss, und die der Hafenstrasse mit 225 bis 290 Fuss. Als Regel gilt: die Hafenstrasse muss bei Häfen, die von grösseren Schiffen besucht werden, damit diese bequem ein- und ausfahren und sich in der Hafenstrasse bequem ausweichen können, eine Breite von 200 bis 300 Fuss erhalten. Dieselbe Breite soll auch die Hafenmündung erhalten. Bei einer sehr geschützten Rhede, durch welche das Einfahren wesentlich erleichtert wird, kann die Hafenmündung eine Breite unter diesem Ausmass bekommen, und ist der Hafen ein Bassinhafen, welcher Ein- und Auslaufen der Schiffe nach verschiedenen Richtungen bedingt, so kann die besagte Breite der Hafenmündung auch vergrössert werden. So hat die Mündung des Hafens von Kingstown eine Breite von 680 Fuss.

Die Richtung der Hafenstrasse und wenn diese, wie es bei manchen Häfen der Fall ist, gekrümmt ist, wenigstens die Richtung der Hafenmündung muss eine solche sein, dass Schiffe, die vielleicht nur aus Noth wegen erlittener Havarien den Hafen aufsuchten, während der herrschenden Winde und Stürme ohne Gefahr und leicht einlaufen können. Das Auslaufen der Schiffe wird hier weniger berücksichtigt, weil diese entweder das Aufhören des Sturmes oder einen günstigen Wind abzuwarten im Stande sind. Auch ist bei der Richtung der Mündung der Hafenstrasse auf die Wellenbewegung Rücksicht zu nehmen, damit sich diese nicht mit zu grosser Stärke dem Hafen mittheile. Eine Richtung der Hafenstrasse nach jener der herrschenden Stürme ist in der Regel nicht die beste, weil die Schiffe mit allzu grosser Geschwindigkeit anlangen, diese nur schwer mässigen können und sich die Wellenbewegung zu sehr dem Hafen mittheilt, wodurch auch das Ein- wie das Auslaufen der Schiffe erschwert wird. Dagegen empfiehlt sich die Lage der Hafenmündung und die der Hafenstrasse in einer Richtung von 70 bis 80 Grade gegen den herrschenden Wind, wie dieses auch bei den bestehenden Häfen meistens der Fall ist. Bei Häfen, die an der Mündung der Flüsse liegen, hatte die ursprüngliche Richtung der Mündung des Flusses, welche den Hafen bildet, meistens wesentlichen Einfluss auf die Hafenmündung.

Hat ein Hafen zwei Mündungen, so ist sowohl das Ein- als Auslaufen der Schiffe dadurch sehr erleichtert. In solchen Häfen findet eine fortwährende Durchströmung des Hafens statt; die Geschwindigkeit des durch die Hafenmündung einströmenden Wassers wird in dem grossen Profil des Hafens selbst sich bedeutend mässigen und in Folge dessen werden sich daselbst viel bedeutendere Verflachungen bilden, als in Häfen mit nur einer Mündung, wo das Wasser nur ein-, aber nicht durchströmt. Auch werden in Häfen mit zwei Mündungen häufiger Wellenbewegungen stattfinden, weil diese von zwei Seiten in den Hafen eintreten können. Die erwähnten Bassinhäfen bieten bezüglich der bequemen Ein- und Ausfahrt beinahe dieselben Vortheile, als Häfen mit zwei Mündungen; ausser diesem ist in Bassinhäfen die Ablagerung und die Wellenbewegung eine nicht so grosse.

Um das Ein- und Auslaufen zu erleichtern, ist es gut, einen der beiden die Hafenstrasse einschliessenden Dämme weiter in das Meer hinauszuführen, als den andern, und zwar ist der gegen die herrschenden Winde zugekehrte der längere. Auf diesen befindet sich gewöhnlich eine mächtige Erdwinde, um den Schiffen, denen häufig durch die Küstenströmung das Einlaufen erschwert, zu Hilfe zu kommen. Diese ungleiche Länge der Dämme erleichtert sehr das Einsegeln. Ein Schiff, welches bei starkem Winde oder gar bei Sturm die Hafenmündung verfehlt, ist unfehlbar verloren, da es ausserhalb der Hafendämme auf den Strand läuft. Dadurch, dass ein Hafendamm weiter zurückliegt, hat aber ein Schiff, selbst bei Dunkelheit, vom Kopfe des vorliegenden Dammes noch Gelegenheit, in die Hafenstrasse zu gelangen. Die Anwendung der Dampfkraft hat zwar die Schifffahrt von Wind und Strömung viel unabhängiger gemacht, als es vorher der Fall war, aber da Segelschiffe zu bestehen nie aufhören, ja die Dampfschiffe immer in bedeutender Minderzahl bleiben werden, so muss bei den Schifffahrtseinrichtungen vorzüglich auf Segelschiffe jene Rücksicht genommen werden, welche im Vorhergehenden besprochen wurde.

Ein enges Fahrwasser muss seiner ganzen Richtung nach mit allen seinen Krümmungen scharf bezeichnet werden. Zu diesem Zwecke bedient man sich der schwimmenden, aus Holz oder Eisenblech verfertigten Tonnen oder eingerammter Pfähle. In Häfen, die einem grossen Fluthwechsel unterworfen

sind, ist der Gebrauch der Tonnen ein viel beschränkterer, als an Meeren mit geringerem Fluthwechsel, indem die Tonnen bei ersterem, um beim höchsten Wasser sichtbar zu sein, zu lang angekettet sein müssen, und sonach bei kleinem Wasserstande nicht sicher den Rand des Fahrwassers bezeichnen. Damit aber die Schiffer über die Lage des Fahrwassers nicht im Zweifel sein können, sobald sie eine Tonne sehen, so werden in der Regel die auf einer Seite des Fahrwassers liegenden anders angestrichen, als die auf der andern Seite desselben. Eine Regel herrscht in dieser Beziehung nicht und der Schiffer muss aus Erfahrung oder aus der Beschreibung des Hafens wissen, wie die Bezeichnung des Fahrwassers gewählt wurde.

§. 56.

Ein guter Hafen muss auch gegen Wind und Wellenbewegung gesichert sein. Abgesehen davon, dass diese die Benützung des Hafens erschweren, so kann es auch leicht geschehen, dass dadurch Schiffe und Masten beschädigt werden können. Durch die Bewegung tauchen nämlich die Schiffe bald an ihrem Vorder-, bald an ihrem Hintertheil tiefer, und wenn das Wasser hiebei nicht hinlängliche Tiefe hat, so stösst das Schiff fortwährend auf den Grund, wodurch nur zu leicht Beschädigungen eintreten können. Damit ein Hafen gegen Wind gesichert sei, muss er eine solche Lage haben, dass er gegen jene Seite, von welcher der Wind am heftigsten kommt, durch hohe Ufer oder sonst wie geschützt ist.

Die Wellenbewegung in einem Hafen wird demselben immer vom offenen Meere aus mitgetheilt, indem es bei der mässigen Ausdehnung der Häfen nie vorkommen kann, dass sich im Hafen selbst schädliche Wellen bilden können.

Eine Mässigung des Wellenschlages wird am sichersten dann erreicht, wenn die Breite der Hafenmündung im Verhältniss zur Breite des Hafens eine sehr geringe ist, weil die durch die schmale Hafenmündung eintretende Welle, welche die Kraft zur Wellenbewegung dem Wasser im Hafen mittheilt, sich sehr ausbreiten und eine grosse Wassermasse in Bewegung setzen muss, wodurch sie sehr abgeschwächt wird. In langgestreckten, schmalen, wenn auch etwas gekrümmten Häfen ist die Wellenbewegung am heftigsten, weil in ihnen die Bewegung des Wassers sich leicht fortsetzt.

Bei Häfen, die am Ende von Buchten liegen, die sich weit in das Land hinein ziehen, ist es denkbar, dass die heftige Bewegung der Wellen sich früher verliert, als diese den Hafen erreichen. Hiezu bedarf es aber einer sehr grossen Länge der Bucht, da bei der grossen Beweglichkeit der Wassertheilchen sich die auf der hohen See gebildeten Wellen sehr weit fortzupflanzen vermögen. Selten bietet die Natur Buchten von solcher Länge dar, und wären sie vorhanden, so würde wegen ihrer Länge das Ein- und Ausfahren sehr beschwerlich sein. Wohl aber sind solche Buchten oder Hafenstrassen den in das Meer mündenden Flüssen gleichzustellen, die bei nur einiger Länge eine Grenze aufweisen, über welche hinaus sich die Wirkung der Meereswellen in keiner schädlichen Weise erstrecken kann. Dass diese Grenze bei Flüssen so nahe dem Meere liegt, hat seine Ursache darin, dass der Fluss mit seiner Strömung der Wirkung der Wellen entgegen arbeitet.

Befinden sich in Meeresbuchten selbst Einweichungen, welche als Häfen zu benützen sind, so kann die Wellenbewegung in solchen Häfen, selbst wenn sie sich in geringer Entfernung vom offenen Meere befinden, eine sehr geringe sein, was darin seine Begründung findet, dass die vom Meere kommenden Wellen an der Hafenmündung vorbeistürzen und das Hafenwasser nur durch den Seitendruck der Welle afficirt wird.

Ist vor dem Hafen eine geschützte Rhede, welche eine Art Zwischengewässer zwischen der Hafenmündung und dem offenen Meere bildet, wie es bei manchen Häfen der Fall ist, so dass sich in diesem Zwischengewässer die Gewalt der Wellen, bevor diese die Hafenmündung erreichen, schon etwas mässiget, so ist der Hafen gegen Wellenbewegung am besten gesichert.

In vielen französischen Häfen findet man eigens konstruirte Wellenbrecher, die dadurch gebildet sind, dass die Continuität der Hafenmauern an gewissen Stellen unterbrochen und durch Pfahlwerke (claires-voies) ersetzt sind, hinter denen sich flache Seitenbassins mit sanft nach rückwärts steigendem Boden befinden. Die durch die Hafenmündung eindringende Welle findet nun bei diesen Pfahlwerken ein sich erweiterndes Profil, in welches sie eindringt, sich ausbreitet und auf der aufsteigenden Sohle des Seitenbassins sich wie auf einem flachen Strande verläuft. Nicht nur, dass die eindringende Welle schon an dem Pfahlwerk einen gewissen Widerstand findet, sondern sie wird auch auf der steigenden Sohle des Seitenbassins sowohl durch diese, als durch die sich bildenden rücklaufenden Wellen, die die folgenden treffen, geschwächt.

Die Fig. 538 a, b, und 538 c und d, Taf. XXXX,

zeigen solche zu Dieppe, die Fig. 538 e zu Dünkirchen, und die Fig. 538 f zu Boulogne ausgeführte Wellenbrecher. Bei den durch Fig. 538 a und b dargestellten Wellenbrechern trägt ein bei 4 Meter hohes Mauerwerk, das auf einer Bétonschichte ruht, das Pfahlwerk. Dieses besteht aus aufgestellten Rahmen, Fig. 538 a, welche in Entfernungen von 4 zu 4 Meter verstrebt sind, und am Fusse durch Schwellen, in ihren oberen Theilen durch aufgekämmte Balken, die zugleich als Brückenbalken dienen, ihre Längenverbindung erhalten. Zwischen diesen aufgestellten Rahmen werden die Pfähle, wie Fig. 538 b zeigt, eingestellt. Die Brücke soll aber so hoch liegen, dass sie von den Wellen nicht erreicht werde, weil dieselbe dem aufwärts gerichteten Stosse der Wellen nicht zu widerstehen im Stande ist, es wäre denn, dass man den Brückenbelag statt aus Bohlen, aus Latten, die unten zugeschärft sind, bestehen lässt, indem sodann durch die weiten Fugen das Wasser durchtreten kann, wodurch sich der aufwärts gerichtete Stoss bedeutend vermindert.

In dem beschriebenen Hafen von Hâvre befindet sich an jeder Seite des südlichen Hafendammes ein Wellenbrecher. Die daselbst in die Hafenmündung eintretenden Wellen erreichen in ihrer vollen Grösse den Vorhafen und werden in dem engsten Profile der Hafeneinfahrt zu ganz ausserordentlicher Höhe aufgetrieben. Die beschriebenen Wellenbrecher tragen zur Mässigung der Wellen, ehe diese in den Vorhafen treten, wesentlich bei und sind daher in massiven, einem heftigen Seegang ausgesetzten Hafendämmen unentbehrlich, weil massive Hafendämme das Fortschreiten der Wellen sehr befördern.

Auch hat man versucht, durch schwimmende Wellenbrecher, welche vor die Hafenmündung gelegt werden, eine Mässigung der Wellen im Hafen zu erlangen, ohne jedoch den geringsten Erfolg erreicht zu haben, wesshalb auch über derlei schwimmenden Wellenbrecher keine weitere Erwähnung geschieht.

In einzelnen Fällen hat man durch kolossale Dämme auch eine im offenen Meere, oder in einer von der Natur schon ziemlich geschützten Bucht angelegte Rhede gegen den Wellenschlag gesichert. Das grossartigste Beispiel in dieser Beziehung zeigt uns die Rhede in der Bucht von Cherbourg. Der lehrreiche Bau dieses interessanten, immensen Dammes oder Wellenbrechers soll später näher beschrieben werden. Die Situation dieses vorgelegten Schutzdammes ist aus Fig. 561 a, Taf. LVI, zu ersehen.

Uferlänge, Kais und Vorrichtungen zum Befestigen der Schiffe.

§. 57.

Damit die Schiffe im Hafen bequem ein- und ausladen können, muss ihnen die Möglichkeit geboten werden, an die Ufer anzulegen, und zu diesem Zwecke muss das den Hafen einschliessende Ufer eine hinreichende Länge haben. Sollte diese nicht vorhanden sein, so kann dieselbe durch Einbauten von Molen entsprechend vergrössert werden. Diese Molos dürfen aber nur bei hinreichend breiten Häfen eingebaut werden, da sie sonst die Bewegung der Schiffe im Hafen sehr beirren können. So hat Venedig, welches hinlänglich lange Landungsufer besitzt, gar keine Molen; hingegen hat Triest, welches im Verhältniss seines Schifffahrts-Verkehres zu geringe Uferlängen besitzt, viele solche Molos, wovon der Molo St. Carlo der grösste ist.

Solche Molos geben aber Anlass, dass sich der zwischen ihnen befindliche Raum, wenn eine Strömung vorhanden ist, verschlammt und fortwährende Ausbaggerungen nothwendig machen, indem sie wie Buhlen wirken. Es erfordert daher die Anordnung derselben einige Vorsicht. Um am Ufer die Küstenströmung nicht zu unterbrechen, werden sie, wie es z. B. in Triest geschehen, an ihrer Einwurzlung vom Ufer getrennt und nur durch eine Brücke mit diesem verbunden. Die Fig. 534 a und 534 b, Taf. XXXVIII, zeigen die sehr zweckmässige Consruction mittels Schraubenpfählen am Molo zu Courtown-Wexford Eine hinreichende Uferlänge wird übrigens meistens schon dadurch erzielt, dass die ganze Hafeneinfassung in die Utilisirung einbezogen wird.

Die Kais müssen hinlängliche Breite haben, d. h. es muss sich vom Uferrande landeinwärts eine ebene Zone von solcher Breite erstrecken, dass das Ein- und Ausladen, das zeitweise Aufstellen von Waaren leicht ermöglicht wird. Dabei muss auch der Raum zur Aufstellung der Krahne und zur Anlage der den Hafen umschliessenden Strassen oder Eisenbahn mit den nöthigen Ausweichen und Drehscheiben, oder zu beiden zugleich vorhanden sein. Eine solche Eisenbahn soll möglichst horizontal liegen, um den Verkehr nach keiner Seite hin zu erschweren. Von dieser Hafeneisenbahn müssen auch Abzweigungen zu den in der Nähe befindlichen Waaren-Magazinen geführt werden. Wo ein Hafen von einer öffentlichen Eisenbahn berührt wird, muss die Hafeneisenbahn, als Hilfsbahn, mit jener in Verbindung gebracht werden; dieses setzt jedoch voraus, dass zwischen der

Hafen- und der öffentlichen Eisenbahn kein zu grosser Niveau-Unterschied stattfinde.

Damit die Schiffe gut anlegen können, muss das Ufer vertikal, oder nahezu vertikal geböscht sein, und es muss sich der Fuss des Ufers so tief unter dem Wasserspiegel befinden, als es durch den grössten Tiefgang der Schiffe bedingt wird. Der obere Theil des Ufers soll sich zur Zeit des mittleren Wasserstandes mit dem Decke der Schiffe von höchster Bordwand thunlichst in gleicher Höhe befinden, denn ragt die Bordwand zu hoch über das Wasser hinaus, oder befindet sie sich zu tief darunter, so ist im ersten Falle das Ein- und im zweiten das Ausladen zu sehr erschwert. Da aber die in einen Hafen einlaufenden Schiffe von verschiedener Grösse sind, so soll auf diesen Umstand Rücksicht genommen und stellenweise auch ein tieferes Ufer geschaffen werden, bei welchem dann auch, weil die daselbst anlegenden kleineren Schiffe keinen so grossen Tiefgang haben, der Fuss der Uferwand nicht so tief unter den Wasserspiegel zu reichen braucht.

An passenden Stellen müssen auch Treppen in die Kai-Mauer eingeschnitten werden, um in die Boote einsteigen zu können.

§ 58.

Alle im Hafen befindlichen Schiffe, mögen sie in der Mitte desselben oder an der Kaimauer angelegt sich befinden, müssen, theils weil der beschränkte Raum ein Ankern nicht immer gestattet, theils weil dieses im Hafen nicht ganz ohne Gefahr ist, in anderer Weise befestigt werden. Liegen die Schiffe nicht an einer Ufermauer, so eignen sich zur Befestigung derselben am Besten die *Buoien*. Es sind dies schwimmende Tonnen, die manchmal aus Holz, meistens jedoch und, was auch besser ist, aus starkem Eisenblech bestehen und mittels starker Ketten gehalten werden. Jede Buoie ist mit einem grossen Ringe versehen, in welchen die Schiffe ihre Ketten oder Taue, mit welchen sie sich anbinden, einlegen. Die gewöhnliche dermalige Befestigung der die Buoie haltenden Kette an den Meeresgrund zeigt die Figur 535 a, Taf. XXXVIII. Eine mit der Kette vereinigte Grundschraube, tief in den Meeresgrund eingeschraubt, hält dieselbe. Die Tiefe, bis zu welcher diese Grundschrauben eingeschraubt werden, wechselt zwischen 8 und 18 Fuss; erstere ist hinreichend, wo das Erdreich fest und nicht nachgiebig ist, während die letztere in einem lockeren Boden nothwendig wird. Früher befestigte man diese Buoien vorzüglich durch Anker, wie es die Fig. 535 b und c zeigt. Drei Anker bilden die Festpunkte, ihre Ketten vereinigen sich in einem Ringe oder an einem schweren Gegenstande, an welchen erst die Kette, die die Buoie hält, befestigt ist. Ist die Wassertiefe nicht genügend, so müssen zur letzteren Befestigungsart der Buoien einarmige Anker gewählt werden, damit darüber fahrende Schiffe sich an solchen nicht beschädigen können.

Auch werden Schiffe an *Schiffshalter*, bei uns *Pali* genannt, gebunden. Sie bestehen aus einer Gruppe eingerammter Pfähle, welche durch Gurthölzer in verschiedener Höhe umgeben und in ihrem oberen Theile durch eine Art Rost zu einer Masse vereinigt sind.

In den Kaimauern werden grosse starke Ringe, sogenannte Schiffsringe befestigt, die zu gleichem Zwecke dienen; oder man mauert in die Kaimauern, besser hinter diesen, gusseiserne Cylinder ein, oder statt diesen alte unbrauchbare Kanonen, welche mit der Mündung abwärts gekehrt sind, und auf starke eingemauerte gusseiserne Zapfen aufgesetzt werden.

Die Befestigung der Schiffe an schwimmende Buoien ist eine viel bessere, als an die Schiffshalter, weil erstere den durch Wellenschlag verursachten Bewegungen des Schiffes etwas nachgeben und ein heftiges Anspannen und hiedurch mögliches Reissen der Kette oder des Taues, womit das Schiff gebunden ist, nicht vorkommen kann. Aus derselben Ursache ist die Befestigung der Schiffe bei bewegtem Wasser an ein Ufer nicht gut zu nennen. Damit die an eine Mauer anlegenden Schiffe bei Wellenschlag nicht an diese stossen und sich beschädigen können, muss die Mauer, wie Fig. 32 des Strombaues andeutet, in entsprechenden Entfernungen mit Reibhölzern bekleidet sein.

Auf der Rhede ankern die Schiffe; bei Stürmen und bewegter See werden manchmal die Schiffe vor zwei Anker gelegt. Gewöhnlich geschieht letzteres dort, wo ein grosser Fluthwechsel vorhanden, und wo bei dem Wechsel von Fluth und Ebbe auch immer eine andere Strömung eintritt. Es wird in diesen Fällen ein Anker bei der Fluth, der andere bei der Ebbe benützt.

Dock-, Stau- oder Fluthschleusen.

§. 59.

Sie haben den Zweck, zur Zeit des Niedrigwassers die Docks abzusperren, in ihnen denjenigen hohen Wasserstand, den die Schiffe zum Schwimmen benöthigen, zurückzuhalten und bei der Fluth die Ein- und Ausfahrt der Schiffe in und aus den Docks

zu ermöglichen. Die Grösse, d. h. die Breite dieser Schleusen, richtet sich nach der Gattung der Schiffe, welche durch die Schleuse passiren sollen. Sie bestehen, wenn sie den Vorhafen mit einem Dock verbinden, in der Regel aus einfachen Häuptern mit einfachem Thorpaare; verbinden sie aber zwei Dockbassins mit einander, so haben sie meistens zwei Paar Thore, und zwar ein Paar Fluth- und ein Paar Ebbethore, so dass der Wasserstand in den verschiedenen Docks nicht auf gleicher Höhe gehalten zu werden braucht. Nur in den allerseltensten Fällen sind Dockschleusen wirkliche Kammerschleusen. — Die Breite einer Schleuse, welche in einem grossen Hafen den Ansprüchen der Zeit genügen soll, ist bei einem Neubau im Minimum mit 25 Metern anzunehmen. Die Mauern dieser Schleusen sind entweder vertikal oder sie verengen sich nach unten, was bei den Seeschleusen ganz gut möglich ist, indem dieses die Form der Seeschiffe gestattet. Die Absperrung geschieht mittels Stemmthoren. Die gewöhnlichen Dockschleusen sind sehr einfach und dem Schleusenhaupte einer Kammerschleuse ganz ähnlich; es ist demnach über dieselben ausser dem schon bei dem Kammerschleusenbau Erwähnten nicht viel mehr zu sagen; es sollen daher hier nur einige ausgeführte Schleusen, die von den gewöhnlichen etwas abweichen, beschrieben werden.

Zunächst wählt man hiezu die in Fig. 536 a, b, c, d und e, Taf. XXXVIII, dargestellte Schleuse im Hafen von St. Nazaire. Dieser seit dem Jahre 1850 im Bau gewesene und im Herbst 1856 dem Verkehre übergebene Hafen in der Nähe der Loire-Mündung besteht aus einem grossen Dock, welcher durch zwei Schleusen, einer Kammerschleuse von 13 Meter Breite und 60 Meter Kammerlänge, und einer Stauschleuse von 25 Meter Breite, mit dem Vorhafen in Verbindung ist. Die Länge des Docks beträgt 580 und seine Breite 160 Meter. Diese zwei Schleusen haben mit Einschluss des Vor- und Hinterbodens die gleiche Länge von 79 Meter. Die gesammte Breite dieses Schleusenbauwerkes beträgt 73 ½ Meter, wovon auf die sehr starken Mauern, in denen die Spülkanäle liegen, 35 ½ Meter kommen (auf die äussere Mauer der kleinen Schleuse 8 ½ Meter, auf die äussere Mauer der grossen Schleuse 10 Meter und auf die gemeinschaftliche Mauer zwischen beiden Schleusen 17 Meter). Die Mauern der Schleusen sind zu derselben Höhe, wie die Kaimauern aufgeführt, d. i. bis $7._{40}$ Meter über Null oder $1._{90}$ Meter über Hochwasser gewöhnlicher Springfluth.

Fig. 536 a zeigt den Grundriss des Schleusenbauwerkes, Fig. 536 b einen Längenschnitt durch die äussere Hälfte des mittleren Spülkanals nach der Linie A B des Grundrisses, Fig. 536 c einen Längenschnitt durch die Mitte der äusseren Hälfte der kleineren Schleuse nach der Linie C D des Grundrisses, Fig. 536 d einen Querschnitt durch beide Schleusen nach der Linie E F des Grundrisses, Fig. 536 e einen Längenschnitt durch die Mitte der grossen Schleuse nach der Linie G H des Grundrisses.

Die kleine, d. i. die Kammerschleuse, ist mit zwei Paar Ebbethoren versehen, welche die Kammer von 60 Meter Länge einschliessen; ihre Schlagschwellen liegen $2._{10}$ Meter unter dem Nullpunkt, so dass die Schleuse bei dem normalen Wasserstande des Docks $6._{10}$ Meter Wassertiefe hält. Als Eigenthümlichkeit dieser Schleuse ist zu erwähnen, dass auch Fluththore angeordnet sind, und zwar so, dass sie eine gemeinschaftliche Thorkammer mit den äusseren Ebbethoren haben. Durch diese Anordnung wird ganz unzweifelhaft an Mauerwerk sehr gespart, und sie empfiehlt sich für solche Fälle, wo die Fluththore nur selten, etwa nur bei ungewöhnlich hohen Fluthen, als Schutzthore gebraucht werden und während der übrigen Zeit in den Thorkammern ruhen, die dann natürlich zur gleichzeitigen Aufnahme der Ebbe- und der Fluththore vorgerichtet sein müssen. Bei der in Rede stehenden Schleuse haben jedoch die Fluththore nicht den Zweck, die Fluth abzuhalten, sondern bei einer vorzunehmenden Abdämmung der Schleusenkammer als Fangdamm zu dienen, doch müssen sie dazu jedesmal erst eingehängt und nach Beendigung der Abdämmung wieder ausgehoben werden. Die Construction dieser Schleuse ist aus den Zeichnungen mit der nöthigen Deutlichkeit zu ersehen; dieselben zeigen, dass die Kammer aus den Spülkanälen gefüllt und durch dieselben entleert wird.

Die zweite Schleuse wurde mit 25 Meter Breite ausgeführt. Es war die Absicht, diese Schleuse 27 Meter breit zu machen, und in diesem Sinne wurde auch die Fundirung der Schleuse vorgenommen; der Beschluss, die Schleusenbreite auf 25 Meter zu beschränken, traf erst ein, als die Fundirungsarbeiten ziemlich weit vorgeschritten waren, daher entschloss man sich, um nicht unnöthig gearbeitet zu haben, den Schleusenmauern das an Stärke zuzugeben, was der Schleusenbreite abgenommen wurde, wodurch die schon sehr stark projectirte Mauer zwischen beiden Schleusen die ganz ungewöhnliche Dicke von 17 Metern erhielt. Diese Schleuse besteht aus zwei hinter einander liegenden Häuptern, d. i. aus zwei Schlagschwel-

len und zwei Thorkammern, um im Falle des Bedarfs durch ein zweites Thorpaar einen doppelten Verschluss anbringen zu können. Wenn auch die absolute Nothwendigkeit dieses doppelten Verschlusses nicht vorliegt, so kann es unter Umständen doch erwünscht sein, denselben im Mauerwerk vorgerichtet zu sehen; es kann hierdurch z. B. die gänzliche Abdämmung der Schleuse vermieden werden, wenn man bei einer Reparatur oder bei dem Neubau des einen Thorpaares zuerst das zweite Schleusenhaupt mit einem neuen Thorpaar versieht und erst dann die alten Thore entfernt. Die Schlagschwelle der Schleuse liegt $3._{30}$ Meter unter Null, also $0._{20}$ Meter höher als der Boden des Docks; die Schleuse hält daher bei dem normalen Wasserstande des Docks $7._{30}$ Meter, bei Hochwasser gewöhnlicher Springfluth $8._{80}$ Meter Wassertiefe. Der Schleusenboden ist gewölbt und die Anfänge des Gewölbes liegen $2._{80}$ Meter höher als der Schlussstein. Von den Spülkanälen zweigen sich Seitenkanäle nach der Schleuse ab, so dass der Theil des Bodens, welcher ausserhalb der Thore liegt, durch Spülung rein gehalten werden kann. Zu jeder Seite der Schleuse läuft auf der Mauer eine Brücke, deren hauptsächlichster Zweck darin besteht, den Radkästen der grossen Dampfschiffe beim Durchschleusen als Führung zu dienen. Der Brückenbelag ist 4 Meter über den Schleusenmauern, oder $7._{40}$ Meter über dem normalen Wasserstand des Docks angenommen.

Andere Einzelheiten des Bauwerkes ergeben sich aus den Zeichnungen, und es mag nur noch bemerkt werden, dass sämmtliche zu Tage liegende Mauerwerke mit Werkstücken bekleidet sind, und dass die Schlagschwellen, Wendenischen, so wie alle hervortretenden Kanten und Gurte in grossen Werkstücken von Granit ausgeführt sind.

Bei der Ausführung des Mauerwerks der Schleusen ist man auf keine erhebliche Schwierigkeit gestossen. Der gewachsene Fels findet sich an der Dockseite der Schleusen 1 bis 2 Meter, an der Seeseite 2 bis 4 Meter tiefer als der Schleusenboden; man musste daher, um gehörig sicher zu bauen, mit den Fundamenten bis zu dieser Tiefe herabgehen. Man fing damit an, an der Seeseite einen Graben bis zum Felsen auszuheben und eine Mauer bis zur Höhe des Schleusenbodens auszuführen; dann räumte man den Schlick und die ziemlich feste Thonschicht, die über dem Felsen lag, ab und mauerte den ganzen Raum bis unter die Schleusenböden aus.

Die Fig. 537 a, b und c, Taf. XXXIX, zeigt Grundriss, Längenschnitt und Querprofil an zwei verschiedenen Stellen der Schleuse St. Jean zu Hâvre, welche das Bassin de la Floride mit dem Bassin de l'Eure verbindet. Sie hat eine Breite, dass die transatlantischen Dampfschiffe passiren können. Diese beträgt 21 Meter, die Wassertiefe beträgt an derselben bei den Springfluthen $7._{70}$, bei den gewöhnlichen Fluthen $6._{00}$ Meter auf der Schlagschwelle, welch' letztere $0._{15}$ Meter über Null liegt. Diese Schleuse hat zwei Paar sich gegen einander stemmende Thore, um die Möglichkeit zu erlangen, den Wasserstand in beiden anliegenden Docks auf verschiedene Höhe spannen zu können. Der Schleusenboden ist in der Mitte, in einer Breite von 8 Metern, vollkommen eben, und erhebt sich von da gegen die Seitenmauern zu in einen flachen Bogen. Der Boden besteht ganz aus Werkstücken von Kalkstein, die Schlagschwellen und Dammfalze sind aus Werkstücken von Granit. Die Schleusenmauern bestehen aus Béton, aber alle zu Tage liegenden Flächen sind mit Werkstücken bekleidet. Die Umläufe sind in Ziegelmauerwerk ausgeführt. Ueber die Schleuse geht eine Drehbrücke; ihre angebaute Plattform ist aus der Figur zu ersehen. Die Schleusenmauern erheben sich zu beiden Seiten der Drehbrücke zu grösserer Höhe als die Kaimauern, und zwar bis 13 Meter über Null. Diese Einrichtung erleichtert das Durchschleusen grosser Dampfschiffe ausserordentlich, da hiedurch die Räderkästen beständig zwischen den Schleusenmauern gehalten werden und demnach der Kiel des Schiffes immer nahezu in der Achse der Schleuse bleiben muss. Ausserdem wird durch hohe Schleusenmauern die Gefahr vermieden, dass ein bei fallendem Wasser die Schleuse passirendes Schiff sich mit der Unterkante seines Radkastens auf die Mauer lege und in der Schleuse hängen bleibe. In Hâvre bedient man sich noch eines anderen Hilfsmittels, um den Kiel der Schiffe möglichst in der Achse der Schleuse zu halten. Aus Holz verfertigte Cylinder von 2 Meter Durchmesser und $0._{80}$ Meter Höhe, wovon je zwei derselben durch eine 4 Meter lange Kette verbunden, lässt man beim Fortbewegen des Schiffes zwischen der Schiffswand und der Schleusenmauer rollen. Diese Cylinder werden durch eigene Leute dirigirt. — Doppelte Dammfalze im vorderen, wie auch im rückwärtigen Theile der Seitenmauern und im Boden der Schleuse dienen, um den mittleren Theil abzudämmen. Zu diesem Zwecke stellt man in die Dammfalze des Bodens vertikale dicht schliessende Hölzer, und stützt diese gegen andere horizontal in die Dammfalze der Seitenmauern eingelegte Balken, die man noch gegen die Mauern mit liegenden Sprengmauern stützt.

Damit ein Schiff, noch ehe es in die Schleuse gelangt, mit seinen Mittellinien leicht in die Richtung der Schleusenachse gebracht wird, was doch nothwendig ist, ist es gut, wenn der Kai auf einer Seite der Schleuse in der Richtung der Schleusenmauern liegt.

§. 60.

Die Thore der Seeschleuse sind Stemmthore und ähnlich den Thoren der Kammerschleusen konstruirt Natürlich bedingt hier die grössere Weite der Schleuse und die grössere Tiefe des Wassers auch eine dieser Weite entsprechende massivere Construction. Gewöhnlich sind sie mit kleinen Schützen oder kleinen Spülthoren in ihrem untersten Theile versehen, die jedoch nur den Zweck haben, durch Oeffnen einen Spülstrom zu erzeugen, der den Sand oder Schlamm beseitiget, welcher sich entweder von selbst auf und vor die Schlagschwelle legt, oder der durch Spülung nebenliegender Spülschleusen dahin aufgeworfen wird und dem Durchgang der Schiffe hinderlich wäre.

Die Thore der englischen Hafenschleusen zeigen die Eigenthümlichkeit, dass ihre vordere Fläche keine Ebene bildet, sondern flach cylindrisch ist. Die Thore haben demnach, wenn sie geschlossen sind, im Grundrisse die Form eines Spizbogens. Der Zweck dieser Anordnung ist kein anderer, als dass man das Einbiegen und Brechen der Riegel verhindern will. Das Mass dieser Krümmung oder das Verhältniss der Pfeilhöhe zur Sehne ist sehr verschieden. Im Allgemeinen ist die Gefahr eines Bruches um so grösser, je breiter das Thor ist, und man pflegt die Spitze des Drempels so weit vorzurücken, dass die Tangenten, die an die Krümmung der Thore neben den Schlagsäulen gezogen werden, mit der Schleusenachse einen Winkel von etwa 70 Graden bilden. Besser jedoch ist es, wenn man schon das Bogen-Princip einführen will, beide cylindrische Flächen in eine zusammenfallen zu lassen, weil die Spitze des gothischen Bogens nicht, wie es bei obiger Bogengattung sein sollte, mehr belastet ist, als die Schenkel. Barlow bezeichnet für verschiedene Dockschleusen die Krümmungen der Thore. Dieselben bilden jedesmal ein gleichschenkliges Dreieck, in welchem jedoch die gleichen Seiten nicht gerade Linien, sondern Kreisbogen sind. Daraus ergeben sich folgende Verhältnisse: a = dem Verhältniss der Höhe des durch den Drempel gebildeten gleichschenkligen Dreiecks zur Basis desselben, und b = dem Verhältniss der Pfeilhöhe zur Sehne der einzelnen gekrümmten Thore.

	Verhältnisse.	
	a	b
in den London-Docks . . .	1 : 3.1	1 : 18
im Caledonischen Kanale . .	1 : 4.0	1 : 25
in den Docks von Dundee .	1 : 5.3	1 : 40
in den Westindischen Docks .	1 : 4.6	1 : 38
in den St. Katharinen-Docks .	1 : 4.1	1 : 30
in den Docks zu Sheerness .	1 : 3.5	1 : 22

Die Thore der Schleusen in den französischen Seehäfen werden gegenwärtig nach Art der englischen konstruirt. Eine besondere Erwähnung verdienen die Thore der grossen Schleuse im Hafen von St. Nazaire, welche in Fig. 539 a, b und c, Taf. XXXXI, dargestellt sind und näher beschrieben werden sollen. Sie sind aus Föhrenholz, Eichenholz und Eisen konstruirt. Ihr horizontaler Querschnitt hat eine planconvexe Form, und zwar liegt der Mittelpunkt der Krümmung für die convexe, dem Wasserdruck zugekehrte Seite in der Achse der Schleuse, so dass bei geschlossenen Thoren die convexen Seiten beider Thore eine Cylinderfläche darstellen. Die Construction der Thorriegel ist in gewissem Grade durch die Form derselben schon vorgezeichnet; sie besteht aus einer Verbindung gerader und gebogener Hölzer. Ein gebogenes Föhrenholz von 0.30 Meter Breite ist mit einem geraden föhrenen Balken von 0.40 Meter Breite durch Versatzung verbunden, und wird an drei Punkten durch die zwischen beiden Hölzern durchgehenden Mittelstiele in seiner Lage erhalten. Auf dem gebogenen Föhrenholz liegt ein krumm gewachsener, zusammengesetzter, 0.35 Meter breiter Träger von Eichenholz, welcher noch durch zwei gekrümmte Föhrenhölzer von 0.15 Meter Breite armirt ist. Sämmtliche Riegelhölzer haben die gleiche Höhe von 0.40 Meter. Die Lage der einzelnen Riegel gegen einander wird zunächst durch die schon erwähnten inneren Mittelstiele gesichert, welche aus mehreren mit einander verdübelten Hölzern bestehen, und mit den Riegeln durch Ueberkämmung und Bolzen verbunden sind. Den inneren Mittelstielen stehen an der convexen Seite des Thores die äusseren Mittelstiele gegenüber, welche mittels durchgehender Bolzen mit den inneren Stielen und den Riegeln verbunden sind. Die Verbindung der horizontalen und vertikalen Verbandstücke ist auf diese Weise eine sehr innige, und die vertikalen Stiele erfüllen die Bedingung der Uebertragung eines einseitig gegen einen der Riegel ausgeübten Druckes oder Stosses auf die übrigen Riegel vollständiger, als dies gewöhnlich der Fall zu sein pflegt. Die sonst bei hölzernen Thoren üblichen Schlag- und Wendesäulen sind hier durch gebogene

und zusammengenietete Eisenplatten von $0._{01}$ Meter Stärke ersetzt, welche die Enden der Riegelhölzer umfassen und durch Bolzen mit denselben verbunden sind. Vier eiserne Bänder, die durch Keile angespannt werden können, verbinden in verschiedener Höhe des Thores die Eisenplatten der Schlag- und Wendesäule, und halten das Thor der Breite nach zusammen. Die Ersetzung der hölzernen Schlag- und Wendesäule durch Säulen von Blech ist sehr nachahmungswerth, denn abgesehen davon, dass die Hölzer zu den Schlag- und Wendesäulen für Schleusen solcher Grösse äusserst schwierig zu bekommen sind, so werden bekanntlich die Säulen wegen Aufnahme der Riegelzapfen und Versatzungen, ebenso wie die Enden der Riegel selbst, so verlocht und verschnitten, dass ein Spalten derselben bei heftigen Erschütterungen und ein Verfaulen nach längerem Gebrauche hier eher als an anderen Stellen des Thores zu besorgen ist. Dazu kommt noch, dass das Hirnholz der Riegel gegen das Langholz der Säulen drückt, ein Umstand, der bei eisernen Säulen ebenfalls vermieden ist, indem sich der Druck des Riegels auf die Eisenplatten und von diesen auf die Wendenische fortpflanzt. Die Riegel erhalten endlich zwischen aufgenieteten Platten ein festes Lager, und die Zugbänder wie auch der Zapfen sind leichter an den eisernen Säulen zu befestigen als an hölzernen. Von der gewöhnlichen halbcylindrischen Form der Wendesäule ist man hier abgegangen und hat eine fast eckige Form gewählt, was bei der Bearbeitung der Wendenische einige Erleichterung gewährt, hauptsächlich aber eine grössere Berührungsfläche zwischen Säule und Nische gestattet.

Das Gewicht des Thores sollte so bestimmt werden, dass der Zapfen, das Halsband und die Rollen bei der Bewegung des Thores nur unbedeutend belastet sind, und zwar sollte die Belastung bei Hochwasser todter Fluth nicht wesentlich grösser sein, als die Belastung bei Hochwasser der Springfluth. Es sollte ferner der Schwerpunkt des Thores möglichst nahe mit dem Schwerpunkt des verdrängten Wassers in derselben Vertikalen liegen, damit Zapfen und Halsband keinen grossen Seitenpressungen ausgesetzt werden. Die erste Bedingung erforderte zunächst, dass zwischen dem Hochwasser der Spring- und der todten Fluth möglichst wenig Material angebracht werde; es liegt daher der oberste Riegel über dem Hochwasser der Aequinoctial-Springfluthen, und der nächste Riegel erst in der Höhe des Hochwassers der kleinsten todten Fluthen. Weil das Thor sehr viel Eisenzeug enthält, ward es nöthig, im unteren Theil desselben viel Holz anzubringen, um den Auftrieb zu befördern. Um eine gleichbleibende Belastung zu erlangen, mussten alle Vorsprünge unter Wasser, auf denen sich Ablagerungen bilden könnten, sorglich vermieden werden, denn das Wasser der unteren Loire ist mit sehr viel Schlick beladen und setzt, wo es zur Ruhe kommt, in wenigen Tagen eine Schicht von $0._{01}$ Meter Dicke ab. Da sowohl Reinigungen als Reparaturen unter Wasser sehr schwierig vorzunehmen sind, und da auch die zweite Bedingung bei einem massiv hölzernen Thore erfüllt ist, so leitete Alles darauf hin, den Theil des Thores, welcher unter Niedrigwasser der gewöhnlichen Springfluthen liegt, völlig massiv zu machen. Man legte daher neun Riegel dicht schliessend auf einander und füllte die Räume zwischen den inneren Mittelstielen mit senkrecht gestellten Hölzern vollständig aus. Zwischen dem oberen der neun Riegel und dem Riegel in der Höhe vom Hochwasser todter Fluthen sind dann noch zwei Riegel in gleichen Abständen eingesetzt, welche zwischen den äusseren und inneren Mittelstielen noch durch eiserne Rahmen unterstützt werden.

Die Thore sind mit vertikal gestellten Bohlen von $0._{10}$ Meter Stärke bekleidet. Unter Niedrigwasser ist die Bohlenbekleidumg an der Dockseite aufgebracht, von Niedrigwasser der Springfluth bis $0._{70}$ Meter über Hochwasser Aequinoctial-Springfluth liegt der Bohlenbelag auf der Seeseite des Thores. In dieser oberen Partie ist neben jedem Riegel, quer über den Bohlenbelag, ein starkes Eichenholz gelegt, welches durch eiserne Bügel und Bolzen mit den Riegeln fest verbunden ist und den auf die Bohlenbekleidung ausgeübten Wasserdruck auf die Riegel überträgt. Der Zweck bei dieser Anordnung der Bohlen auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Thores ist offenbar kein anderer als der, die Riegelhölzer stets nass zu erhalten; kann dies ohne Beeinträchtigung der Widerstandsfähigkeit des Bohlenbelages erreicht werden, so ist der Vortheil offenbar sehr gross. Bei den in Rede stehenden Thoren werden die zwölf unteren Riegel sich stets im Wasser befinden, der oberste Riegel wird für gewöhnlich trocken bleiben, und nur bei hohen Sturmfluthen in's Wasser kommen; nur allein der obere Theil der Mittelstiele und der Bohlenbelag zwischen Hoch- und Niedrigwasser, den man desshalb auch aus Eichenholz gemacht hat, wird abwechselnd nass und trocken und in Folge davon leichter vergänglich sein, während allen anderen Theilen der Thore eine lange Dauer gesichert ist.

In der Höhe der Schleusenmauern ist auf den Thoren eine Brücke angelegt, welche durch die Mit-

telstiele und an den Ecken durch eiserne Träger unterstützt wird. Jedes Thor läuft auf drei Rollen, von denen eine unter der Schlagsäule und zwei hinter einander unter der Mitte des Thores liegen.

Schützen-Oeffnungen enthalten die Thore nicht, dagegen ist jeder Thorflügel an sieben Stellen, 0.30 Meter oberhalb der Schlagschwelle, durchbohrt; in diese Bohrlöcher sind offene, an ihrer Mündung abwärts gebogene kupferne Röhren von 0.045 Meter Weite eingesetzt, durch welche eine schwache, aber beständige Strömung unterhalten wird, die den Ablagerungen auf der Schlagschwelle begegnen soll.

Die Thore werden mittelst Ketten geöffnet und geschlossen, welche ungefähr in der halben Höhe des Thores an den Schlagsäulen befestigt sind. Die Ketten laufen in Kanälen der Mauer über Rollen und sind auf den Schleusenmauern um eiserne Winden gelegt.

Sämmtliches Holzwerk ist vor der Verbindung an den nicht frei liegenden Seiten mit einem doppelten Anstrich von Galipotharz (Fichtenharz) versehen, und die fertigen Thore sind mit einer Mischung von Pech, Pflanzentheer und Colcothar, zu gleichen Theilen gemischt, überzogen. Das Eisenzeug ist galvanisirt.

Mit so grosser Ueberlegung die Construction des Thores auch ausgeführt ist, so ist doch nicht zu läugnen, dass hiezu beträchtlich mehr Material verwendet wurde, als es der Widerstand gegen den Wasserdruck erforderte; statt den neun unter dem Niedrigwasser angebrachten Riegeln würden vier bis fünf ausgereicht haben. Auch die Ausfüllung des Raumes mit Holz zwischen den Mittelstielen war keine Nothwendigkeit.

Spülschleusen.

§. 61.

Spülschleusen haben den Zweck, den Spülstrom, d. i. das während der Fluth im Spülbassin zurückgehaltene Wasser *möglichst schnell* in den Vorhafen zu leiten, welcher dasselbe dann der Hafenmündung zuführt. Dies zu erreichen müssen sie hinlänglich weite Oeffnungen haben, die plötzlich ihr ganzes Profil dem Durchflusse des Wassers überlassen. Da sie immer, besonders aber bei Springfluthen, einem grossen Wasserdrucke ausgesetzt sind, so müssen sie natürlich schon deshalb sehr solid und sicher gebaut sein, dies aber um so mehr, da sie bei der heftigen Durchströmung bedeutenden Angriffen und dadurch häufigen Beschädigungen ausgesetzt sind; ja wenn der Bau nicht solid genug hergestellt ist, sind sie auch vollständigen Zerstörungen unterworfen, wie dies z. B. im Jahre 1853 bei einer Spülschleuse in Calais der Fall war.

Die Construction einer Spülschleuse ist höchst einfach, wie es die in Fig. 540, Taf. XXXX, im Grundrisse ersichtliche grosse Spülschleuse des südlichen Hafendammes zu Hâvre zeigt. Ein massiver Boden mit Seitenmauern und ein eingestellter Zwischenpfeiler bildet das Bauwerk. Der eingestellte Pfeiler bildet zwei Spülöffnungen, wovon jede 6.30 Meter Breite hat. Gewöhnlich ist die Weite der Spülschleusen weit geringer und beträgt in der Regel bei 4 Meter. Die Sohle der Spülschleusen liegt gewöhnlich im Niveau des Niedrigwassers der Springfluthen, zuweilen auch etwas höher. Diese günstige Höhenlage macht es, dass die Erbauung derselben in den meisten Fällen ohne besondere Schwierigkeiten bewerkstelligt werden kann. Mit grösster Vorsicht muss eine Unterspülung des Bodens der Schleuse, so wie auch eine Auskolkung, welche sich auf der Hafenseite in Folge des Wassersturzes besonders stark zu zeigen pflegt, verhindert werden. Zur Fundirung von Spülschleusen wählt man starke Bétonbettungen, welche zur Herstellung des Schleusenbodens mit Werkstücken übermauert werden. Um die Auskolkung auf der Hafenseite zu vermeiden, muss man daselbst vor der Schleuse eine ordentliche Bettung herstellen, wozu sich auch am besten der Béton eignet. Diese Bétonbettung muss aber wenigstens 6 Fuss mächtig sein und sich 60 bis 100 Fuss, von der Schleuse angefangen, ausdehnen.

Im Grunde genommen braucht eine Spülschleuse nur jene Länge zu haben, die zur Aufstellung der Thore nothwendig ist; sollte sich aber vor der Schleusenmündung ein starker Wellenschlag entwickeln, so müssen die Spülthore, damit sie gegen diesen gesichert sind, weiter nach Innen gelegt werden. Sollte dieses nicht genügen, so bringt man vor die Spülthore, um sie gegen den Wellenschlag zu schützen, noch eigene Stemmthore an, welche, wenn sie geöffnet werden, sich in die Thornischen legen und dem aus dem Spülbassin strömenden Wasser nicht hinderlich sind, während sie geschlossen das Fluthwasser des Hafens abhalten und dadurch das Spülthor schützen. Zuweilen legt man statt der Stemmthore, oder wenn diese wegen heftiger Wellenbewegung nicht genügen sollten, auch ihnen noch Schütze vor, die nach Bedarf herabgelassen werden können.

Gewöhnlich geschieht der Verschluss der Spülschleusen durch eigene Spülthore, Drehthore, Fig. 541,

542 und 543, Taf. XXXX. Geschieht die Spülung aus eigenen Spülbassins, so dass man die Thore nicht zu einem gewissen Moment zu schliessen braucht, so ist ihre Construction einfacher.

a ist die Wendesäule, um welche sich das Thor dreht. Diese Wendesäule befindet sich nicht in der Mitte des Thores, sondern näher dem einen Ende desselben, so dass einer der beiden durch die Wendesäule getheilten Thorflügeln bedeutend länger ist, als der andere, in Folge dessen der Wasserdruck auf den einen Thorflügel stärker ist, als auf den andern, und das Thor daher die Tendenz erhält, sich selbst zu drehen, d. i. sich zu öffnen. Das Verhältniss der Längen der beiden Flügel ist verschieden; man findet sie in Verhältnissen von 5 : 9, von 5 : 7 und auch von 7 : 8. An beiden Enden des Thores befinden sich Schlagsäulen b und c, mittels welcher sich das Thor an die Drehpfosten d und e Fig. 541 lehnt und durch welche letztere es verhindert wird, sich zu drehen. Diese Drehpfosten sind an einer Seite cylindrisch geformt, damit sie sich, wenn das Spülthor geöffnet wird, in den Wendenischen drehen lassen und an diese möglichst gut schliessen. Um das willkürliche Drehen dieser Drehpfosten, d. i. das Oeffnen der Thore durch den Wasserdruck zu hindern, werden die Drehpfosten mittels an ihrem oberen Ende angebrachter Hebel in ihrer Stellung durch einen Haken oder sonst wie gehalten. Löst man diese Verbindung, so öffnet der Wasserdruck das Thor und stellt es so ziemlich parallel zur Achse der Schleuse. Um bei eintretendem Hochwasser das Thor wieder schliesen zu können, ist an dem Kopfe der Schlagsäule des längeren Flügels ein Tau befestigt, das über Rollen läuft und durch eine Erdwinde, die hinter der Thorlinie liegt, angezogen werden kann.

Die Construction der Thore ist verschiedenartig. Bei manchen ist parallel mit der Wendesäule, nach Verhältniss der Breite des Thores, eine grössere oder geringere Anzahl von Mittelstielen angeordnet, welche gegen die beiden Seiten, d. h. die Schlagsäulen des Thores in abnehmender Stärke sich folgen, und unter sich, wie mit den beiden Schlagsäulen, oben und unten, durch starke, gekrümmte Zangen verbunden werden. Zwischen diesen Zangen legt sich an beiden Seiten in der ganzen Höhe des Thores ein starker, dichter Bohlenbelag, welcher mit den vertikalen Riegeln verbunden ist, wie es die Fig. 541 im Grundrisse zeigt. Bei dieser Art Construction der Thore fehlt jede Verstrebung und jedes Zugband, weil ein Sacken des Thores durch die Festigkeit der Verbandstücke hinlänglich verhindert ist. Eine andere Construction zeigt die Fig. 542 a und b, Taf. XXXX. Eine wesentliche Verschiedenheit in der Construction zeigt die in Fig. 543 a und b, Taf. XXXX, ersichtliche Zusammensetzung eines Spülthores. Statt eines Bohlenbelages ist hier eine Wand von vertikal stehenden starken Stielen gebildet, die durch Spundungen verbunden sind. Die Stärke dieser vertikalen Stiele nimmt gegen die Seiten des Thores ab und an die letzten Stiele schliessen sich die Schlagsäulen an. Mehrere gekrümmte Riegel verbinden zu beiden Seiten in verschiedener Höhe Stiele und Schlagsäulen zu einem Ganzen. Zugbänder, die vom oberen Riegel ausgehen und bis zu den beiden Fusspunkten der Schlagschwellen langen, verhindern das Sacken des Thores.

Schwieriger ist die Construction der Thore für Spülschleusen, wenn die Spülung nicht durch das in eigenen Spülbassins zurückgehaltene Fluthwasser, sondern durch das in den Docks befindliche bewirkt werden soll. Dieses ist in Hávre der Fall, und es soll das zu diesem Zwecke dienende, in Fig. 544, Tafel XXXX, dargestellte Thor hier beschrieben werden. Da der Wasserstand in den Docks, damit die Schiffe schwimmen können, auf einer bestimmten Höhe gehalten werden muss, müssen die Drehthore eine solche Einrichtung erhalten, dass die Spülung bei jeder beliebigen Differenz in den Wasserständen des Ober- und Unterwassers nach Willkühr in Gang gesetzt und ebenso unterbrochen werden kann. Dies zu erreichen hat nicht allein die Drehungsachse des Thores aus der Mitte gerückt und dadurch das Thor in zwei ungleiche Flügel getheilt werden müssen, wie es gewöhnlich bei den Drehthoren geschieht, damit der Wasserdruck das Oeffnen des Thores bewirke, sondern es musste ausserdem noch die Bedingung erfüllt werden, dass nach Belieben jeder der beiden Flügel des Thores zum grösseren gemacht werden kann. Diese letztere Bedingung ist erreicht worden, indem in den grösseren Thorflügel ein kleines Drehthor, ebenfalls mit zwei ungleichen Flügeln, eingesetzt wurde, welches, wenn es geschlossen ist, denjenigen Thorflügel, in welchem es angebracht ist, zum grösseren, sobald es geöffnet ist, denselben Thorflügel zum kleineren von beiden macht.

Die Drehungsachse des grossen, d. i. des ganzen Thores, ist hier nur $0._{03}$ Meter aus der Mitte gerückt, und der grössere Flügel hat daher bei der lichten Schleusenöffnung von $6._{30}$ Meter eine Breite von $3._{13}$ Meter, der kleinere von $3._{07}$ Meter; da nun die Höhe des Thores $5._{30}$ Meter beträgt, so hat der grössere Flügel $16._{59}$ Quadratmeter, der kleinere nur $^1/_{51}$

weniger, nämlich $16._{27}$ Quadratmeter. Das grosse, d. i. das ganze Drehthor ist daher beinahe im Gleichgewicht, und die Drehpfosten, welche das geschlossene Thor in seiner Stellung erhalten, sind nur einem sehr geringen Drucke ausgesetzt. Die Breite des eingesetzten kleinen Thores beträgt $2._{33}$ Meter, seine Höhe $4._{30}$ Meter und daher seine Oberfläche $10._{02}$ Quadratmeter. Die Breite seiner Flügel ist sehr verschieden; sie messen resp. $1._{48}$ Meter und $0._{85}$ Meter, wesshalb das kleinere Thor augenblicklich mit grosser Gewalt aufschlägt und sich in die Richtung des Stromes stellt, sobald der dasselbe schliessende Drehpfosten gelöst wird. Ist das kleine Thor geöffnet, so ist sofort der Gleichgewichts-Zustand im grossen Thore aufgehoben; der Wasserdruck gegen den kleineren Flügel ist überwiegend, und das grosse Thor öffnet sich plötzlich, wenn dessen Drehpfosten in die Mauer zurückgelegt werden. Bei dieser Bewegung des grossen Thores behält das kleine Thor seine Stellung zur Stromrichtung bei, es ist daher geschlossen, sobald sich das grosse Thor vollständig geöffnet hat; dadurch ist aber wieder der der Strömung zugekehrte Flügel zum grösseren geworden, und es entsteht nun eine rückgängige Bewegung des grossen Thores, und dieses würde fordauernd auf- und zuschlagen, oder wenigstens in heftige Schwingungen versetzt werden, wenn es nicht sofort, sobald es zum ersten Male vollständig sich öffnet, durch Stützen, welche von mehreren Arbeitern bereit gehalten werden, in seiner offenen Stellung erhalten würde. Das Abstützen gelingt nicht immer beim ersten Oeffnen des Thores; die Stösse, welche es alsdann beim Auf- und Zuschlagen erfährt, sind sehr heftig, und es müssen bisweilen viele Arbeiter herbeigezogen werden, um die Abstützung zu bewerkstelligen. Dies sind die Schattenseiten der sonst so sinnreichen Einrichtung. Um das Manöver des Stützens möglichst zu erleichtern, ist die Versetzung der Drehungsachse aus der Mitte auf das Minimum reducirt. Ist das grosse Thor gestützt, so wird sofort das kleine Thor durch Verdrehen seines Drehpfostens festgestellt, und nun kann das grosse Thor nach Willkür geschlossen werden, indem man nur die Stützen zu entfernen braucht. Das Thor schliesst sich etwas träge, aber sicher und ohne bedeutende Stösse. Fig. 540, Taf. XXXX, zeigt die eine Schleuse mit geschlossenem, die andere Schleuse mit offenem Thor. Fig. 544 a, Taf. XXXX, zeigt eine Ansicht des Thores und der Drehpfosten von der Seite des Unterwassers; a b ist der Drehpfosten, welcher das kleine Thor geschlossen hält. Fig. 544 b ist ein horizontaler Durchschnitt durch die Mitte des Thores und der Drehpfosten. Fig. 544 c ist die obere Ansicht des Thores und der Drehpfosten. Fig. 544 d ist ein Querschnitt durch die Drehungsachse des grossen Thores. Fig. 544 e ist ein Querschnitt durch die Drehungsachse des kleinen Thores. Der obere und untere Rahmen besteht aus mehreren zusammengebolzten Hölzern und zwischen beiden Rahmen sind mit einander verdübelte Bohlen eingeschoben, welche, der Breite des Thores nach, mittels durchgehender Bolzen zusammengehalten werden. Fig. 544 f und g zeigt in $^1/_{15}$ der natürlichen Grösse Seitenansichten, Grundriss und Durchschnitt der eisernen Drehungsachse des grossen Drehthores, und in $^1/_{10}$ der wirklichen Grösse zeigt Fig. 544 h und i einen horizontalen und einen vertikalen Durchschnitt des eisernen Schuhes und des Zapfens eines Drehpfostens.

Man sieht aus der Beschreibung dieses Spülschleusenthores, wie schwer ein solches zu konstruiren und zu handhaben ist, wenn es nach Belieben die Strömung unterbrechen, und geschlossen werden soll. Um diesen Zweck zu erreichen, wendet man statt der vorbeschriebenen Thore zuweilen auch Schütze an. Das Oeffnen und Schliessen der Schütze, besonders wenn sie etwas grösser sind, erfordert aber des grossen Wasserdruckes wegen immer lange Zeit, bei 10 bis 15 Minuten, wodurch der grösste Effekt der Spülung, der wie schon erwähnt, nur die erste kurze Zeit dauert, bedeutend vermindert wird.

Zuweilen, wenn weitere Oeffnungen der Spülschleusen geschlossen werden sollen, stellt man zwei Spülthore neben einander, welche ganz so konstruirt werden, wie ein einzelnes. Die Schlagsäulen der nach der Mitte gerichteten Flügel dieser Thore stemmen sich an einen gemeinschaftlichen Drehbaum, welcher, wenn er um einen Viertelkreis gedreht wird, und in Folge dessen, wie die Fig. 542 b zeigt, sich mit seiner Breite zwischen die Thore stellt, deren Oeffnen ermöglicht. Zu diesem Zwecke müssen aber beide längeren Flügel der Thore nach der Mitte, und die kürzeren Flügel nach Aussen gerichtet sein.

Nach dem Oeffnen stellen sich Spülthore nie parallel zur Achse der Schleuse, sondern immer schräge zu derselben, beiläufig mehr oder weniger, wie in Fig. 542 b punktirt ist, je nachdem der Unterschied der Länge beider Thorflügel ein geringerer oder grösserer ist. Es ist dies ein grosser Uebelstand, weil dadurch das Durchflussprofil verringert wird, und der Spültstrom an Heftigkeit verliert. Auch gibt es Spülthore, die ganz ähnlich den beschriebenen einfachen Schleusenthoren der Kammerschleusen

konstruirt sind. Es sind dies die sogenannten einflügeligen Spülthore. Sie sind an einer Seite mit ihrer Wendesäule und an der andern mit der Schlagsäule versehen; die Drehung geschieht in der Wendenische und das Thor legt sich in die Thornische, welche durch ein Zurücktreten der Seitenmauer der Spülschleuse in der Länge des Thores gebildet wird. Die Schlagsäule lehnt sich an einen ebenso geformten Drehpfosten, wie bei den früher beschriebenen Thoren, durch dessen Umdrehung das Oeffnen des Thores bewirkt wird. Damit das mit grosser Heftigkeit sich öffnende Thor nicht mit Gewalt in die Thornische schlage, durch welche Erschütterungen es grossen Beschädigungen ausgesetzt wird, ist es gut, wenn die Thornische eine solche Breite hat, dass hinter dem geöffneten Thore und der Wand der Thornische noch ein Raum von einigen Fussen sich befinde, indem das Wasser in diesem Raume die Gewalt des Schlages ganz aufhebt.

Die Wendesäule wird an ihrem Fusse mittels Zapfen und Pfanne und oben durch ein Halsband in der Weise festgehalten, wie es bei den Thoren der Kammerschleusen gesagt wurde. Das Halsband wird gewöhnlich an die Laufbrücke, die über die Spülschleuse gelegt wird, befestigt. Sollte aber keine Laufbrücke vorhanden sein, oder diese eine andere Lage bedingen, so wird zur Befestigung des Halsbandes ein eigener starker Balken in die beiderseitigen Mauern eingelassen und um einen grösseren Widerstand desselben zu erzielen, durch Streben, welche ihre Stützpunkte auch in den Mauern finden, verstrebt.

Im Hafen von St. Nazaire geschieht die Spülung der Hafeneinfahrt durch Spülkanäle, die in den Schleusenmauern angebracht und aus der Fig. 536 a, b, d und e, Taf. XXXVIII, ersichtlich sind. Es sind deren drei vorhanden, von denen die beiden äusseren einen Querschnitt von 5.5, der mittlere von 9.9 Quadratmeter haben. Der Scheitel der Gewölbe liegt an der Dockseite nahe unter dem normalen Wasserstande des Docks und senkt sich nach aussen bis unter den Spiegel des Niedrigwassers, so dass die Kanäle während der Spülung stets ganz mit Wasser gefüllt sind. Diese Methode, die Spülkanäle ungefähr in gleicher Höhe mit dem Boden des Einfahrtskanals münden zu lassen, hat gegen die andere Methode, wo der Boden der Spülschleusen oder Kanäle höher lag, und das Spülwasser, nachdem es dieselben verlassen, einen Wassersturz bildete, den Vortheil, dass nicht so umfangreiche Kolke gebildet werden, dass also weniger lebendige Kraft für die Spülung des Kanals verloren geht. Um die Spülung zu jeder Zeit unterbrechen zu können, befindet sich in jedem Spülkanal ein Drehthor, und zum Schutz desselben, sowohl innerhalb als ausserhalb eine eiserne Schütze. In Fig. 536 a und b sind die Nischen für diese Drehthore und die Falze für die Schütze angegeben. Die Drehthore solcher Spülkanäle werden nicht durch den Wasserdruck geöffnet und geschlossen, sondern ihre vertikale Drehungsachse ist so genau wie möglich in die Mitte des Drehthores gelegt und mit einem Zahnrade versehen, welches mittels einer Schraube ohne Ende durch Menschenkraft in Bewegung gesetzt wird. Dadurch, dass man die beiden Flügel der Thore mit gleichem Wasserdruck belastet, erzielte man eine sanfte Bewegung beim Oeffnen und Schliessen dieser Thore.

Anstalten zur Ausbesserung wie auch zum Neubau der Schiffe.

§. 62.

Eine vorzügliche kurze Zusammenstellung über diesen Gegenstand ist in den Mittheilungen des k. k. Geniecomité's vom Jahre 1857 vom nunmehrigen Herrn General Carl Möring erschienen, welche auch zur Ausarbeitung dieses Capitels, besonders aber bei Beschreibung der Stapel- und Trocken- oder festen Docks mit benutzt wurde.

Die Besichtigung, die Ausbesserung und der Bau von Kriegs- und Handelsschiffen kann auf mehrerlei Weise bewirkt werden und zwar: 1) *Schwimmend;* 2) *Auf Werften und Stapeln,* und 3) *In Docks.*

Schwimmend kann die Besichtigung und Ausbesserung durch das *Kielholen* der Schiffe geschehen, d. h. es wird das Schiff so weit auf eine Seite gelegt, dass sein Kiel über Wasser tritt. Es ist klar, dass diese Art der Besichtigung und Ausbesserung nur die äusseren Schiffswände betreffen kann, wo es sich auch nur um kleinere Reparaturen, als: um die Auswechslung einzelner Rippen und Planken, Neustopperung der Fugen oder Erneuerung des Metallbeschlages handelt.

Gewöhnlich, besonders aber an Orten, die einem grossen Fluthwechsel ausgesetzt sind, bedient man sich zum Kielholen eigens vorgerichteter Fahrzeuge, Pontons, weil man sonst, wenn die Taue an festen Mauern befestigt wären, die Taue entweder beständig nachlassen oder anziehen müsste, um das Schiff bei wechselndem Wasserstand in gleicher Neigung zu erhalten. Diese Pontons sind mit Gewichten und Gangspielen versehen und bilden jene fixen Punkte,

die zum Umlegen des Schiffes nothwendig sind. An festen Blöcken oder Ringen des Pontons werden die Taue durchgezogen, welche das umzulegende Schiff nahe unter den Salingen der Masten fassen und durch Anziehung der Taue, das mittels auf dem Ponton aufgestellter Winden geschieht, legt sich das Schiff auf die Seite, wobei die Pontons etwas gehoben werden. Diese Operation, welche bei unserer Marine mit wahrer Meisterschaft ausgeführt wird, bedarf keiner näheren Beschreibung.

Bequeme Anstalten zum Kielholen sind in den Antwerpner Docks ausgeführt. Der Kai ist daselbst in einer Länge von 180 und einer Breite von 34 Fuss, etwa 3 Fuss niedriger gehalten, als das umgebende Terrain. Parallel mit der Kaimauer, 5 Fuss hinter derselben, ist eine zweite Mauer aufgeführt; in dieser wie in der Kaimauer sind in eigens vorbereiteten Lagern eine Anzahl eichener Querbalken, wie die Fig. 545, Taf. XXXXII, zeigt, eingelegt. Unter diesen Querbalken, in der Mitte zwischen beiden Mauern, liegt ein Längenbalken von starken Dimensionen, welcher zur Befestigung der Blöcke, durch welche die Taue gezogen werden, dient. Auf dem freien Raum hinter der inneren Mauer sind die Winden aufgestellt. Solche zum Kielholen hergerichtete Orte nennt man *Kielhol-Werften*. Im Kriegshafen zu Cherbourg, zu Vliessingen u. s. w. bestehen auch solche Werfte. Selbst da, wo der Fluthwechsel nicht sehr bedeutend ist, erfordern sie ein geschlossenes Fluthbecken, da schon bei mässigem Wellenschlage, sogar beim Vorüberfahren eines Dampfbootes die Arbeiter, welche auf einem neben dem niedergelegten Schiffe liegenden Flosse sich befinden, einer Gefahr ausgesetzt sind, indem das kielgeholte Schiff durch die ihm mitgetheilte Bewegung und Erschütterung die Taue abreissen und sich aufrichten kann. Bei der Operation des Kielholens wird das Schiff, selbst wenn es abgesteift wurde, immer angegriffen.

§. 63.

In Häfen, die einem grossen Fluthwechsel ausgesetzt sind, können Schiffe an gewissen Küstenstrichen während der Dauer der gewöhnlichen Ebbe trocken gelegt werden, wobei die Reinigung der äusseren Schiffswände oder auch kleinere Reparaturen daran vorgenommen werden können. Man nennt dieses das *Banken der Schiffe*. Hiezu wird das Schiff bei der Fluth auf einen flachen Strand gezogen und in dem Masse, als das Wasser sinkt, durch starke Bäume gestützt. Sobald die schadhafte Stelle aus dem Wasser hervorragt, kann die Reparatur sogleich vorgenommen werden. Bei dem nächsten Hochwasser wird das Schiff wieder flott. An Orten, in welchen zwischen der gewöhnlichen Fluth und Ebbe und zwischen den Spring- und Aequinoctial-Fluthen bedeutende Unterschiede sind, so dass Schiffe während der Dauer von 15 Tagen oder auch 6 Monaten trocken bleiben, können zur Noth selbst, auch neue Schiffe gebaut werden, indem die daselbst auf den Stapel gestellten Schiffe nur während einiger Stunden, während der Zeit der Springfluthen, und dies nur mit ihrem untersten Theile im Wasser zu stehen kommen.

Ordentliche *Werften* aber, das sind jene Räume an Ufern von Flüssen oder Meeren, wo Schiffe erbaut oder ausgebessert werden, haben *Stapeln*. Diese sind feste schiefe Ebenen, auf welchen die Schiffe entweder im Freien oder unter Dach erbaut, oder aufgezogen und reparirt werden, und von welchen aus mit Hilfe künstlicher Vorrichtungen, sie in das Wasser laufen. Die Stapeln bestehen aus zwei Theilen:

a) aus dem Landstapel, d. i. dem Theil, der immer ausser Wasser ist, auf dem die Schiffe gebaut oder ausgebessert werden und

b) aus dem Seestapel, der in Häfen, die keinem Fluthwechsel unterworfen sind, stets im Wasser, in jenen aber die einen Fluthwechsel besitzen, je nach der Grösse desselben abwechselnd mehr oder weniger unter Wasser bleibt.

Der Schiffskörper wird auf dem Landstapel und zwar auf Klotzunterlagen, *Stapelklötzen* von 38 bis 48 Zoll Höhe, die 4½ bis 7 Fuss von einander entfernt aufgestellt sind, gewöhnlich so erbaut, dass der Achtertheil, d. i. der rückwärtige Theil des Schiffes, tiefer stehend gegen das Wasser gerichtet ist. Während des Baues wird das Schiff Anfangs von seinem Kiele, wslcher auf jenen Stapelhölzern sitzt, getragen und bei dem Fortschreiten seines Baues seitwärts mittels Stützen gehalten. Zum Behufe des Ablaufens vom Stapel wird das ganze System der festen Unterlagen und Stützen durch ein System beweglicher Unterlagen und Stützen ersetzt und so eingerichtet, um sich auf ein gegebenes Zeichen in Bewegung setzen, das Schiff mit sich in's Wasser führen und dort sich von dem Schiffe losmachen zu können, so dass daselbe nun frei schwimmen kann.

Die obere Fläche des Stapels mit seiner künstlich vorbereiteten Geleitsbahn, auf welcher jenes System beweglicher Unterlagen, das den sogenannten *Stapelschlitten* bildet, aufruht, nennt man *Helling*. Der Helling wird im Einklange mit seiner Unterlage,

in den *Land*- oder *Hinter*- und in den *See*- oder *Vor-Helling* abgetheilt. Die Hauptbestandtheile des Schlittens sind die durch Riegel in der Quere verbundenen Längenbalken, welche parallel mit dem Schiffskiele laufen und Schlittenkufen geheissen werden. Sie tragen das ganze System von Stüten, Keilen, Spornen und Tauen, die Bettung genannt, wodurch das von den Stapelblöcken auf den Schlitten übertragene Schiff vom Helling abgleitet. Letzterer ist senkrecht auf seine Längenrichtung in kurzer Entfernung von einander mit Querbalken, *Geleitbalken,* versehen, auf denen der Schlitten ruht und abgleitet. Am Landstapel sind gewöhnlich die Entfernungen dieser Geleitbalken von einander grösser, als am Seestapel.

Die Richtung der Achsen der Stapeln soll von Süden nach Norden, oder umgekehrt gerichtet sein. Bei den von Osten nach Westen, oder umgekehrt gerichteten Stapeln, wo blos eine der beiden Schiffswände beständig der Sonne ausgesetzt ist, während die andere stets im Schatten liegt, geschieht es, dass sich so bedeutende Gewichtsunterschiede in den symmetrisch erbauten Hälften des Schiffes ergeben, dass das Schiff gleich beim Ablaufen eine Seitwärtsneigung annehmen muss und Unterschiede herbeiführt, die in der Folge nur durch andere, nachtheilige Veränderungen in der ganzen Stauung des Schiffes, ausgeglichen werden können.

Die Fig. 546 und 547 a, Taf. XXXXII, stellen Stapel dar, und zwar die Fig. 547 a einen auf Felsen gebauten.

Für Schiffe, denen man eine lange Dauer zu geben wünscht, ist es nothwendig, dass sie auf Stapeln erbaut werden, die mit Dächern versehen sind. Das Auskunftsmittel, die im Bau begriffenen Schiffe mit Nothdächern zu versehen, welche an den Spanten befestigt werden, schützt die Flanken der Schiffe keineswegs. Solche Nothdächer sind oft der Arbeit hinderlich und passen eigentlich nur für abgerüstete Schiffe, wenn man keine gedeckten Schiffhälter zu ihrer Aufbewahrung hat. Bei der Anlage von Werften ist es immer gut, mehrere Stapel neben einander zu legen, um die Arbeiten des eigentlichen Schiffsbaues so wenig als möglich zu trennen. Die Werftgebäude mancher Marinen sind aus Holz und Fachwerkswänden hergestellt. In England, Frankreich, sowie auch bei der neuen gedeckten Werfte zu Pola ruhen die eisernen Dächer an den Aussenseiten, meistens auf massiven Pfeilern, während sie innen durch Gusssäulen unterstützt sind.

Was das Längenprofil der Land- und Seestapeln betrifft, so wird selbes am einfachsten und üblichsten, geradlinig gehalten. Die Längenwände der Hellinge müssen genau im gleichen Niveau liegen und die Hellingfläche darf durchaus nicht windschief sein, damit der Schlitten gleichförmig aufliege und keine Trennung des Schiffes durch selben verursacht werden könne. Beide Hellingen haben sanft geneigte Flächen gegen das Meer zu bilden. Zuweilen gibt man dem Seestapel eine grössere Neigung als dem Landstapel und zwar aus der Ursache, weil das Schiff beim Abgleiten vom Seestapel den Widerstand des Wassers überwältigen muss, während dieses bei dem Landstapel nicht der Fall ist. Es erleidet in diesem Falle der Stapel an einer Stelle seiner Mitte einen Bruch, und das vom Stapel laufende Schiff, wenn es über diese Bruchstelle hinaus gelangt, wird sich Anfangs vom Schlitten trennen; diese Trennung, welche man immer bemerken kann, beträgt bei Schiffen ersten Ranges am rückwärtigsten Theil des Kieles bei 1½ Fuss. In weiterer Bewegung des Schiffes über diese Bruchstelle wird endlich sein Achtertheil so schwer, dass er sich dieser grösser geböschteu Hellingfläche anschmiegt, bis endlich der Vordertheil des Schiffes so leicht wird, dass er vermöge seiner Steifigkeit sich vom Schlitten hebt, um sich erst dann wieder auf diesen zu legen, bis der Schlitten die Bruchstelle passirt hat. Diese durch die Konstruktion des Stapels bedingte Bewegung des Schiffes beim Ablaufen vom Stapel kann für das Schiff sicherlich nicht von Vortheil sein. Daher ist es angezeigter, entweder sowohl dem See- als dem Landstapel ein und dieselbe Steigung zu geben, oder die Hellingfläche als eine Curve, am besten kreisförmig herzustellen. Im letzteren Falle liegt das Schiff immer gleichmässig im Schlitten, welcher sich der Hellings-Curve immer genau anschmiegt, und der Seestapel erhält einen grösseren Fall als der Landstapel.

Werden die Stapel gebrochen, so erhält der Seestapel $^1/_{12}$, der Landstapel hingegen $^1/_{14}$ Fall. Stapeln von geradlinigem Profile erhalten bei grossen Schiffen durchgehends $^1/_{12}$, oft auch $^1/_{10}$ Fall. Stapeln für Schiffe von kleineren Ausmassen wird ein grösserer Fall gegeben, der im Verhältniss zur Verminderung des Tonnengehaltes bis $^1/_6$ zunimmt. Es können aber auch z. B. grössere Fregatten auf Linienschiffsstapeln, und grössere Corvetten auf Fregatten-Stapeln erbaut werden. Die üblichen Tiefen des Fusses der Seestapeln unter dem Wasserspiegel, bei welchem man Schiffe ablaufen lässt, sind:

für Dreidecker	17—19 Fuss,
» Zweidecker	14—16 »

für Fregatten . . . . . 11—13 Fuss
» Kriegsschiffe 2. Ranges und für Kauffahrer mit derselben Wasserverdrängung . . . . . 8— 9 »
und für kleinere Handelsschiffe . . . . . 5— 6 »

Nach diesen Angaben lässt sich die Länge der See- wie auch die der Landstapel leicht bestimmen. Für ein Linienschiff ersten Ranges wäre demnach der Seestapel $12 \times 17 = 204$ bis $12 \times 19 = 228$ Fuss. Da die Länge der Landstapel für ein solches Schiff 220 bis 250 Fuss beträgt, so macht die Gesammtlänge beider Stapel 424 bis 478 Fuss aus.

In Italien bestehen zuweilen aus alter Zeit noch die Landstapeln nur aus fast horizontalen Plattformen und es wird auf dieses Fundament der eigentliche Landstapel, nachdem das Schiff auf seine Stapelblöcke nach der gehörigen Linie seines Ablaufes gestellt ist, für das jedesmalige Ablaufen unterbaut.

Der Boden vor dem Stapelkopf muss derartig geneigt sein, dass wenn ein im Ablaufen begriffenes Schiff mit seinem Schwerpunkt über den Stapelkopf hinaus gelangt, wo die Beschleunigung der Schwere beim Abgleiten von der schiefen Ebene noch nicht durch die Schwimmfähigkeit des Schiffes überwunden wird, und das Schiff sich noch immer in der verlängerten Hellingfläche bewegt, eine solche Tiefe vorhanden ist, dass der Hintersteven des Schiffes nicht auf den Grund stosse. Wenn z. B. ein Kriegsschiff ersten Ranges zwischen dem Figurenkopfe am Gallion und dem Heckbord, d. h. über Landeck gemessen 266 Fuss, und am Kiele zwischen Vor- und Hintersteven gemessen 224 Fuss lang ist, ferner wenn sein Schwerpunkt ungefähr 123 Fuss vom Hintersteven absteht, so muss der Meeresboden in letzterer Entfernung vom Stapelkopfe eine Tiefe von wenigstens 30 bis 32 Fuss haben. Bei Konstruktion eines solchen Stapels wäre demnach auf dem Sondenplane die Tiefe von 32 Fuss zu suchen, und von dem betreffenden Punkte alsdann 123 Fuss gegen das Ufer hin aufzutragen; die dort errichtete Vertikale und die Linie der geneigten Fläche des Stapels bezüglich seiner Länge und des Niveau's des Wasserspiegels, geben in ihrem Durchschnittspunkte die Tiefe des Seestapelkopfes unter demselben. Letzterer dürfte für derlei Schiffe bei 18 Fuss betragen.

Jedes schwerere Schiff macht beim Ablaufen vom Stapel, sobald sein Schwerpunkt über den Stapelkopf hinaus ist, den sogenannten Sprung (plongeon) wodurch alle Theile des Schiffes so ziemlich gleichmässig in die Fähigkeit des Schwimmens gelangen und das Schiff am wenigsten leidet. Die Linie dieses Sprunges ist eine zusammengesetzte aus der Beschleunigung der Schwere des auf der schiefen Ebene des Seestapels nach dem gewöhnlichsten Verhältnisse 1 : 12 abgleitenden Schiffes, und der Wirkung der nach entstandenem Absturz des Schiffes eingetretenen Schwimmfähigkeit seines Achtertheiles. Die Wassermasse vom Stapelkopfe muss daher hinlänglich tief sein, um jene Schwimmfähigkeit in Thätigkeit zu setzen, d. h. der Stapelfuss muss in der gehörigen Tiefe unter dem Stapelkopfe liegen, und es muss in einer gewissen Entfernung vor dem Stapelkopfe die nothwendige Tiefe vorhanden sein, damit einerseits der Achtertheil des Schiffes nicht auf den Grund gelange und anderseits, wenn in Folge der heftig eingetretenen Schwimmfähigkeit des Achtertheils, dieser stark gehoben und der Vordertheil in Folge dessen gesenkt wird, auch letzterer nicht auf den Boden stosse. Wo dies nicht stattfindet, welcher Fall bei Stapeln, deren Oberfläche sich bis auf den Meeresboden verläuft, immer eintritt, da wird das Schiff jenen Sprung nicht machen können, daher mit seinem Kiele noch auf dem Seestapel aufsitzen, wenn seine Schwimmfähigkeit bereits zum Theile thätig wird. Es wird demnach sein Achtertheil gehoben werden, während sein Vorder- oder Bugtheil noch auf dem Stapel ruht. In solchen Fällen tritt eine oft nicht gleich wahrnehmbare Beschädigung des Kieles ein, die aber in der Folge dem Schiffe zum grössten Verderben gereichen kann.

Aus Obigem wird es begreiflich sein, dass durch das Ablaufen vom Stapel, lange und schwere Schiffe, wegen der momentan sehr ungleichförmig eintretenden Unterstützung und wegen des heftigen Stosses beim Herabgleiten in's Wasser, sehr angegriffen werden; desshalb baute man solche grosse Schiffe gerne in den Trockendocks, um das schädliche Ablaufen vom Stapel zu umgehen. Aber die dumpfe und feuchte Luft in den Trockendocks während der langen Dauer des Neubaues eines Schiffes ist dem Holze sehr nachtheilig, und bei solchen Schiffen zeigt sich bald die Trockenfäule, welche die Dauer der Schiffe oft sehr beschränkt. Oft lässt man lange und schwere Schiffe mit der Langenseite in's Wasser gleiten, ein Verfahren, das zuweilen in England, besonders in Holland üblich ist.

Die Breite eines Stapels soll nie weniger als ein Drittel der Länge des Hauptbalkens im Mittelspante von jener Schiffsgattung ausmachen, für deren Construction ein solcher Stapel bestimmt ist. In den

französischen Kriegshäfen des mittelländischen Meeres beträgt die grösste Stapelbreite 24—25 Fuss.

Ein Hauptaugenmerk bei Erbauung von Stapeln ist auf die Festigkeit des Bodens zu richten. Es ist meist zweckentsprechend, ein Terrain zu wählen, dessen Fall mit jenem der Stapeln fast parallel läuft. Ist kein Felsen vorhanden, so kann man nie vorsichtig genug bei der Fundirung zu Werke gehen. Was nun das Fundament oder den Unterbau von Land- und Seestapeln betrifft, so können hier drei Fälle eintreten. Sie hängen von der Beschaffenheit des Terrains im Arsenale, nebenbei von den Niveauverhältnissen seines Planums ab, und sind entweder für Landstapel allein, oder nur für den Seestapel, oder für beide zugleich massgebend.

a) Sie können auf den natürlichen Boden aufgelegt, oder

b) in denselben vertieft, d. i. eingeschnitten, oder

c) erhöht werden.

Selten sind die sonstigen Bedingungen der Art, um, kleinere Schiffe ausgenommen, den ersten Fall darzustellen. Das Vertiefen oder Einschneiden, besonders der Landstapeln, bietet den grossen Nachtheil einer erhöhten Feuchtigkeit und desshalb eines öftern Zugrundegehens der Unterhölzer schon während des Baues dar; dieser Nachtheil ist auch den auf natürlichen Boden glatt aufgelegten Landstapeln, obwohl in geringerem Masse, eigen. Gewöhnlich wird der Landstapel erhöht aufgebaut, und Gleiches geschieht beim Seestapel in den meisten Fällen schon aus der Ursache, um an Tiefe über dem Boden des Wassers beim Ablaufen zu gewinnen.

Auf Felsenboden wird meist der letztere jener Fälle in Ausführung zu bringen sein, weil bei einem solchen Grunde ein künstlicher Unterbau leichter herzustellen sein wird, als die völlige Ausebnung des Bodens unter Wasser und die Einsetzung der Traversinen oder Querhölzer für die Hellingfläche.

Obwohl man die Aufbauung der Land- und Seestapel über das umliegende Terrain, mittels Querfundamenten aus Holz oder Mauerwerk unter jeder Traversine des Land- und Seehellings, oder auch mittels Längenfundamenten aus Holz oder Mauerwerk, das mittlere in der Längenachse des Stapels, die beiden andern rechts und links derselben, als ihre äusseren Verkleidungsmauern bewirken kann, so bleibt doch die Herstellung eines vollen Fundamentes aus Holz oder Mauerwerk, welches die ganze Länge und Breite beider Stapeln einnimmt, die beste Methode. Dass die gemauerten Stapeln den hölzernen vorzuziehen sind, bedarf wohl keiner Erwähnung.

Die Ausführung der Landstapeln wird in den seltensten Fällen Schwierigkeiten unterliegen. In Häfen, die einem grossen Fluthwechsel unterworfen sind, wird auch die Herstellung des Seestapels selten erheblichen Schwierigkeiten unterworfen sein, weil sodann der Seestapel während der Zeit der Ebbe immer entweder ganz, oder doch zum grössten Theile, ausser Wasser sein wird; ein Vortheil, der nicht nur zur anstandslosen Herstellung des Baues, sondern auch der Instandhaltung desselben ganz besonders zu Statten kommt. Während man an solchen Orten den Bau der Seestapel zur Zeit der Ebbe ohne weitere Vorkehrung gerade wie auf dem Lande herstellen, oder wenn Fangdämme hiezu errichtet werden, dieselben mit aller Sicherheit anfertigen und in jeder Höhe diese unterstützen kann, ja selbst wenn sich ein Gebrechen zeigt, man täglich zweimal dazu kommen kann, um denselben abzuhelfen, müssen an solchen Orten, wo der Fluthwechsel unbedeutend oder gar nicht vorhanden ist, zuerst kostspielige Fangdämme bis über den Wasserspiegel der Fluth ohne die Möglichkeit einer untern Verbindung oder Unterstützung der Wände hergestellt und vor Allem der Bauplatz durch Auspumpen des Wassers trocken gelegt werden. Zeigt sich sodann ein Gebrechen am Fangdamme und ist man so glücklich, durch alle denkbaren Kunstgriffe die schadhafte Stelle zu finden, so beginnt erst wieder die Reparatur unter Wasser. Wenn auch mit grossen Schwierigkeiten, so führen hier doch Fangdämme noch am sichersten zum Ziele.

Besteht der Boden aus Felsen, dann ist die Herstellung eines Fangdammes schwieriger, aber doch nicht unmöglich, und man wird auch in diesem Falle zur Ausführung der Fangdämme sich entschliessen müssen, denn die ausser dieser, einzig noch mögliche Fundirungsart mittels versenkter Kasten, die mit Béton ausgefüllt werden, ist nur einem geschlossenen Becken anzuwenden. Besser sind die Kasten hiezu ohne Boden, weil sich das Bétonmauerwerk jeder Unebenheit des Grundes anschmiegt, obwohl auch Kasten mit Boden zu diesem Zwecke verwendet wurden und zwar an Stellen, wo es möglich war, den Meergrund auszubaggern und die Senkkasten horizontal auf dieselben zu stellen. Wie Fangdämme auf Felsboden herzustellen sind, wurde bei den Fundirungen besprochen.

In Häfen ohne beträchtliche Niveau-Differenz zwischen Ebbe und Fluth, wie z. B. im mittelländischen und adriatischen Meere, ist es sehr schwer, die Seestapeln vor dem Ablaufen oder Aufziehen eines Schiffes zu visitiren, ihres diensttauglichen Zustandes

gewiss zu sein und ihre Gleitbahn, d. h. die in die Hellingsfläche eingelassenen Querriegel mit Unschlitt oder Fett einschmieren zu hönnen. Der Schutz der in die Hellingfläche eingelegten hölzernen Querriegel oder Traversinen und überhaupt der Kopf-Pilotirung von im Schlamme erbauten Seestapeln, wie dies in Venedig ganz und in Toulon zum Theile der Fall ist, muss in Häfen, wo der Bohrwurm sich vorfindet, dadurch erzeugt werden, dass man den unter Wasser befindlichen Theil des Hellings mit Schlamm oder Erde bedeckt. Aus dem unvollkommenen Zustande der Vorstapel entstanden schon häufig Beschädigungen, in Folge dessen man darauf bedacht war, das Ablaufen und Aufziehen der Schiffe durch eine auf den Vorstapel zu legende bewegliche Plattform zu vermitteln. Der in Fig. 547 a, b und c, Taf. XXXXII, dargestellte Stapel besitzt in seinem unter Wasser befindlichen Theile eine solche Plattform. Die Hellingfläche dieses Stapels bildet hier eine Curve. Die Plattform wird, sobald ein Schiff vom Stapel gelassen, oder auf diesem aufgezogen wird, jedes Mal entsprechend versenkt, sodann wieder entfernt und an einem passenden Orte aufbewahrt.

Bei dem in Fig. 547 a gezeichneten Stapel, kann man, wenn der Fluthwechsel, wie z. B. im adriatischen Meere, gering ist und das neben liegende Terrain entsprechend hoch liegt bei x ein paar Stemmthore anbringen, welche das Fluthwasser abhalten. Hiedurch erspart man eine nicht unbedeutende Länge des Landstapels, folglich auch Kosten.

Jeder Stapel, der für grössere Schiffe bestimmt ist, muss mit Beetingen, d. h. mit fixen Punkten als Widerhalt des ablaufenden Schlittens versehen sein. Gewöhnlich gebraucht man in Kriegsarsenalen hiezu eine Reihe Kanonen der stärksten Kaliber, die mit der Mündung nach abwärts unter starker Verankerung in solide Mauerkerne gestellt werden. An diesen Beetingen werden auch die in Bugten aufzuschiessenden Kabeln befestigt, welche bestimmt sind, den Auslauf des Schiffes zu verkürzen.

§. 64.

Das Aufschleppen von Schiffen überhaupt, besonders aber von grossen Schiffen auf Stapeln, unterliegt grossen Mühen, Schwierigkeiten und Kosten; dennoch hat man nicht nur Fregatten sondern auch Linienschiffe auf Stapeln aufgeschleppt, wie z. B. die Dreidecker Algier und le Majestueux in Toulon. Im Arsenale zu Venedig wurden ausser mehreren andern grossen Schiffen, im Jahre 1858 die 51 Kanonenfregatte Schwarzenberg aufgeschleppt und wieder vom Stapel gelassen.

Durch den jetzt beinahe in allen Ländern vervielfältigten Dockbau tritt jedoch dieses System, welches auch seine bedeutenden Nachtheile hat, immer mehr ausser Gebrauch. Jedes Schiff ist einer gewissen Formveränderung unterworfen, welche durch die auf das Schiff einwirkenden Kräfte entsteht. Schwimmt ein Schiff, so ist es dem sehr bedeutenden Wasserdruck ausgesetzt, welcher jedenfalls auf die Form des Schiffes einwirkt; hört aber dieser Wasserdruck auf, so werden die Seitenwände, so weit es ihre Verbindung gestattet, weichen. Dieser nachtheiligen Formveränderung kann nur durch eine kräftige Stützung von allen Seiten vorgebeugt werden, welche aber nur im Momente der Ruhe und wenn das Schiff im Trockenen sich befindet, vorgenommen werden kann. Während des Aufschleppens tritt daher schon diese Formveränderung ein und lässt sich in keiner Weise verhindern, die jedoch dem Schiffe nur nachtheilig sein kann. Zum Aufschleppen sind fixe Punkte, Beetingen als Gegenhalt, und für die Operation selbst Flaschenzüge erforderlich. Wie beim Stapellaufen werden auch beim Aufschleppen Schlitten und Bettungen nöthig.

Die Aufschleppung des Algier von 74 Kanonen, welche sammt Schlitten und dem beweglichen Dache nach geschehener Abtakelung 1500 Tonnen Gewicht darbot, wurde, wie gesagt, zu Toulon vorgenommen; 1200 Galeerensträflinge mit 16 Gangspillen kamen hiebei in Verwendung. Das Schiff brauchte zwei Stunden und 50 Minuten, um den Weg von $^1/_{12}$ Steigung zurückzulegen. Dies gibt eine Geschwindigkeit von 14 bis 15 Zoll in der Minute. Wegen der Elasticität der Seilwerke rückte das Schiff stossweise um circa 12 bis 13 Zoll mit Intervallen von 22 Minuten vor. Die ganze Dauer des Aufschleppens, von dem Momente, wo das Schiff am Kopf des Vorstapels anlangte, betrug 17 bis 18 Stunden, wobei 5 Stunden auf die Bewegung und 12 bis 13 auf das Umlegen der Flaschenzüge, Einscheerung des Seilwerkes etc. entfallen. Die Kosten dieser Operation beliefen sich auf 35000 Francs. Die Kosten der Aufschleppung der k. k. Fregatte Schwarzenberg im Jahre 1858 im k. k. Arsenale zu Venedig betrugen über 8000 fl. Zu bemerken ist jedoch, dass gewöhnlich Kabeln und Seile durch eine derlei Operation so ausgedehnt und in ihrer Consistenz so geschwächt werden, dass man sich für jede Aufschleppung neuer Seilwerke bedienen muss.

Beim Aufschleppen hat die Kraft zwei Arten des

Widerstandes zu überwinden, erstens die Reibung des das Schiff tragenden Schlittens auf der schiefen Ebene der Stapel, und zweitens einen Theil der aufzuziehenden Last selbst. — In Berücksichtigung des zweiten Elements hat man den Stapeln eine geringere Steigung zu geben versucht, indem sodann ein geringerer Theil der aufzuziehenden Last zu überwinden kommt. Je geringer aber die Steigung der Hellingfläche ist, um so schwieriger wird das Ablaufen des Schiffes, weil sich die nothwendige Geschwindigkeit zur Ueberwindung der Reibung auf der Hellingfläche nicht entwickeln kann, und man ist bei schwächer geneigten Stapeln auch wirklich auf Schwierigkeiten beim Ablaufen gestossen. Dieses gab die Veranlassung zu den von Morton erfundenen *Eisenbahn-Aufschleppen*, die in England unter dem Namen „*Morton-Slip*“ bekannt sind. Dieser Morton-Slip gewährt die Möglichkeit, die Schiffe in kürzester Zeit an's Land ziehen und repariren zu können.

Auf die schiefe Ebene zum Aufschleppen wird eine Eisenbahn mit vierfachen Geleisen gelegt. Zwei derselben befinden sich in der Mitte und sind für den Kiel des Schiffes bestimmt, rechts und links hievon liegt ein anderes Geleise. In den Vereinsstaaten nimmt man hiezu Schienen aus Gusseisen, die, weil sie im Profile nach Belieben gegossen und durchaus auf hölzernen Langrinnen aufgelegt werden können, sehr gute Dienste leisten. Auf dieser Bahn laufen Räder, deren Achsen an den Längenbalken des Schlittens angebracht sind. Seine Breite und Länge richtet sich nach der Grösse der Schiffe, für welche ein solcher Eisenbahn-Aufschlepp bestimmt ist. Die Längenbalken des Schlittens sind in drei Reihen gelegt, und zwar zwei in der Mitte und auf jeder Seite eine, und sind durch Querriegel mit einander verbunden. Sie bilden den eigentlichen Schlitten, auf welchem das Schiff in eine vorbereitete Bettung gesetzt wird. Diese Bettung bildet ein eigenes System von Balken, Blöcken, Stützen und Streben. Die Einbringung des Schiffes auf die Bettung, wenn sie sammt dem Schlitten bis an das Ende des Stapels gelassen ist, dem man gewöhnlich $^1/_{20}$ Fall gibt, erfordert viele Geschicklichkeit, so wie die Senkung des Schiffes, um es gehörig aufsitzen zu machen. Eiserne Zugstangen, an die Mitte des Schlittens und auf sein Kopfende befestigt, von wo sie an den Kreuzkopf des Stempels eines hydraulischen Cylinders reichen, der durch Menschen oder Dampfkraft hin und her bewegt wird, setzen den Schlitten mit dem Bewegungsapparate in Verbindung. Um Ketten, die sich über Trommeln winden, zu vermeiden, hat man eben den hydraulischen Cylinder, welcher Zugstangen von der Länge seines Stempels erlaubt, vorgezogen. Die Zugstangen müssen aber in dem Masse, als das Schiff sich dem oberen Ende des Stapels nähert, immer ausgelöst werden, welches sehr umständlich und bei einem Versehen in Vorbringung des Stempels nicht ohne Gefahr ist. Ein weiterer Nachtheil ist der, dass bei dieser Methode das Schiff nur ruck- und stossweise, nie aber gleichförmig aufgeschleppt wird (wie dies bei Aufwindung einer Kette geschieht), welches nur nachtheilig auf die Dauer des Schlittens und den Halt des Schiffes in seiner Bettung einwirken kann. Gewöhnlich wird der Schlitten so lange gemacht, um zwei Schiffe aufnehmen zu können. Zur Weghebung des obersten Schiffes sammt Bettung vom Schlitten bedient man sich in England hydraulischer Hebemaschinen, die gleichfalls von Morton erfunden wurden.

Das Verhältniss eines Slip zu einem gewöhnlichen Stapel ist ungefähr dasselbe, wie jenes einer Eisenbahn zu einer Strasse. Ein Slip ist ein vervollkommneter Stapel; beide sind schiefe Ebenen, und während bei einem gewöhnlichen Stapel die Schiffe, auf einem Schlitten sitzend: gewöhnlich mittels Menschenkraft hinauf geschleppt werden, sind bei einem Slip Eisenschienen angebracht, auf welchen sich ein Wagen mit kleinen Rollen bewegt. Auf diesen Wagen wird das Schiff, gerade wie bei dem gewöhnlichen Stapel, auf den Schlitten gebettet und mittelst Maschinenkraft hinaufgezogen. Es handelt sich hierbei immer darum, das Schiff auf der schiefen Ebene so weit hinaufzuziehen, dass es ausser dem Bereiche des Fluthwasserspiegels zu stehen kommt, demnach müssen diese schiefen Ebenen so weit unter dem Wasserspiegel fortgesetzt werden, dass das Schiff zur Zeit des täglich zweimal wiederkehrenden Fluthwasserstandes auf den Schlitten oder Wagen auffahren kann, und so weit ausser Wasser reichen, dass, wie bei einem gewöhnlichen Stapel, das Schiff so weit hinaufgezogen werden kann, damit es selbst bei dem höchsten Wasser im Trockenen bleibe. Eine weitere Verlängerung dieser schiefen Ebenen nach abwärts würde ganz überflüssig sein, da das Eintreten der Fluth immer leicht abgewartet werden kann, und das Aufziehen eines Schiffes zur Zeit der Ebbe nur den Weg, welchen das Schiff zurückzulegen hat, unnöthig verlängert und hiermit auch Gefahr und Kosten vermehren müsste. Wie man hieraus ersieht, ist auch bei dem Aufschleppen nach beiden Richtungen hin die Länge der schiefen Ebene durch die gewöhnliche Fluthhöhe bedingt.

Docks.

Unter dieser Benennung verstehen wir hier jene Vorrichtungen, um Schiffe in eine Trockenstellung zu bringen. Dieses kann geschehen a) mittels fester Docks, die man auch allgemein Trockendocks nennt, b) mittels schwimmender Docks, und c) mittels Docks, wobei die Schiffe durch hydraulische Pressen vertikal aus dem Wasser gehoben werden.

Feste oder Trocken-Docks.

§. 65.

Sie dienen zur Besichtigung und Ausbesserung, in seltenen Fällen auch zum Neubau von grossen Schiffen.

Feste Docks, Fig. 550 a, b, c, d, e, f und g, Taf. XXXXIV und XXXXV, haben grosse Aehnlichkeit mit einer Schifffahrtsschleuse. Sie bestehen aus grossen ausgegrabenen, ringsum mit Mauern umgebenen Bassins, welche mit einem Schleusenthor, das zur Ein- und Ausfahrt dient, versehen sind. Das der Ausbesserung bedürftige Schiff wird bei der Fluth hineinbugsirt, sodann schliesst man zur Ebbezeit das Thor und pumpt das Wasser vollständig aus, wodurch das Schiff eine vollkommene Trockenstellung erlangt. In dem Masse, als der Wasserspiegel im Docke sich senkt, muss das Schiff durch Streben, welche an den Wänden des Docks wagrecht und geneigt angebracht sind, und sich gegen den Schiffskörper stemmen, gehörig gestützt werden, damit es gegen das Umfallen vollkommen, so wie auch gegen eine Formveränderung möglichst geschützt ist. Nach vollendeter Reparatur wird das Wasser wieder eingelassen, und wenn das Schiff flott ist, kann es durch Oeffnen des Schleusenthores wieder auslaufen.

Ein grosser Fluthwechsel bietet bei Anlage solcher Trockendocks ausserordentliche Vortheile, weil man dadurch entweder bedeutend weniger Wasser auszupumpen nöthig hat, oder es kann diese Arbeit, wenn der Fluthwechsel genügend gross ist, auch ganz vermieden werden, indem sich der Dock bei der Ebbe von selbst ganz entleert. Dieser Fall ist jedoch nicht der gewöhnliche, und man ist in den meisten Fällen gezwungen, durch eine daneben aufgestellte Dampfmaschine das zurückbleibende Wasser auszupumpen.

Die Umfassungswände macht man dermalen gewöhnlich gerade, immer aber treppenartig; letzteres zu leichterem Anbringen der erwähnten Stützen, wie auch der Gerüstungen, um in jeder beliebigen Höhe des Schiffes arbeiten zu können. In den Umfassungswänden sind mehrere Laufstiegen, um auf die Sohle in den Dock zu gelangen, und mehrere schiefe Ebenen, Rutschen ausgearbeitet, welche als Bahnen (Rutschen) beim Hinablassen und Hinaufziehen des Schiffbauholzes und anderer Materialien benützt werden. Diese Rutschen sind seicht ausgehöhlt, damit das herabgelassene Material von diesen nicht auf die an sie anschliessenden Stufen oder Laufstiegen falle.

Im Allgemeinen ist aber die innere Gestaltung der Docks oder der Dockform sehr verschieden. In Frankreich sieht man die Linien, welche die Kanten der Stufenlager bilden, bald ganz im geschweiften Bogen, bald im Bogen mit geraden Linien an den Enden geführt. Oft sind diese Kantlinien unter sich gleichlaufend, oft wieder nicht, wobei sie sich in den höheren Lagen verflachen. Dasselbe kommt bei den älteren Docks in England vor. Die neueren hingegen sind mit Stufenlagen versehen, deren Kantlinien parallel mit der Längenachse des Docks laufen und an dessen hinterem Ende Halbkreise oder gothische Bögen bilden. Bei den älteren Docks, welche Rennie erbaute, sind die Bögen durch zwei Rutschen und einer zwischen ihnen liegenden Laufstiege unterbrochen, die vom oberen Planum des Docks bis auf dessen Sohle führt; in den neuesten und grössten Docks zu Sheerness aber geht die Stiege nur bis zum ersten hohen Absatze (der Gallerie) der Stufenlagen. Bald sind dieser Gallerien, zwischen welchen die Stufen liegen, zwei, bald ist nur eine Gallerie vorhanden; in den englischen Docks stehen die Stiegen, mit Ausnahme der am hinteren Ende des Docks in der Längenachse befindlichen, so wie die Rutschen, senkrecht auf diese Achse; in den französischen Docks laufen die Stiegen meistens parallel mit ihr und führen auf die Gallerien, deren jede ihre eigene Stiege hat; in den amerikanischen Docks, wo die Kantlinien parallel mit der Längenachse laufen, haben die Stiegen dieselbe Richtung, und es sind gar keine Rutschen vorhanden. In den französischen Docks sind die Stufenlagen sehr hoch, so dass man sagen kann, sie bilden Gallerien für sich; in England und Amerika sind dagegen jene Stufenlagen nicht so hoch und reichen von oben bis hinunter, den Raum für die Breite der Gallerien frei lassend, wobei die Stiegen in den englischen Docks auf den Stufenlagen liegen, so dass jede Stufenhöhe einen Stiegenstaffel hat. Von dieser Bauart abweichend, hat der neue sehr grosse Dock zu Southampton Stiegen nach dem französischen System, obgleich mit Kantlinien für die Absätze in paralleler Richtung zur Längenachse, dagegen aber

ein eigenthümlich geschweiftes hinteres Ende, welches dem Gallion eines Schiffes, im Grundriss gezeichnet, ähnlich sieht.

Der Boden der Docks ist nicht eben, sondern gegen in denselben vertiefte Cunetten geneigt, die das durch die Sohle und Mauern durchquellende, wie auch das Regenwasser sammeln und einem vertieften Kanale, dem Dockentleerungskanale, zuführen, welcher es in den Pumpenschacht leitet, von wo es ausgepumpt wird. — Wie bei der inneren Form der Docke, ebenso ungleichartig haben sich die Ingenieure rücksichtlich der besagten Cunetten an der Docksohle benommen. Bei den meisten französischen und den älteren englischen, so auch bei den amerikanischen Docks sind sie in der Mitte, in der Längenachse der Docksohle. Ausser ihrem eigentlichen Zwecke gewähren sie hier auch den Zimmerleuten einen Raum, Arbeiten am Kiele vorzunehmen. Die Cunette wird hier aber bald durch Säge- und Holzabfallspäne angefüllt, die sonach in den Wasserrücklässen derselben zu faulen beginnen, so verunreinigt, dass diese Lage derselben viele Uebelstände erzeugt und desshalb in der Achsenlinie in den neueren englischen Docks nicht mehr vorkommt, sondern bei jenen in Woolwich, Sheerness und Chatham beiderseits dicht an der untersten Stufenlage, bei den zuvor genannten in Southampton aber rechts und links der Längenachse fortläuft. Die Sohle wird in diesen Fällen etwas gewölbt gehalten. Diese letztere Art der Anlage der Cunetten ist ohne Zweifel die bessere.

Der Verschluss der Docks geschieht entweder durch Stemm- oder gewöhnliche Schleusenthore, welche in England sehr, besonders aber bei den älteren Docks zu finden sind, oder, was jetzt das Gewöhnlichere ist, durch Schwimmthore (Pontons), oder auch zuweilen durch beide zugleich. Der Verschluss durch Stemmthore, so wie auch die hiezu nöthige Construction ist ganz jenem ähnlich, was wir bei den Stau- oder Fluthschleusen über diesen Gegenstand kennen gelernt haben. Zum Verschluss mittels eines Schwimmthores, welches in seinem Längenschnitt die Form eines Trapezes hat, müssen, wie die Fig. 550, Tafel XXXXIV, zeigt, in den sich nach unten verengenden Seitenmauern, wie auch in den Boden des Dockhalses oder der Schleuse Falze oder Absätze eingelassen werden, gegen welche sich der Ponton stemmen kann. Das Längenprofil des Schwimmthores, wie auch das Querprofil der Schleuse, durch die Falze oder Absätze derselben geführt, müssen nach unten sich verengen und genau korrespondiren. Damit die Absperrung eine dichte ist, wird um dessen Kiel, womit sich das Thor an die Falze oder Absätze stemmt, rings herum entweder ordinärer Filz oder aufgelockerte Taue befestigt; der Ponton presst diese Stoffe in alle Unebenheiten der Steine fest hinein.

Um das Schwimmthor beliebig heben und senken zu können, sind in seinem Boden oder in dem unteren Theil seiner Wände Oeffnungen angebracht, die durch Ventile oder Schützen von seinem Verdecke aus geöffnet und geschlossen werden können. Quer durch das Schwimmthor führen ein oder mehrere, ebenfalls von oben aus zu öffnende und schliessende Kanäle, durch welche das Wasser des Docks je nach dessen Lage mit dem des Bassins, oder Vorhafens oder des Hafens selbst in Verbindung gesetzt werden kann. Soll nun der Trockendock wasserfrei gemacht werden, so wird das leer gepumpte Schwimmthor mit seinem Kiele, den Vorder- und Hintersteven über die Falze oder Absätze (Coulissen) der Einfahrtsschleuse geführt, die erwähnten Schütze oder Ventile in seinem Boden oder unteren Theil der Wände geöffnet, worauf es sich mit Wasser füllt und versinkt. Sodann öffnet man Schütze von den in der Mauer befindlichen Kanälen, die mit dem Aussenwasser communiciren, oder von jenen Kanälen, welche quer durch das Schwimmthor durchführen, wo dann beim Eintritt der Ebbe das Wasser je nach der Grösse des Fluthwechsels in seltenen Fällen ganz, gewöhnlich aber nur zum Theile, d. i. bis zum Ebbe-Wasserspiegel, abgeleitet wird. Nun werden die Schützen geschlossen und der Rest des Wassers im Docke wird mittelst Dampfkraft ausgepumpt. Gefüllt wird der Dock, indem man die Schützen der Querkanäle im Sckwimmthore öffnet; das durch dieselben heftig einströmende Wasser füllt den Dock bis auf gleiche Höhe mit dem äusseren Wasserstand an, worauf diese Querkanäle im Schwimmthore geschlossen und dies letztere leer gepumpt wird. Dieses hebt sich sodann, schwimmt und kann entfernt werden.

Der im Jahre 1851 beendete Dock in New-York bildet in innerer Lichte ein Viereck von 290 Fuss Länge und 98 Fuss Breite nach englischem Masse im Niveau des oberen Dockplanums (der Dockkrone). Hiezu der Dockhals mit 80 Fuss gerechnet, gibt die Gesammtlänge von 370 Fuss. Er ist einer der grössten Docks, die bestehen. Gleich von der innern Kante der Dockkrone beginnen die Stufenlagen, die rings den Dock, mit Ausnahme der offenen Seite des Schleusenthores, umgeben. Sie bilden zwei Gallerien oder Absätze und gehen bis auf die Sohle, die gegen die Mitte hin, wo die in den Dockentleerungskanal sich

einmündende Cunette läuft, einen sanften Fall hat. Diese Sohle ist 36 Fuss breit und 199 Fuss lang mit Inbegriff des Halbmessers von 18 Fuss, mit dem das hintere Ende der Sohle sich abrundet. Beim Anschlusse an die horizontal gewölbte Schlusssohle (dem Drempel oder Falz) für das Schleusenthor liegt die Docksohle 32 Fuss und am andern Ende ihrer Länge von 199 Fuss, 30 Fuss unter der Dockkrone. Sie fällt daher um 2 Fuss nach Vornen; wo dicht hinter der besagten Schlusssohle für das Schleusenthor, quer über die Docksohle, eine ausgerundete Vertiefung läuft, die mit den rechts und links befindlichen Kanälen communicirt. Diese Kanäle ziehen sich ringsum im unteren Mauerkörper fort, stehen mit dem Pumpenschacht in Verbindung, communiciren jedoch nicht mit dem Einlasskanal, wenn der Dock gefüllt werden soll. Schützen sperren und öffnen diese letzteren Kanäle nach Erforderniss. Dieser Dock ist mit einem Schwimmthor und mit Stemmthoren zum Verschlusse versehen. Die lichte Seite des Schlusses beträgt im Niveau der Dockkrone, sowohl für das Schleusen-, wie für das Schwimmthor 63 Fuss englisch. Die Seitenmauern der Schlusssohle für das Schwimmthor sind etwas geböscht, sanft gekrümmt und in den untern Winkeln abgerundet, dessgleichen die Coulisse, welche sich ganz nach der Form des Kieles, des Vorder- und Hinterstevens des eisernen Schwimmthores richtet.

Der Dock zu Woolwich, einer der grösseren, hat im oberen Lichte 81, in der Sohle 39 Fuss Breite. Seine Länge, vom Schwimmthore bis an den hintersten Punkt der Krone gemessen, beträgt 282 Fuss, an der Sohle 247 Fuss bis zur letzten Stufe der in seiner Achse angebrachten Stiege. Die Schlusssohle für das Schwimmthor liegt 25 Fuss, die Sohle des den Dock hinter jenem Schluss quer durchschneidenden Entleerungskanales 29 Fuss unter der Krone. Die Höhe der Krone über Hochwasser beträgt 4 Fuss, über Niedrigwasser 20 Fuss. Die Schlusssohle des Schwimmthores liegt daher noch 1 Fuss tiefer als das Niedrigwasser, so dass im Dock 2 Fuss Wasserhöhe durch den Kanal dem Pumpenschachte zugeführt werden müssen. Sieben Rutschen, die etwas ausgehöhlt sind, mit Stiegen zu beiden Seiten und nebstdem noch zwei Stiegen an der Dockkehle führen zur Docksohle. Der Dock ist an der Krone mit steinernen Säulen umgeben, die in Entfernungen von 22 Fuss von einander abstehen.

Alle Kanten und Ecken eines Docks müssen im Viertelkreise abgerundet werden. Die oberen Flächen der Stufenlagen, Gallerien und Stiegen müssen einen kleinen Fall nach dem Innern des Docks haben, damit alles Regenwasser auf die Docksohle und von dieser in die Cunetten ablaufe. Das Gegentheil hat jedoch bei der Dockkrone stattzufinden, welcher von der innern Kante ihrer Quadereinfassung angefangen, ein leichter Fall nach auswärts zu geben ist. Mag die innere Form des Docks wie immer beschaffen sein, so müssen jedesmal zwei Reihen Ringe aus rothem Kupfer, die untere in einer Höhe von circa 12 Fuss, die obere von ungefähr 22 Fuss über dem Boden, schachförmig über einander, in die Verkleidung befestigt werden. Ihre Entfernung beträgt gewöhnlich 12 Fuss, und sie dienen zur Festmachung aller Taue und Leinen, für die Handhabung der Stützen und zur Befestigung der Wandten, für die aus Masten erzeugten Last- und Hebekrahne, oder des Seilwerkes der sonst erforderlichen Hebemaschinen und Böcke. Ebenso muss die Krone mit starken Ringen aus Eisen besetzt sein, um die fliegenden Gerüste der Arbeiter festmachen zu können. Diese Ringe, bis 3 Fuss von einander entfernt, sind an einem fortlaufenden Untersatz von Gusseisen angebracht, der in die Krone eingelassen, über selbe erhoben wird; der Untersatz ist mit Löchern zum Einscheeren der Seile zu versehen.

Wo Docks nicht in Fluthbecken oder innerhalb eines ganz abgeschlossenen Raumes gelegt werden können, ist es gut, Dockeinfahrten, d. h. parallele Dämme herzustellen, in welchen das zu dockende Schiff sicher und ruhig liegen kann, ehe es in den Dock gebracht wird.

Häufig sind die Docks derartig construirt, dass nach Massgabe grösserer oder kleinerer zu dockenden Schiffe der Abschluss auch verschieden bewirkt werden kann. Es befinden sich demnach zu diesem Zwecke in der Schleuse, d. i. im Dockhalse, entweder mehrere Thorpaare, oder wenn die Schliessung mittels Schwimmthor geschieht, mehrere Falze oder entsprechende Absätze, an welche das Schwimmthor sich lehnen kann. Der in der Fig. 550, Taf. XXXXV, dargestellte Dock kann an drei verschiedenen Stellen abgeschlossen werden. Der Trockendock im Lloyd-Arsenale zu Triest, auf die verschiedenen Grössen der Schiffe dieses Instituts berechnet, kann an fünf verschiedenen Stellen abgeschlossen werden. Es gibt sogar Docks, die an sieben Stellen abgeschlossen werden können. Durch solche Constructionen wird allerdings die Herstellung des Docks etwas erschwert, aber man erlangt dadurch den Vortheil, dass beim Docken kleinerer Schiffe nicht eine unnöthig grosse Wassermasse ausgepumpt werden muss, wodurch man nicht nur Zeit gewinnt, sondern auch grössere Aus-

lagen der unter anderen Umständen viel länger arbeitenden Dampfpumpe vermeidet. Wie in diesen Fällen Cunetten, Dockentleerungskanäle und Pumpenschachte eingerichtet werden und mit der Maschine communiciren müssen, um den Dock jedesmal vollkommen trocken legen zu können, zeigt die eben angeführte Figur ganz genau.

Dem Vorplatze des Dockhalses pflegt man gegen das Meer zu einen sanften Fall von $^1/_{20}$ zu geben, um die Passage der Schiffe über die Sohle des Schlusses zu erleichtern. Die Sohle des Docks hält man gewöhnlich um 20 bis 30 Zolle tiefer, als den niedrigsten Punkt der Sohle des Schlusses, dessen Tiefe sich natürlich nach dem Tiefgange der grössten Schiffe richtet, für welche der Dock bestimmt ist. Eben so muss die innere Lichte der Schluss- oder Thoröffnung der Breite dieser Schiffe entsprechen.

In früheren Zeiten waren die meisten Docks mit Dächern versehen, was natürlicher Weise dem Einbringen der Schiffe mit ihrem Rundholz und Takelwerk im Wege stand. So sind noch die gekuppelten Docks in Carlskrona mit Dächern gedeckt; desgleichen ist es der Fregatten-Dock in Rochefort, einer der Docks in Woolwich und in Chatham, beide mit von Robert Seppings construirten hölzernen Dächern, wo bei den in Woolwich befindlichen ein System beweglicher Läden als Oberlichte gebraucht wird. Obgleich die Dachungen über Trockendocks wegen ihrer geringeren Höhe über dem Terreplein des Arsenals leichter als jene für Werften auszuführen sind, so hat man dennoch auf erstere fast überall verzichtet. Die Ursachen davon sind, dass der Gebrauch von Docks gegenwärtig sich meist nur auf Besichtigung des Kupferbeschläges und lebendigen Werkes der Schiffe und auf Reparaturen beschränkt, die höchtens 2 bis 3 Monate dauern; dass ferner feste Dächer über den Docks, meist nur aus Holz erbaut, beim Anbrennen der Schiffswände sehr der Feuersgefahr ausgesetzt sind, nebstbei aber alle Arbeiten ungemein hindern und erschweren, Luft und Licht rauben und den freien Luftzug in den tiefen, ohnehin selten trockenen Formen auf eine bedenkliche Art hemmen; und dass endlich das Schiff selbst mit einem leichten Nothdach versehen werden kann.

Obgleich man in England bei Schiffen bis 1200 Tonnen die Schraube auf der Werfte einsetzt, kleinere Dampfer oft auch noch mit ihren Maschinen daselbst versieht nnd solchergestalt ablaufen lässt, so kann doch ein derlei Verfahren für Schraubenschiffe grösserer Gattung nicht angewendet werden. Für diese ist ein Dock durchaus nothwendig. Die Dauer dieser Arbeit, der Neudichtung von Innen und Aussen nach dem Ablaufen, so wie der Bekupferung, erfordert jedoch viel kürzere Zeit, als die sonstige Auftakelung, Zu- und Ausrüstung, wobei das Schiff stets ungedeckt bleiben muss. Die Hauptsache ist immer nur die, gedeckte Werften zu haben. Die Besichtigung eines zur Abreise bereiten Schiffes unter Segel erfordert im Docke nicht mehr als 48 Stunden, in welcher Zeit es eingedockt, gesetzt und wieder ausgedockt werden kann. Eine einfache Kielholung, eine Bekupferung braucht nicht mehr als zwei bis drei Tage Zeit, und kann immer bei ganz vollem Schiffe vollzogen werden, wogegen — wenn diese Arbeit mittelst Pontons oder auf Kielholwerften verrichtet werden soll — zwei bis drei Wochen erforderlich sind, wobei aber das Schiff noch überdies gänzlich geräumt und sonach wieder frisch gestaut werden muss, der Alterationen nicht zu gedenken, welche der Schiffskörper hiebei immer zu erleiden hat. Handelt es sich jedoch um grosse Reparaturen, die lange dauern, wo also die zu den Vorbereitungen erforderliche Zeit gar nicht in Betracht kommt, so ist auch bei grossen Schiffen das Aufschleppen auf gedeckte Werften vorzuziehen. In heissen Ländern, wo sich zur Feuchtigkeit in den Docks noch die schwüle, faule Luft und der Mangel eines gehörigen Zuges gesellen, sollen derlei lang dauernde Arbeiten gewiss nie in Docks, noch weniger aber Neubauten von Schiffen darin vorgenommen werden.

Die Trockendocks sind Bauwerke ersten Ranges. Ihre Ausführung erfordert umfassende Befähigung, reiches Wissen, grosse Erfindungsgabe, unermüdliche, gewiegte Erfahrung, gründliche Kenntnisse der Mechanik und Anwendung ihrer Kräfte. Ein Dockingenieur muss auch Baumeister und Mechaniker im Grossen zugleich sein; die Schwesterkünste hier zu trennen, hiesse wohl das ganze Unternehmen von Vornherein zersplittern.

Die Art der Fundirung und Ausführung der Docks richtet sich nach der Gattung der Grundes, in welchem der Dock erbaut werden soll, sowie auch nach sonstigen örtlichen Verhältnissen, wie es aus Nachfolgendem zu ersehen sein wird.

Der Dock in Lorient, die Docks in Cherbourg, der Fregattendock du Salou in Brest und die ganze südliche Gruppe der Docks der Recouvrance ebendaselbst, wurden ganz oder zum Theile im Felsen, unter Anwendung fester Fangdämme zum Abschluss der Dockbauplätze gegen das Wasser, ausgesprengt. Beim vierten uud letzten Dock der Recouvrance fand man fast durchgehends sehr harten Schieferfelsen, so

dass man in denselben gleich die Stufenlagen, Rutschen, Stiegen und Gallerien sammt Dockkehle aushauen konnte, um die Verkleidungen aus Quadern zu ersparen. Diese von Galeerensträflingen, welche eigens hiezu abgerichtet waren, mit der grössten Genauigkeit ausgeführte Arbeit stiess jedoch in der Folge aus Ursache des Wechsels im Lager, in der Stärke und im Strich des Schieferfelsens, auf grosse Hindernisse. Hiezu gesellte sich seine ungleiche Härte und das Erscheinen zahlreicher Risse, aus welchen das Wasser hervorbrach. Ebenso trat eine Verwitterung des Schiefers, insbesondere bei den Stufen ein, nachdem der Dock in Gebrauch gekommen war, so dass man sich zuletzt genöthigt sah, aus Hausteinen härterer Gattung eine neue Verkleidung herzustellen.

Obgleich derlei bearbeitete Quader strenge genommen nur an den Ecken nothwendig wären, das sonstige Dockhemd aber aus Mauerziegeln hergestellt werden könnte, so gibt es doch nur wenige, meist Mercantil-Docks, wo nicht die ganze innere Verkleidung aus Quadern bestände, da Ziegeln nur allzuleicht abgestossen und zertrümmert werden, und die Mehrauslagen bei den ohnehin so grossen Kosten der Trockendocks nicht sehr in's Gewicht fallen.

Mit Hilfe angebrachter grosser Fangdämme wurden auf einen Pfahlrost im schlammigen Terrain von Rennie die neuen Docks in Chatham und Sheerness erbaut. Gleiches geschah bei den vor 1814 von französischen Ingenieuren in Antwerpen ausgeführten Docks; nur sind die Roste zweckmässiger als bei den englischen gelegt, um ihrer Emporhebung durch den Druck des Wassers von Unten vorzubeugen. Es hat die Sohle des Docks 4, jene des Abschlusses 9 Fuss 3 Zoll zur Dicke; indessen bei den englischen Docks eine gleichförmige Sohlendicke von 2 ½ Fuss gegeben wurde, was offenbar zu wenig ist; es wurde nebstbei die Pilotirung solider hergestellt, nämlich unter der Dockachse, den Hauptabsätzen der Stufen und unter den äusseren Dockmauern verdichtet.

Der erste durch den berühmten Grogniard zu Toulon erbaute Dock wurde in einem Senkkasten, der den ganzen Dock umschloss, hergestellt. Dieser Senkkasten ruhte auf einer hölzernen Plattform, die einem Flosse glich, und diese wurde auf den Boden der Aushebung gelegt, nachdem dessen Compression durch Lasten versucht worden war, die 80mal das Gewicht des aufzusetzenden Mauerwerkes und des grössten Schiffes enthielten. Dennoch hob sich die Sohle des Docks, es zeigten sich Querrisse und die Infiltrationen wurden so bedeutend, dass an 2900 Kubikfuss Wasser in der Stunde eindrangen und 180 Mann, die ohne Unterbrechung pumpten, kaum genügten, um die Sohle frei zu halten. Unter diesen misslichen Umständen wurde der Dock durch mehr als 20 Jahre benützt, bis es endlich dem Ingenieur Caron gelang, durch Ausfüllung mittelst Béton der früher demolirten zerklüfteten Mauertheile der Sohle, die Wasserinfiltrationen auf 950 Kubikfuss in 24 Stunden zu reduciren. Die oberste Schichte des Terrains bestand aus muschelhaltigem, schwammigem Schlamm mit kieselführendem Sande untermischt, die untere aus jenem kalkartigen, mit Thon gemengten Schottergrunde, der dort zu Lande Saffre geheissen wird. Bei dem neueren Dock in Toulon, welcher unter Leitung des Ingenieurs Bernard im Jahre 1828 vollendet wurde, hob man zuerst das Terrain bis auf die Tiefe von 34 Fuss unter der höchsten Wasserlinie aus. Hierauf wurden Piloten in der ganzen Ausdehnung der Bauarea, 3 Fuss Mitte von Mitte von einander entfernt, bis auf 41 Fuss Tiefe zum Behufe der Compression des Terrains eingerammt, und sonach der Baugrund mit einer dichten Spundwand, deren Holm im Niveau jener Wasserlinie lag, umgeben. Nach dieser Arbeit schritt man zur Ausbreitung eines 10 Fuss dicken Bétonlagers, hierauf zur Herstellung einer zweiten Wand in gleicher Entfernung von jener Spundwand. Der Raum zwischen beiden bildete einen Kasten ohne Boden, der mit Béton ausgefüllt wurde. Zu bemerken ist, dass diese zwei Wände die Area des Docks nur von drei Seiten, nämlich von den zwei langen und einer schmälern, umgaben. Die vierte, der Einfahrt in die Dockkehle entsprechend, wurde sonach mit einer gut calfatirten Holzwand geschlossen. Nachdem dies geschehen, wurde zur Erhärtung des Bétons die ganze Arbeit ein volles Jahr hindurch stehen gelassen. Erst nach dessen Verlauf schritt man zur Ausschöpfung des Wassers innerhalb des gebildeten Bétonhemdes und nahm die innere, diesen Bétonkasten bildende Wand weg. Wie man sieht, läuft dieses Verfahren auf Herstellung eines Senkkastens von ungeheuren Ausmassen hinaus, dessen Boden und drei Wände aus Béton bestanden, die vierte aber von jener Holzwand für den Dockschluss gebildet wurde. Die Dicke der Bétonseitenwände betrug 16 Fuss unten, wo sie auf der 10 Fuss hohen Bétonschichte der Sohle aufstanden, und 6 Fuss 6 Zoll an der Krone. In dem solchergestalt gewonnenen trockenen Raume ging sonach die regelmässige Ausmauerung des ganzen Docks vor sich. Der Aufwand an Material, Arbeitskräften, Zeit und Geld ist hiebei ein grosser. Trotz aller ange-

wendeten Mühe durchdringen diesen Dock noch immer Infiltrationen, die sich auf 80 bis 100 Kubikfuss Wasser in der Stunde belaufen.

In Castigneau, d. i. der südwestlichen Vergrösserung des Arsenals im Kriegshafen von Toulon, sind drei ganz neue Trockendocks, für die grössten Kriegsschiffe bestimmt, erbaut. Der grösste Dock hiervon hat 400 Fuss Länge. Derselbe ist in einer höchst dauerhaften Weise gebaut, und mit massiven Platten, schönen rothen und grauen Granits, belegt. Das Verfahren, welches beim Baue dieser Docks angewendet wurde, ist den vorigen ähnlich. Sie sind auf dem sogenannten Gestade von Castigneau gelegen, welch' letzteres sich rasch in das tiefe Wasser des Ankergrundes neigt. Die Tiefe bei der Einfahrt zu den Docks ist beinahe 40 Fuss; es ist demnach die Einführung der Schiffe vom grössten Tiefgange zu jeder Zeit ermöglicht; eine grosse Tiefe unmittelbar vor dem Dock ist im Mittelmeere unbedingt nothwendig, weil daselbst nur ein sehr unbedeutender Fluthwechsel vorkömmt. Nachdem durch Ausbaggerung die nothwendige Vertiefung und Ebnung der Baugrube erzielt war, wurde die Baugrube zur Erlangung eines festen Fundaments mit einer 16 Fuss dicken Bétonschichte versehen. Der Raum für diesen Mauerkörper wurde ringsum mit Pfahlreihen umgeben, an welchen die erforderliche Bohlenschälung durch Taucher in folgender Weise angebracht wurde. Die Bohlen wurden nach Massgabe der Pfahlabstände, die von den Tauchern unten gemessen wurden, auf dem Ufer zugerichtet, an den entsprechenden Stellen gebohrt, und in die Bohrlöcher verzinkte Nägel eingesteckt; dann wurden die Bohlen, mit vier Schienenstücken beschwert, mittelst zweier Leinen niedergelassen. Die Taucher hefteten nun die Bohlen vorläufig an entsprechender Stelle an, lösten Leinen- und Schienenstücke, die behufs neuer Versenkung nach oben gezogen wurden, und befestigten inzwischen die Bohlen vollständig. Die Taucher lösten sich alle 3 Stunden ab, während welcher Zeit sie unter Wasser blieben. Die ganze Arbeit, excl. der Zurichtung der Bohlen, hatten die Taucher in Accord. Sodann wurden Umfassungswände rings herum, selbst an die Seite, wo die Thore der Dock kommen sollten, ebenfalls aus Béton, bis über das höchste Wasser gebildet. Nach hinlänglicher Erhärtung der Wände wurde das Wasser im Inneren des aus Béton so roh aufgebauten Kastens ausgepumpt, und der Bau fortgesetzt. Die Bétonmauern, welche die Einfahrt des so weit fertigen Docks versperrte, wurde sodann durch vertikale, ungefähr 2 Zoll im Durchmesser haltende, nahe aneinander gebrachte Bohrlöcher, nach und nach zerstückelt und weggeräumt.

Die fünf doppelten gedeckten Docks zu Carlskrona in Schweden, fächerartig um den Viertelkreis eines grossen halbkreisförmigen Vorbeckens disponirt, wurden theilweise aus dem Felsen gesprengt, zum Theile sind sie aufgemauert. Die Einfahrt in das Becken schloss ein riesiger Fangdamm von 610 Fuss Länge ab, der gegen das äussere Meer durch einen in der Entfernung von hundert Fuss aufgestellten, 390 Fuss langen Wellenbrecher geschützt wurde. Hinter jenem äusseren Fangdamme auf 32 Fuss Entfernung befand sich ein zweiter, um Infiltrationen in jenes Becken von ungefähr 140,000 Quadratfuss Oberfläche zu verhindern. Beide Fangdämme, sowie der Wellenbrecher waren parabolisch gestaltet. Trotz der parabolischen Form und des Wollenbrechers wurde der äussere Fangdamm in der Mitte zertrümmert.

In Kriegshäfen sollen die Docks für die grössten Schiffe der Zahl nach vorherrschen. Wenn auch durch die jährliche Besichtigung und jener vor der Abreise, wie solche an jedem Fahrzeuge in den Militärhäfen Frankreichs geschieht, um sich vom Zustande der die Erhaltung des Schiffes und eine bessere Fahrt bedingenden Kupferbekleidung zu überzeugen, bei Einbringung kleinerer Fahrzeuge in grössere Docks durch die bedeutendere Wasserauspumpung dem Staate grössere Kosten erwachsen, so kann doch diese Betrachtung keinen Ausschlag zu Gunsten eines von einigen Ingenieuren aufgestellten Systems geben, welche die Docks nach den Classen der Schiffe abtheilen und sortiren wollten. Durch die erwähnte Anbringung mehrerer Falze oder Coulissen in der Dockkehle, wenn diese mit einem Schwimmthor geschlossen wird, oder durch mehrere Paare hinter einander liegender Stemmthore, lässt sich dem Uebelstande eines vermehrten Auspumpens bedeutend abhelfen. Immer aber ist es gut, die Kriegsfahrzeuge im Falle solcher Visiten, wenn möglich, in voller Ausrüstung einzudocken, weil dann ihr Wasser-Deplacement ein viel grösseres ist, daher nach Schliessung des Thores weniger Wasser ausgepumpt zu werden braucht.

Die vom Obersten Upton erbauten, im Jahre 1855 zerstörten Docks in Sebastopol waren ganz eigenthümlich construirt. Ein solcher Dock stellte im Princip eine Schleusenhaltung, wie sie bei Schifffahrtskanälen vorkommt, mit zwei Schleusenkammern vor. Die obere Kammer ist der eigentliche Dock. Er liegt ganz auf dem Festlande über dem Meeresspiegel, und

wird durch eine von der Tschernaja-Rjetschka kommende Wasserleitung gefüllt. Die untere Kammer dient blos zur Vermittlung des Niveau zwischen der oberen Kammer und dem Meere, damit das Schiff aus seiner Lage auf dem Lande in die See versetzt werden könne, oder umgekehrt. Eine solche Einrichtung, obgleich im hohen Grade kostspielig, ist doch eine sehr vortheilhafte. — Das Schiff läuft bei solch construirten Docks wie gewöhnlich in das tiefer liegende Becken ein, worauf das letztere geschlossen wird. Hierauf beginnt dessen Füllung, entweder wie in Sebastopol durch Einlassung eines in der erforderlichen Höhe zugeleiteten Landgewässers, oder sie wird mit Hilfe hydraulischer Maschinen bewirkt, um das Wasser im tiefer liegenden Becken, so wie in dem, mit diesem in Verbindung befindlichen höher gelegenen Dock, so hoch über den Spiegel der See zu schwellen, damit das Schiff in letzteren einlaufen könne. Sonach wird das Wasser wieder abgelassen, bis der Dock entleert ist und das auf den Dockblöcken zu Ruhe kommende Schiff trocken sitzt. Das umgekehrte Verfahren wurde für dessen Ausdockung angewendet. Statt wie bei gewöhnlichen Trockendocks die Maschine zum Auspumpen des Wassers, d. i. zur Trockenlegung des Docks, zu benutzen, dient hier die Maschine zum Einpumpen des Wassers in das tiefer liegende Bassin, um den Wasserspiegel daselbst auf die nöthige Höhe zu schwellen, wenn nämlich dies nicht, wie gesagt, durch Landwässer möglich ist. Klar ist es, dass wo mehrere Docks um ein Vorbecken dieser Art disponirt sind, jeder für sich einen Schluss sammt Thor, und dass das Thor des Beckens aussergewöhnliche Dimensionen wegen der hier erforderlichen doppelten Höhe der Wasserverdrängung erhalten muss. Die wasserdichten Umfassungsmauern jenes Beckens können nicht weniger als 48 Fuss Höhe und eine mittlere Dicke von circa 20 Fuss bekommen. Für den erhöhten Dock auf dem Festlande genügen 25 Fuss hohe und 13 Fuss dicke Mauern. Die meiste Beachtung dürften solche Docks in Häfen, die keinem oder nur einem geringen Fluthwechsel unterworfen sind, verdienen, wie z. B. im Mittelländischen, im Adriatischen Meere, in der Ostsee, wo man die Vortheile eines grossen Fluthwechsels sowohl während des Baues, als auch bei der Dockung entbehren muss.

Der in Fig. 550 a, b, c, d, e, f und g, Taf. XXXXIV und XXXXV, dargestellte Dock wird mit geringen Abänderungen gegenwärtig im Kriegshafen zu Pola ausgeführt. Da man nicht wagen zu dürfen glaubte, in dem zerklüfteten Felsen des Meeresgrundes in Pola einen Dock durch Einschneiden in den Felsen herzustellen, wobei es wahrscheinlich nicht gelungen wäre, das eindringende Wasser zu überwinden, so wurde für den Dock eine solche Baustelle gewählt, wo der Meeresgrund durchschnittlich die ungefähre Tiefe der Docksohle hat und die Horizontalschichten des Grundes ziemlich parallel mit der Docksohle laufen, so dass nach der Herstellung des wasserdichten Umfanges und Ausschöpfung der Baugrube nur geringe Absprengungen an der Sohle derselben herzustellen sind. Hier werden nun zuerst die äusseren Ufermauern aus Santorin-Gussmauerwerk in einzelnen grossen Cassons nach vorheriger sorgfältiger Baggerung des Grundes am Fusse hergestellt, die Einfahrt mit einem Fangdamme geschlossen und hierauf die Auspumpung der Baugrube begonnen, deren Gelingen gehofft wird, da die Felsenklüftungen am Grunde mit Schlamm verstopft und bedeckt sind. Hierauf wird dann der innere Ausbau aus Kalkstein-Quadern im Trockenen, mit Laufgerüsten, hergestellt. Das Weitere ist aus der obbenannten Figur zu entnehmen.

Fig. 548, Taf. XXXXII, stellt das Profil des Trockendocks zu Hâvre vor. Derselbe liegt, Fig. 532, Taf. XXXVI, an der Ostseite des Bassins de l'Eure. Dieser Dock ist vorzugsweise für die grossen transatlantischen Dampfer bestimmt, die, bei dem Mangel genügend grosser Docks auf dem Continent bis vor Kurzem genöthigt waren, behufs ihrer Reparatur in einen englischen Hafen einzulaufen. Der Dock hat drei Gallerien, die durch 11 Treppenanlagen sowohl mit einander, als mit der Sohle des Docks in Verbindung stehen. Die lichte Breite zwischen den untersten Gallerien beträgt $28._{62}$ bis 29 Meter und jene zwischen den obersten Gallerien $34._{52}$ Meter. Die Länge von der Mündung des Docks bis incl. der für das Schwimmthor angelegten Falze beträgt $26._{75}$ Meter; von hier bis zum Mittelpunkt des abschliessenden Halbkreises 130 Meter und von hier zur untersten Gallerie $14._{31}$ Meter, und zur obersten $17._{26}$ Meter. Die Tiefe des Docks von der Sohle bis zur obersten Gallerie beträgt 11 Meter. Das Bauwerk ist bei sehr starkem Wasserandrange auf einer Bétonschichte fundirt, die in der Mitte eine Stärke von $3._{58}$ Meter hat, und es ist zu diesem Béton, so wie auch bei den äusseren, dem Wasser ausgesetzten Theilen des Bauwerks nur Portland-Cement verwendet worden, während die übrigen Theile in gewöhnlichem hydraulischem Kalk ausgeführt sind. Das Mauerwerk ist durchweg mit vortrefflichen Ziegeln verkleidet, und nur zur Verkleidung der Kanten sind Granitquader verwendet. Die Hintermauerung ist in Bruch-

steinen ausgeführt. Die Ziegelverkleidung ist 0.55 Meter stark und greift mit einer Verzahnung von 0.88 Meter Tiefe in die Hintermauerung ein. Von den in die Wände eingeschnittenen 11 Treppenanlagen sind 6 parallel zur Längenachse des Docks, 4 senkrecht zu dieser und eine ist in dieser Achse selbst angeordnet. Diese letzteren 5 Treppen führen unter den Gallerien hindurch, die daher hier unterwölbt sind; die unterste Gallerie musste hier ein klein wenig erhöht werden, wodurch sich an diesen Stellen auch eine etwas grössere lichte Weite zwischen den gegenüberliegenden Gallerien ergab. Jede dieser 5 Treppen führt mit 51 Stufen vom Terrain bis zur Docksohle hinab; auch dienen diese Anlagen zugleich zur Anbringung der Rutschen für hinauf- und hinabzuschaffende Materialien und Geräthe; es ist daher zu jeder Seite der Stufen ein solcher Geleitweg angelegt. Da diese 5 Treppenanlagen weit aus den Umfassungsmauern des Docks hervorspringen, so mussten sie besondere Fundirungen erhalten, und es sind dazu kleine Pfeiler auf Pfahlrost vorgelegt, die durch halbkreisförmige Bögen mit einander verbunden wurden. Der Dock wird durch Umläufe gefüllt, die als gemauerte Kanäle von 1 Meter Breite und 2 Meter Höhe angelegt sind und von oben herab mittelst hinabzulassender hölzerner Schützen von 0.10 Meter Stärke verschlossen werden können. Eine seitwärts vom Dock aufgestellte Dampfmaschine pumpt denselben leer. Der vom Dock nach den Pumpen hinführende Kanal hat sehr kleine Abmessungen erhalten, um hier eine grosse Geschwindigkeit zu erzeugen und jeder Ablagerung von Sinkstoffen vorzubeugen. Für das Schwimmthor sind zwei hinter einander liegende Falze angeordnet, um nach Bedürfniss die Länge des Docks vergrössern oder verkleinern zu können. Das Schwimmthor ist ganz aus Blech construirt, hat eine Stärke von 4.50 Meter und sein Deck ist zugleich Fahrbrücke (für ein Wagengeleis), weil durch den Dock die Communikation längs des Ufers unterbrochen wurde. Da die Schiffe immer in den frühen Morgenstunden in den Dock ein- und auszulaufen pflegen und das Ein- und Ausfahren des Schwimmthores nur verhältnissmässig geringe Zeit beansprucht, so ist der Verkehr am Ufer durch diese Dockanlage fast gar nicht gestört.

§. 66.

Der Vorschlag, die Seestapel der Werften dergestalt in Halbdocks zu verwandeln, dass, nachdem Schiffe auf dem Landstapel aufgeschleppt wurden, noch die Seestapel zum Docken der Schiffe benützt werden können, macht das auf dem Vorstapel ausgelegte, mitunter ziemlich grosse Kapital productiv. Zu diesem Zwecke müssen zu beiden Seiten des Seestapels feste Mauern errichtet und am Kopfe dieses Stapels Thore eingesetzt werden, um den so gebildeten Dock auspumpen zu können. In diesem Sinne, verbunden mit der schon erwähnten Idee des Morton-Slip, wurde der in Fig. 551 a, b, c, d, e und f, Taf. XXXXVI, dargestellte vereinigte Slip- und Trockendock von Eduard J. Heider im Lloyd-Arsenale zu Triest gebaut. Wie aus der Figur zu ersehen ist, wird hier auf einer mit Eisenschienen versehenen und fest untermauerten schiefen Ebene das Schiff mittels eines Wagens durch eine Dampfmaschine ausser Wasser gezogen, während im unteren dockförmig ausgemauerten Theile dieses Bauwerkes ein zweites Schiff, welches eine kürzere Reparaturzeit bedarf, gedockt werden kann. Den Verschluss des unteren Theiles bildet ein Schwimmthor, und eine Dampfmaschine pumpt diesen Theil trocken. Aus dieser Ursache hat man dem Werke auch den Namen *vereinigten Slip- oder Trockendock* gegeben.

Die Neigung des Slip beträgt 1 : 16⅔, d. i. 6 Fuss auf 100 Fuss Länge. Die Länge des Slips über dem Fluthwasserspiegel wurde durch die Länge der Schiffe dieses Etablissements bedingt und erhielt 144⅔ Wiener Fuss. Die Tauchung der grössten Schiffe, wie auch die Höhe des Wagens musste für die Tiefe masgebend sein, bis zu welcher man den Slip unter Wasserspiegel fortzuführen gezwungen war; diese betrug unter der Fluthhöhe 24 7/10 Wiener Fuss. Die Länge der Bahn unter der Fluthhöhe beträgt demnach 413¾ Wiener Fuss. Es beträgt sonach die Gesammtlänge der Bahn 558 5/12 Wiener Fuss, und die grösste Höhe derselben über die Fluthhöhe = 8⅔ Wiener Fuss. Die Längenachse des Slips ist von Norden nach Süden gerichtet.

Diesen Bau in gewöhnlicher Art mittels Fangdämmen auszuführen, würde hier, weil der Boden unter einer ungleich mächtigen Schlammschichte zum Theil aus Felsen besteht, wenn auch nicht ganz unzulässig, doch mit ausserordentlichen Kosten und Gefahren verbunden gewesen sein, denn es hätte müssen, senkrecht auf das Ufer in das offene Meer hinein, ein Raum von mehr als 3000 Quadratklaftern, der allen Stürmen ausgesetzt ist, mittels Fangdämmen umfasst werden. Es wurden sonach zuerst die beiden Molos, welche den Slip zu beiden Seiten einfassten, Fig. 551 c und d, Taf. XXXXVI, bis zur Höhe des Wasserspiegels aus Santoringussmauerwerk hergestellt; dieselben sollten sodann vorn mit einem Fang-

damme abgeschlossen und hierauf der innere Theil ausgemauert werden. Da aber diese Molos bedeutenden Schaden erlitten, welcher, wie Heider in seiner sehr interessanten und lehrreichen Beschreibung dieses Baues ganz richtig sagt, nur in Folge nicht genügender Erhärtung des Santorin-Mauerwerks verursacht wurde, so musste der ganze auszupumpende Raum noch durch zwei Querfangdämme abgetheilt werden. Jede dieser einzelnen Abtheilungen wurde nun für sich trocken gelegt und ausgemauert. Statt wie es nach der späteren Erfahrung Heider's nothwendig gewesen wäre, diesem Mauerwerke drei Monate zu seiner Erhärtung zu geben, war das zuletzt angefertigte Santorin-Mauerwerk kaum 5 Wochen alt, als die weitere Aufmauerung schon darauf stand.

Zur Herstellung der beiderseitigen Santorin-Mauern dieser Molos, Fig. 551, c und d, Taf. XXXXVI, wurde der Meeresgrund vom Ufer an bis zu jener Stelle, wo die Schlammschichte eine Mächtigkeit von 4 Fuss hatte, vollkommen von dieser gereinigt und von dort an eine Ausbaggerung der Schlammschichte bis circa nur 4 Fuss Tiefe bewirkt. Letzteres Verfahren war gewiss ein sehr gewagtes, indem die Mächtigkeit des Schlammlagers am Kopfe des Slips bei 19 Fuss beträgt. Die bedeutenden Setzungen der Köpfe dieser Molos waren sicherlich die Ursache hievon. Die beiden Santorin-Mauern wurden in einer Entfernung von 80 Fuss im Lichten angelegt, um zwischen denselben den nöthigen Raum zur Erbauung der Seitenmauern eines Schleusenthores, welches nach den grössten Dimensionen der Schiffe des Lloyd 60 Wiener Fuss breit bleiben musste, zu behalten. Die Dimensionen dieser Mauern wurden unter der Voraussetzung ausgemittelt, dass sie, sobald das Wasser ausgepumpt ist, den ganzen Erddruck der Hinterfüllung auszuhalten haben, wobei das Gewicht eines Kubikfusses Santorin-Mauerwerks mit 112 Pfund und das Gewicht des Anschüttungsmaterials mit 85 Pfund in Rechnung gestellt wurde. Es ergab sich hieraus die Stärke der Santorin-Mauern, unter der Voraussetzung, dass sie innen senkrecht und aussen mit $^1/_6$ Böschung ausgeführt werden, an der tiefsten Stelle mit 8 Fuss Kronenbreite, welche in das Niveau des Fluthwasserspiegels zu liegen kam. — Die Herstellung solcher Bétonmauern mittels Formkasten wurde bei den Fundirungen besprochen. — Gegen das Ufer zu wurde diese Stärke der Mauern bis auf 6 Fuss Kronenbreite verlaufend gemacht. Am äussersten Ende wurden halbkreisförmige Moloköpfe angebracht, an welche sich gegen die Aussenseite wieder ganz gleiche Santorin-Mauern gegen das Ufer zu anschlossen, so dass durch Ausfüllung mit Erde zwischen diesen beiden Mauern beiderseits ein Molo entstand, dessen Kronenbreite 4 Klafter betrug. Auf diese bis zum Fluthwasserspiegel aus Santorin-Gussmauerwerk hergestellten Mauern kam sodann eine 5 Fuss hohe Aufmauerung aus schönen lagerhaften Bruchsteinen mit Santorin-Mörtel, welche mit 12 Zoll dicken Deckplatten belegt und sodann die Molos gepflastert wurden. Gleichzeitig mit den Arbeiten der Molos wurde auch die Herstellung des äussersten Fangdammes begonnen. Derselbe bestand aus zwei zwölf Fuss von einander entfernt stehenden Pfahlwänden aus $^{10}/_{12}$zölligen Hölzern, die mit einer Keilspundung in einander gegriffen haben und im Niveau der Ebbe durch Längenhölzer und durchgehende Schrauben, oberhalb aber durch Zangenhölzer von 6 zu 6 Fuss verbunden wurden. Sodann wurden auch die beiden Querfangdämme, welche den mittleren Raum in drei Theile abtheilten, hergestellt. Der erste derselben war von dem vorderen Pfahlfangdamme ungefähr 80 Fuss, und der zweite von diesem ersten Querfangdamm ungefähr 170 Fuss entfernt. Horizontale Sprengwerke, die in dem Masse, als das Wasser durch Auspumpung sich senkte, errichtet wurden, und sowohl die Fangdämme, als die Mauern der Molos gegenseitig spreizten, gaben dem ganzen Systeme erst seine volle Widerstandsfähigkeit.

Im mittleren und obersten Theile begann die Arbeit zuerst; es wurden daselbst die Quadermauern sammt den Pfeilern, welche den Einfassungsmauern als Stütze dienen, gleichzeitig mit der Untermauerung der Schienen u. s. w. so hergestellt, dass die ganze Arbeit vom Ufer gegen den Fangdamm vorrückte.

Am schwierigsten war die Herstellung des tiefst liegenden Theiles des Slips, wie auch die der Mauern zum Einsetzen des Schwimmthores. Für die Untermauerung der Schienen musste der Rost 30 Fuss tief unter der Fluth gelegt werden, während das Mauerwerk des Schwimmthores und der vorderen Flügelmauer nur 24 Fuss 6 Zoll unter die Fluth zu liegen kam. Eine solide Spundwand trennte den tiefer zu fundirenden Theil von dem höheren. Hier wurden für die Coulissen des Schwimmthores, für die Vorbettung, für das liegende Gewölbe und die Flügelmauern 940, und für die Untermauerung der Schienen bis zu jenem Punkte, wo sie auf festen Grund gesetzt werden konnte, 660 Piloten geschlagen, deren Länge zwischen 4 und 18 Fuss wechselt. Sie waren mit 8 bis 10 Pfund schweren eisernen Schuhen versehen. Zwischen den Piloten wurde ein stehendes Pflaster aus Bruchsteinen

mittels Handrammen in den Grund eingetrieben, um die Verdichtung desselben möglichst zu fördern. Hierauf kam der Rost zu liegen, welcher aus $^{11}/_{12}$zölligen Längen- und Querschwellen bestand, dessen Felder sorgfältig ausgemauert wurden. Auf diesen wurde erst die Untermauerung bei der Einfahrt bis auf 20 Fuss 6 Zoll unter der Fluth bewirkt. Auf diese Untermauerung kam nun eine 2 Fuss 6 Zoll hohe Quaderschichte, welche den unteren Anschlag des Schwimmthores zu bilden bestimmt ist. Dieselbe besteht, um dem auf dem Thore lastenden Wasserdrucke gnügend Widerstand leisten zu können, aus einem liegenden Gewölbe, welches am Schlusse 4 Fuss Stärke hat, und ein Segment mit 51 Fuss Spannweite und 7 Fuss Pfeilhöhe bildet. Die beiderseitigen Flügelmauern, welche gleichzeitig die Widerlager des Gewölbes bilden und den ganzen Seitendruck des Thores auszuhalten haben, mussten, um der Gefahr der Verschiebung der Quadern auf ihrer Längenfläche mit Sicherheit zu begegnen, nach einer durchgeführten Berechnung mindestens in einer Länge von 30 Fuss von der Coulisse weg gemessen, ganz aus Quadern hergestellt werden. Hieraus ergab sich auch die Form des vorn ausgeführten Mauerwerks der Flügel, indem das Quader-Mauerwerk mit einer Stiege endet und die stufenförmige Ausmauerung des übrigen Theiles aus Bruchsteinen sich anschliesst. Die Form der einzelnen Gewölbsteine, so wie der Nuthsteine, ist aus der Fig. 551 a und b, Taf. XXXXVI, vollkommen ersichtlich. Sowohl zur Ausmauerung des Rostes, als zur Aufmauerung, so wie überhaupt zu allem bei diesem Baue gemachten Mauerwerke wurde Santorinmörtel verwendet.

In das unmittelbar auf dem Roste gemachte Mauerwerk wurden beiderseits bei den bestandenen Zuflüssen gebohrte Steinröhren mit 4 Zoll innerem Durchmesser eingemauert, und rückwärts an dem Santorin-Mauerwerke wurde eine Oeffnung gelassen, so dass das Wasser während des Baues seinen ungestörten Abfluss hatte. Später, als das Mauerwerk beendet und genügend erhärtet war, wurde das Steinrohr mit einem Pfropfen aus Eichenholz verschlossen und die Oeffnung mit Santorin-Gussmauerwerk ausgegossen. Schliesslich wurde sodann noch der vordere Theil des Rohres, der im Mauerwerk ausgespart war, vermauert. Dieses sehr einfache, aber praktische Verfahren, welches sich auf das Princip stützt, aus dem Boden aufbrechende Quellen lieber zu fassen und auf diese Art nützlich zu machen, als zu verschütten, wonach sie an einer andern, oft noch schädlicheren Stelle wieder mit Gewalt hervorbrechen, hat Heider mit sehr gutem Erfolge bei allen Zuflüssen angewendet.

Um die bedeutende Masse grosser Quadersteine unmittelbar an Ort und Stelle versetzen zu können, wurde in der Mitte des äussersten Raumes ein Holzpfeiler errichtet und derselbe einerseits über den mittleren Fangdamm mit dem Zufahrtswege durch eine stabile Brücke verbunden, anderseits eine Drehbrücke hergestellt, welche am Pfeiler selbst ihren Drehungspunkt hatte, und sich mit dem andern Ende auf einer im Kreise gelegten Schienenbahn bewegte. Die Bahn beschrieb etwas mehr als $^3/_4$ eines Kreises, welcher auf dem einerseitigen Molo anfing und über den vordersten Fangdamm auf den anderseitigen Molo gelangte. Die Drehbrücke bestand aus zwei $^{12}/_{15}$zölligen Eichenbalken, deren Auflager 42 Fuss entfernt lagen, und die so weit von einander abstanden, dass in der Mitte die grössten Quader durchgelassen werden konnten. Um den Balken die genügende Tragfähigkeit zu geben, wurden sie durch eiserne Spannbänder armirt. Zum Transport der Steine wurde ein zweirädriger Wagen verwendet, dessen Räder einen Duchmesser von 7 ½ Fuss hatten, und auf deren Achse ein Krahn angebracht war, so dass der Stein am Werkplatze aufgehobeu und zwischen den Rädern hängend auf die Drehbrücke geführt werden konnte. Dort wurde nun der Wagen selbst und die Brücke so gestellt, dass der Quader über der Stelle hing, wo er versetzt werden sollte, und sodann wurde der Stein hinabgelassen. Mittels dieser Vorrichtung wurden die grössten Quadern von circa 60 Kubikfuss innerhalb 40 Minuten vom Werkplatze auf beiläufig 600 Fuss Länge bis auf die Brücke transportirt und von dort aus ordentlich versetzt.

In dieser Weise wurde auch die Untermauerung der Schienen, die Versetzung der Schienenquader, die Herstellung des Pflasters zwischen denselben, die Befestigung der fünf Schienenstränge, so wie auch noch die andern Vollendungsarbeiten vorgenommen.

Der Wagen zum Aufziehen des Schiffes, Fig. 551 e und f, Taf. XXXXVI, besteht nach der Hauptachse aus sechs eichenen Längenbalken a, woran die Zapfenlager der Rollen b befestigt sind. Zwei dieser Balken liegen in der Mitte und tragen eigentlich die Hauptlast gerade unter dem Kiele des Schiffes, wesshalb sie mit einer doppelten Reihe von Rollen versehen sind, während die andern Balken, auf jeder Seite zwei, nur die Bestimmung haben, das Schiff durch die darauf gestellten Stützen in seiner vertikalen Lage zu erhalten; sie haben daher auch um eine Reihe Rollen weniger, die überdies in grösseren Entfernungen

von einander als bei den zwei Mittelreihen angebracht sind. Jede Rollenreihe läuft auf einem Schienengeleise. Längs der Mittelschienen, zwischen den Führungen der Rollen, liegt eine Schiene mit Zähnen, in welche Sperrhaken einfallen und so das Zurücklaufen des Wagens verhindern. Diese Längenbalken sind durch Querbalken c, Fig. 551 f, verbunden, auf welchen sich Keile d verschieben lassen; diese Keile, welche mittels eines Seiles unter Wasser beweglich sind, haben Sperrhaken f, welche wohl eine Verschiebung gegen den Kiel des Schiffes, aber nicht zurück, gestatten. Zum Einfallen der Sperrhaken dienen gleichfalls gezähnte Schienen h, welche auf den Querbalken festgemacht sind. Sobald nämlich das aufzuziehende Schiff über den Mittelbalken auf den vorgerichteten Untersätzen seiner ganzen Länge nach aufsitzt, werden besagte Keile beiderseits vom Bord des Schiffes aus mittelst der bemerkten Seile an den Schiffskörper fest angezogen.

Die Kette selbst, woran der Wagen sammt dem Schiffe aufgezogen wird, besteht aus doppelten, 19 ½ Fuss (englisch) langen, runden Stangen g von 3 Zoll Durchmesser, welche in einer Kette ohne Ende l eingehängt, und sobald das Schiff um die Länge eines solchen 19 ½ Fuss langen Gliedes aufgezogen ist, einzeln bei Seite gelegt werden, wozu ein eigener Krahn angebracht ist.

Die Kette ohne Ende wird durch eine Dampfmaschine mittelst einer bedeutenden Uebertragung der Kraft in Bewegung gesetzt. Diese Maschine besteht aus einem liegenden Cylinder von 19 Zoll (englisch) im Durchmesser und 3 Fuss (englisch) Hub, ohne Condensation oder Expansion. Die Dampfspannung ist auf 2.4 Atmosphären festgesetzt, und die Dampfmaschine kann daher mit 30 effectiven Pferdekräften arbeiten. Die Kolbenstange der Maschine greift in einen Krummzapfen ein und bewegt die Welle des Schwungrades m, an welcher sich nebst einer Kuppelung n die drei Getriebe o, o′, o″ von verschiedenen Durchmessern befinden, so dass es möglich wird, eine grössere oder kleinere Kraft auf die Zugkette auszuüben.

Die Rollen am Wagen haben einen Durchmesser von 10 Zollen und deren Achsen von 2 ¼ Zollen. Es ergibt sich hieraus das Verhältniss von $^9/_4$ zu 10 oder von 9 zu 40. Nimmt man aber in Betracht, dass die Zapfenlager dieser Rollen nur unvollkommen oder gar nicht geschmiert werden können und die Reibung von Eisen auf Eisen mit $^1/_9$ an, so ergibt sich als Zugkraft zur Ueberwindung der Reibung $^9/_{40} : 9 = {}^1/_{40}$ des Gesammtgewichtes des Schiffes sammt Wagen. Hiezu kommt ferner, da die schiefe Ebene eine Steigung von 6 : 100 hat, dass zum Aufziehen des Schiffes eine Krafterforderniss von $^6/_{100}$ des Gesammtgewichtes, daher die Totalzugkraft mit $^6/_{100} + {}^1/_{40} = {}^{17}/_{200}$ des Gesammtgewichtes entfällt. Beim Slip des Lloyd ist das Gewicht des ganzen Wagens mit 2200 Zentnern angenommen. Bei einer Bewegung des Dampfkolbens von 4 Fuss Geschwindigkeit in einer Sekunde, also bei 40 Umdrehungen des Krummzapfens per Minute, hiebei den effectiven Druck auf die Kolbenfläche nach Abzug aller Verluste mit circa 35 Procenten des wirklichen Dampfdruckes, das ist zu 3000 Pfund, und den Durchmesser der Trommel sammt Kette zu 28 ½ Zoll englisch angenommen, kann die Kette je nach dem eingesetzten Getriebe eine Zugkraft von 820, 1360 und 2260 Zentnern ausüben, also noch Schiffe von 414, 766 oder auch 1355 Tonnen aufziehen. Zum Vergleich der Zugkraft auf einen Slip mit jener auf einem gewöhnlichen Stapel, der gewöhnlich $^1/_{12}$ Fall erhält, ist zu bemerken, dass die Reibung allhier zu $^1/_{12}$, daher die gesammte Zugkraft zu $^2/_{12} = {}^1/_6$ des Gewichtes angenommen wird. Wir haben jedoch früher gesehen, dass die erforderliche Zugkraft beim Slip $^{17}/_{200} = {}^1/_{12}$ beträgt, daher um die Hälfte geringer, als bei einem Stapel ist. Hiezu kommt noch der Vortheil, welcher gegenüber der Menschenkraft durch die unverhältnissmässig billigere Dampfkraft ausgeübt wird. Sämmtliche Maschinen sammt Wagen wurden von den Herren S. und H. Morton, Leith, Walk geliefert.

Zum Schlusse der Trockendocks sei noch erwähnt, dass man für Häfen, die einem grossen Fluthwechsel unterworfen sind, vorgeschlagen hat, die Docks selbst mit Landstapeln zu versehen. Dieser Gedanke, obgleich durch eine solche Anordnung die Einfettung der Gleitebahn allen Hindernissen entzogen und die Schwierigkeit in der Erhaltung des sonst immer unter Wasser oder abwechselnd in selbem befindlichen Seestapels hiemit ganz wegfällt, scheint nicht praktisch, weil hiedurch für jeden Stapel ein ganzer Dock bedingt wird, wodurch die Kosten eines Arsenals in's Unerschwingliche getrieben würden. Dieser, wie auch der Vorschlag, die Seestapel in Halbdocks zu verwandeln, ist aber aus dem Bedürfnisse entstanden, den Schiffbau im Allgemeinen möglichst im Trockenen auszuführen, ohne hiebei genöthigt zu sein, zum Ablaufen vom Stapel seine Zuflucht nehmen, oder ein Schiff über die ganze Länge der See- und Landstapeln zusammen aufschleppen zu müssen.

Schwimmende Docks.

§. 67.

Sie bestehen aus grossen, von Holz oder Eisen konstruirten Kasten, welche mit Wasser gefüllt unter das Schiff gebracht werden und durch das Auspumpen derselben sich mit dem darauf befindlichen Schiffe heben. Die Schiffe können hierauf auf diesen schwimmenden Docks entweder reparirt werden, oder man kann dieselben als Transportmittel benützen um mit Hilfe anderer Einrichtungen, wie es später beschrieben wird, Schiffe auf das Land zu ziehen. Die Erfindung der schwimmenden Docks kam von Nord-Amerika; sie wurden bis auf die allerneueste Zeit aus Holz konstruirt. Der Mangel an Steinen, dagegen ein grosser Reichthum an guten und wohlfeilen Nutzhölzern in Nord-Amerika mag wohl viel zu dieser Erfindung beigetragen haben. Die schwimmenden Docks nach dem Systeme Pestel's dienen nur dazu, um Schiffe auf ihnen zu repariren. Diese sind ganz aus Holz erbaut und wie die festen Docks mit einer Sperrung des Einlasses versehen. Nach Aufnahme des Schiffes wird der Einlass geschlossen, das Schiff wie in einem festen Dock gesetzt und das Wasser ausgepumpt.

Eine Art schwimmender Docks sind die sogenannten Sections-Docks, welche aus mehreren Abtheilungen oder Sectionen, z. B. aus neun oder zehn, bestehen. Diese Abtheilungen werden je nach der Länge des Schiffes, welches der Dock aufzunehmen hat, zusammengestossen. Jede Section für sich besteht aus einem, nach den stärksten Verhältnissen als Sprengwerk gezimmerten Kasten von 30 bis 32 Fuss Länge und von 105 Fuss Breite, d. i. der Breite des Docks. Alle neun zum Dock hinter einander zusammengestellten Sectionen bilden einen solchen von 270 bis 288 Fuss Länge. Jeder Kasten ist dicht geschlossen und kalfatert. Zu beiden Enden nach der Quere des Docks ist ein Gerüste angebracht, mittels dessen besondere hohle Kasten, die sogenannten Luftkasten, gehoben und gesenkt werden. Diese Gerüste sammt Kasten werden Endschwimmen geheissen. Ist nämlich ein Schiff in einen solchen Dock zu bringen, so werden die Kasten der Sectionen mit Wasser gefüllt und die Luftkasten aus dem Wasser gehoben. Der Dock sinkt hiebei, nämlich nach Massgabe der Füllung jener Kasten, so tief, um unter den Kiel des Schiffes, das aufgenommen werden soll, zu gelangen. Werden hierauf die Endschwimmer in Wirkung gesetzt, so erhält der Dock mehr Schwimmfähigkeit und legt sich mit seinen Dockblöcken an das Schiff an. Durch Entleerung der Kasten der Sectionen, welches durch Dampfpumpen bewirkt wird, steigen Dock und Schiff nach und nach in die Höhe und das Schiff wird wie in einer Wiege aus seinem Elemente gehoben.

Eine besondere Gattung schwimmender Docks bildet der vom Nordamerikaner John Gilbert erfundene und von ihm mit dem Namen *Balance-Dock* bezeichnete hölzerne Schwimmdock im Vereine mit einem gemauerten Bassin und am Lande hergerichteten hölzernen Schleifbahnen.

Das Eigenthümliche dieses Docksystems besteht darin, dass bei demselben der schwimmende Dock selbst nicht, wie andere Docks (z. B. wie die in Marseille und Hâvre nach dem Systeme Pestel's für die Mercantil-Marine eingerichteten) dazu dient, um unmittelbar in und auf demselben die Reparatur von Schiffen vorzunehmen, sondern im Allgemeinen nur als Transportmittel, mittels welchem reparaturbedürftige Schiffe aus dem Wasser gehoben werden, um sodann an's Land gezogen und dort reparirt zu werden, worauf dieselben wieder auf den Dock gebracht und mittels desselben flott gemacht werden.

Nachdem dieses Docksystem vom Erfinder selbst zuerst in den Häfen von Pensacola, Portsmouth und New-York der vereinigten Staaten von Nordamerika in Ausführung gebracht worden war, wurde derselbe im Jahre 1856 vom k. k. Marine-Ober-Commando nach Triest berufen, mit ihm eine Verhandlung wegen der Ausführung eines ähnlichen Balance-Docks sammt Bassin und Schleifbahnen im k. k. Kriegshafen von Pola eingeleitet, und im Februar 1857 ein definitiver Contract abgeschlossen, nach welchem Gilbert die Leitung der Ausführung der bezüglichen Arbeiten unter Haftung für den günstigen Erfolg, welcher nach der Beendigung der Bauten durch die Hebung, Anslandziehung und Wiederflottmachung eines Schrauben-Linienschiffes erster Klasse erprobt werden sollte, übernahm.

Oberstlieutenant des Genie-Stabes Freiherr von Türkheim, zu jener Zeit Chef der Abtheilung über Marine-Bauten im k. k. Marine-Ober-Commando, welcher vermöge seiner dienstlichen Stellung nicht nur genaue Kenntniss von diesem grossartigen interessanten Bau besitzt, sondern auch wesentlichen Einfluss darauf nahm, hatte mir in sehr gefälliger Weise die folgenden Mittheilungen hierüber geliefert.

Diese in der Fig. 552, Taf. XXXXVII, dargestellten Bauten des Balance-Docks wurden sofort im März 1857 begonnen, und es fand im Juni 1860 die kontraktlich bedungene Erprobung statt, welche das

vollständige Gelingen dieses grossartigen Werkes bewährte.

Fig. 552 a zeigt das ganze Docksystem in seinem Zusammenhange im Grundriss, und Fig. 552 c im Längendurchschnitte. A, Fig. 552 a, ist die Stellung des Balance-Docks ausserhalb des Bassins, wo derselbe an die vier Pfahlwerke a a, die in Fig. 552 b ersichtlich sind, mittels starker Eisenringe und vertikal durch dieselben gehobener runder Holzstämme derart befestigt wird, dass er sich in vertikaler Richtung ungehindert auf- und abbewegen, jedoch nicht vom Pfahlwerke entfernen kann. An dieser Stelle wird der Dock durch das Einpumpen von Wasser in seine hohlen Boden- und Seitenwände so tief versenkt, dass die Oberfläche der auf den Dockboden genau nach der Kiellinie des zu dockenden Schiffes vorbereitete Kielblöcken ungefähr um 1 Schuh tiefer, als die Tauchung des Schiffes beträgt, zu liegen kommt. Hierauf wird dieses letztere von seinem vorläufigen Ankerplatze vorsichtig in den Dock bugsirt und so gestellt, dass seine Kiellinie genau in die Längenachse des Docks, so wie auch der Schwerpunkt des Schiffes möglichst genau in die Längenmitte des Dockes zu stehen kommt.

Nachdem das Schiff in dieser Lage mittels Tauen und über Wasser angebrachter Stützen an den Dockwänden befestigt worden ist, wird das Auspumpen des Wassers aus den hohlen Räumen des Docks mittels der an seinen beiden Seitenwänden angebrachten Dampf-Pumpwerke begonnen und damit so lange fortgefahren, bis der Kiel des Schiffes und endlich auch die Oberfläche des Dockbodens über dem Wasserspiegel erscheint.

Wenn es möglich wäre, den Dock genau so zu konstruiren, dass sein Schwerpunkt mit dem geometrischen Schwerpunkte seiner Grundrissform genau zusammenfiele, und ferner den Schwerpunkt des Schiffes genau in dieselbe Vertikallinie mit jenem des Docks zu bringen, so müsste der Dock während seiner Auspumpung und successiven Hebung immer in vollkommen horizontaler Lage bleiben, ohne dass zu diesem Zwecke irgend eine besondere Vorrichtung nothwendig wäre. Da aber eine so genaue Vertheilung der Masse nie zu erreichen ist, so musste dem Dock eine solche Einrichtung gegeben werden, welche den Leiter der Schiffsdockungen in Stand setzt, die während der Hebung entstehenden Abweichungen von der horizontalen Lage in jedem Augenblicke auszugleichen. Diese Vorrichtung besteht darin, dass der hohle Dockboden sowohl nach seiner Längen- als Querrichtung durch mehrere vertikale wasserdichte Scheidewände in einzelne Kammern abgetheilt ist, welche durch hermetisch verschliessbare Schleussenventile sowohl unter sich, als auch mit dem äusseren Wasser und den beiden Pumpenkammern in Verbindung stehen. Alle diese Schleussenventile können mittels eiserner Stangen, welche auf dem obern Deck der Seitenwände in Schraubenspindeln enden, von da aus gehoben und gesenkt, d. h. geöffnet und geschlossen werden. — Hiedurch hat es der Dockmeister in der Hand, nach Belieben in jede einzelne Kammer mehr oder weniger Wasser ein- oder aus derselben ausströmen zu lassen, solchergestalt den Dock während der Hebung und Senkung fortwährend in horizontaler Lage zu erhalten oder zu *balanciren*; daher der Name *Balance-Dock*.

Kehren wir nun zur Beschreibung des Vorganges bei der Dockung eines Schiffes zurück. Je höher das Schiff aus dem Wasser gehoben wird, desto mehr wächst seine Tendenz, sich nach einer oder der andern Seite zu neigen, desto kräftiger muss es also gegen die Dockwände verstützt werden. Dies geschieht successiv während der Hebung theils mittels permanenter am Dock vorhandener Vorrichtungen (drehbare und zum Verlängern und Verkürzen eingerichtete horizontale Stützbalken am Obertheil der inneren Dockwände, dann Flurklötze auf dem Dockboden, welche unter Wasser unter den Schiffbauch vorgeschoben werden können), theils durch die Anbringung einfacher Stützsäulen aus starkem Tannenholz, so dass in dem Augenblicke, wo der Kiel sich über die Wasserfläche heraushebt, auch die Verstützung bereits vollständig sein muss.

Nunmehr wird der Dock durch das Ausheben der vertikalen Durchschubriegel von den Pfahlwerken befreit, vorsichtig in den Bassin B Fig. 552 a bugsirt, mit seiner Mittellinie genau in die Verlängerung einer der beiden Schleifbahnen gestellt, und endlich so viel Wasser in den hohlen Dockboden eingelassen, dass er sich auf den horizontalen Bassinboden feststellt.

C in Fig. 552 a und c zeigt den Balance-Dock in dieser Stellung, und zwar vor der linkseitigen Schleifbahn F, Fig. 552 a. Sobald nach der Einführung des Dockes in das Bassin die Ebbe eintritt, wird die Bassin-Einfahrt D durch die Einsetzung des in Fig. 552 a in punktirten Linien angedeuteten eisernen Schwimmthores geschlossen, um die Ueberfluthung der oberen Bodenfläche des Docks bei wieder eintretender Fluth zu verhindern. Das Hölzerfloss E wird dem Schwimmthor auf seiner äusseren Seite vorgelegt, um dasselbe gegen zufällige Beschädigungen

durch auf dem Meeresspiegel schwimmende Körper zu schützen.

Nunmehr werden dem Schiffe 3 Doppelreihen eichener Schleifbalken b b, und zwar eine unter dem Kiel und zwei zu beiden Seiten so unterlegt, dass dieselben die genaue Fortsetzung derjenigen Schleifbahn am Lande bilden, vor welche der Dock gestellt wurde; auf diesen Schleifbalken wird der Schlitten q Fig. 552 c (durch Fig. 554 a, b, c und d, Taf. IL, im Detail dargestellt) aus seinen einzelnen Bestandtheilen zusammengesetzt und auf dem Schlitten die sogenannte Wiege aus Holzklötzen und Tauwerk hergestellt, welche den Raum zwischen dem Schlitten und dem Bauche des Schiffes ausfüllt, sich nach der punktirten Curve n o p Fig. 552 c an denselben beiderseits des Kiels anschmiegt, und eine solide Unterstützung des Schiffes während des Anslandziehens bildet. — Während dieser zuletzt beschriebenen Operationen müssen die Kielblöcke, Flurklötze und die sonstige während der Hebung des Schiffes aus dem Wasser angebrachte provisorische Verstützung successive durch die Lösung der unterlegten Keile gelockert und entfernt werden, so dass das Schiff hiernach mit seiner ganzen Last in der Wiege und mittels dieser auf dem Schlitten ruht.

Mittlerweile ist die locomobile hydraulische Presse sammt ihrem Dampfkessel aus dem Maschinenhause G. Fig. 552 a abgeholt, und auf dem doppelten Schleifbalken i bis zur Drehscheibe h′, sodann von da auf dem mittleren Schleifbalken e der Schleifbahn F an das untere Ende dieser letzteren geschleift worden, woselbst sie in c und d Fig. 552 c festgestellt werden, indem starke eiserne Riegel sowohl durch die an den Cylinder der hydraulischen Presse beiderseits angegossenen eisernen Lappen, als auch durch die in dem mittleren Doppelschleifbalken e in je 8½ Fuss Entfernung von einer bis zur andern Seitenfläche durchgestemmten Löcher geschoben werden. — An dem 15 Zoll starken Kolben i, Fig. 552 e, der hydraulischen Presse ist der massive eiserne Klotz k befestigt, mit welchem beiderseits die starken Eisenschienen l, l fest verbunden sind, deren Enden den Kopf m des Schlittens umfassen und mit diesem ebenfalls wieder durch starke eiserne Durchschubriegel zusammengehängt sind. Auf dem horizontal liegenden Cylinder der hydraulischen Presse sind zwei vertikale Dampfcylinder aufgesetzt, deren Kolbenstangen eine in der Höhe angebrachte horizontale Welle in Rotation versetzen, welche mittels excentrischer Scheiben 5 kleine Pumpen in Betrieb setzt. Diese pumpen Wasser aus einem unter dem Dampfkessel angebrachten Reservoir in den Cylinder der hydraulischen Presse, wodurch der Kolben i sammt dem Klotze k vorwärts getrieben, und dem Beschauer das staunenerregende Schauspiel bereitet wird, den Schlitten sammt dem darauf ruhenden Schiffskolosse zwar langsam, aber mit der grössten Ruhe und Gleichförmigkeit, ohne das mindeste Geräusch auf den wohlgeschmierten Schleifbalken vorwärts gleiten zu sehen.

Sobald der Kolben um seine ganze Länge von 8½ Fuss herausgeschoben ist, wird das Einpumpen von Wasser in den Presscylinder eingestellt, und die hydraulische Presse durch das Herausziehen der Durchschubriegel von den Schleifbalken losgemacht. Hierauf wird das Pumpwerk im entgegengesetzten Sinne in Bewegung gesetzt, wobei die Einrichtung getroffen ist, dass der mit einer flachkantigen Schraube als Führungsstange versehene Kolben i sich um seine Achse dreht und wieder in den Cylinder zurücktritt, was aber, da der Kolben mit seinem vordern Ende an dem Klotze k angehängt ist, nur dadurch geschehen kann, dass er den Cylinder der hydraulischen Presse an sich zieht. Dieser rückt solchergestalt um die Kolbenlänge von 8½ Fuss, d. i. bis zum nächstfolgenden Durchschubloch der Schleifbahnen vor, wo er wieder befestigt wird. Durch das Eindringen des Kolbens in den Presscylinder ist das in demselben enthaltene Wasser wieder in den Reservoir zurückgedrängt worden, die vorbeschriebene Operation kann daher sogleich von Neuem begonnen werden, und wird so oft wiederholt, bis das Schiff den ihm bestimmten Platz auf der Schleifbahn einnimmt.

Hier wird nun die Last des Schiffes wieder von der Wiege und dem Schlitten auf eine gewöhnliche Verstützung übertragen, wodurch der Schlitten wieder zum Anslandziehen eines anderen Schiffes verfügbar wird.

Um das Schiff nach beendigter Reparatur wieder auf den Dock und mittels desselben in's Wasser zu bringen, werden genau die umgekehrten Operationen wie beim Anslandziehen vorgenommen, welche daher keiner weiteren Beschreibung mehr bedürfen.

Jede der beiden unter einander parallel, Mitte von Mitte 92 Fuss 8 Zoll von einander entfernt, angelegten Schleifbahnen F und F′ in Fig. 552 a ist lang genug, um auf derselben zwei Linienschiffe ersten Ranges hinter einander aufstellen zu können, deren Stellung in der Zeichnung mit punktirten Linien angedeutet ist. Sie bestehen aus 3 Doppelreihen starker Eichenbalken auf festen Mauerfundamenten, deren Breite und gegenseitige Entfernung jenen der

Längenhölzer des Schlittens genau entsprechen muss. Senkrecht auf die beiden äussern Schleifbalken jeder Schleifbahn sind in Entfernungen von je $5^3/_4$ zu $5^3/_4$ Fuss die Stützenfundamente r angebracht, welche als solide Basis für die Verstützung der Schiffe dienen. Nur da, wo der Terreplein des Arbeitsplatzes durch soliden Felsengrund gebildet wird, ist die Anbringung solcher Stützfundamente nicht für nothwendig erachtet worden. Der zwischen den beiden Schleifbahnen in der Mitte gelegene Längenschleifbalken g, die beiden Querschleifbahnen i und i′, und die Drehscheiben h und h′, mit welchen sich auch ein 20′ langer Theil des auf ihnen ruhenden Schleifbalkens dreht, dienen dazu, um, nachdem die rückwärtige Hälfte der Schleifbahnen bereits durch 2 aufgezogene Schiffe verstellt ist, die hydraulische Presse wieder gegen das Bassin vorführen zu können, um noch wiederholt zwei Schiffe an's Land zu schleppen.

Es können sonach mittels dieses Docksystems vier der grössten Kriegschiffe zu gleicher Zeit auf die Schleifbahnen gestellt und daselbst grösseren Reparaturen unterzogen werden, während der Balance-Dock selbst noch immer verfügbar bleibt, um Schiffe, welche nur der Reinigung von den unter Wasser angesetzten Algen und Muscheln, der Ausbesserung der Bekupferung oder sonstiger Reparaturen von geringer Dauer bedürfen oder nur besichtigt werden sollen, zu heben und in das Bassin zu bringen, wo die erwähnten Arbeiten ohne Anstand vorgenommen werden können.

Der Balance-Dock im Vereine mit dem Bassin und den Schleifbahnen leistet daher den Dienst von 5 gemauerten Trockendocks, während die Baukosten sich in Allem kaum höher als die eines Trockendocks belaufen.

Eine anderweitige Art der Benützung dieses Dock-Systems besteht darin, dass auch neue Schiffe auf den Schleifbahnen gebaut und mittels des Balance-Docks in's Wasser gebracht werden können, wobei derselbe die gewaltsame und für die riesenmässigen Schiffskörper der Neuzeit unter allen Umständen schädliche Operationen der Stapellassung erspart wird.

Nachdem nun aus der vorausgeschickten Beschreibung der Manipulation mit diesem Docksysteme der Zweck der Hauptbestandtheile desselben hinlänglich klar gemacht sein dürfte, gehen wir zur näheren Beschreibung der einzelnen Objecte, und zwar a. des hölzernen Balance-Docks, b. des Bassins und c. der Schleifbahnen über.

a. Der hölzerne Balance-Dock. Derselbe ist durch Fig. 553 a, Taf. XXXXVIII, im Grundriss, durch Fig. 553 b im Querprofil, und durch Figur 553 c, Taf. IL, im halben Längenprofil dargestellt. Er besteht aus einem 300 englische Fuss langen und 108 englische Fuss breiten und mit Innbegriff der oberen und unteren Verschalung 11 Fuss 3 Zoll hohen hohlen Boden. Auf den beiden Längeseiten sind über die ganze Länge des Bodens hohle Wände von 11 Fuss 5 Zoll äusserer Weite und 30 Fuss 8 Zoll Höhe aufgestellt, zwischen welchen die lichte Weite des Docks mit 84 Fuss 3 Zoll verbleibt. Der rechte Winkel, welchen die beiden innern Vertikalflächen der Seitenwände mit der Oberfläche des Dockbodens bilden würden, ist durch schräge Flächen abgestumpft. Die beiden kürzern Seiten des Rechteckes, welches der Dockboden bildet, sind zum Behufe der Ein- und Ausführung der Schiffe offen belassen.

In der Längenmitte der beiden hohlen Seitenwände sind zwei Dampf-Pumpwerke à 50 Pferdekräfte angebracht, deren jedes mit sechs Pumpencylindern von 2 Fuss 6 Zoll und einem von 1 Fuss 6 Zoll Weite arbeitet. Von diesen 7 Pumpencylindern stehen je 4 mit dem unteren Ende 14 Zoll hoch, die zwei nächsten gegen die Mitte zu 8 Zoll hoch, endlich der mittlere enge nur 3 Zoll hoch über der Oberfläche des unteren Dockbodens. Diese Anordnung hat den Zweck, so lange das Wasser im innern Dockraume noch hoch steht, mit den 4 äussern Cylindern, zu welchen das Wasser ungehindert zuströmt, möglichst ausgiebig pumpen zu können. Fällt dann der Wasserstand bis nahezu auf 14 Zoll, so wird nur noch mit den zwei nächsten Cylindern gearbeitet, und der kleine mittlere endlich dient dazu, um noch das letzte Wasser bis auf 3 Zoll Höhe auszupumpen. Das Getriebe der Pumpwerke, die Dampfmaschinen und die Dampfkessel stehen auf dem Oberdeck der Seitenwände, welche an dieser Stelle entsprechend verbreitert sind, und sind durch Maschinenhäuschen aus leichtem Holzwerk überdeckt.

Der Dock selbst wurde, des leichteren Bezuges der Materialien und Arbeitskräfte wegen, nicht in dem an Hilfsquellen noch armen Hafen von Pola, sondern auf der Insel San Pietro di Castello in Venedig erbaut und nach seiner Beendigung nach Pola überführt. Zu diesem Zwecke wurde eine hinlänglich geräumige und zur künftigen Stapellassung des Docks günstig beschaffene Baustelle am Ufer der genannten Insel ausgesucht, geebnet und durch aufgestellte

Stapelklötze und darüber gelegte Längenschwellen eine vollkommen horizontale Bau-Ebene in der Höhe von ungefähr 10 Fuss über dem Erdboden gebildet. Hierauf wurde nun die Balkenlage a, Fig. 553 a, und b des untern Dockbodens aus 12 Zoll im Gevierte behauenen Fichtenstämmen an einem Stirnende des Dockes zu legen begonnen und jede Reihe aus 2 bis 3 an ihren Stirnenden mittels kurzer Zapfen und Nieten verbundenen Balken gebildet. Jede folgende Reihe wurde von 2 Fuss zu 2 Fuss ihrer Länge von Aussen horizontal durchbohrt, mittels 1½ Fuss langen und 1¼ Zoll starken Holznägeln an die vorhergehende Reihe angenagelt, und so bis zum entgegengesetzten Stirnende des Dockes fortgefahren. Die Seitenflächen der Balken waren in der obern Hälfte etwas schräg behauen worden, wodurch auf der obern Seite klaffende Fugen entstanden, welche nunmehr mittels getheertem Werg und eingetriebener Holzkeile sorgfältig gedichtet wurden. Sodann wurde die Oberfläche der Balkenlage mit Theer angestrichen, was überhaupt bei allen Stoss- und Aussenflächen des sämmtlichen zum Baue des Dockes verwendeten Holzwerkes geschah, und daher weiterhin nicht mehr erwähnt werden wird.

In die Oberfläche dieser Balkenlage wurden parallel mit der Längenachse des Docks 9 doppelte Reihen $^{8}/_{10}$ zölliger Buchenhölzer b, b, Fig. 553 b, 1½ Zoll tief eingelassen, und die Zwischenfelder c mit einer Schalung aus 5 Zoll starken fest eingezwängten lerchenen Pfosten ausgefüllt, mit 10 Zoll langen Holznägeln an die Balkenlage a befestigt und auch die Stossfugen dieser zweiten Holzlage auf die vorgeschriebene Weise gedichtet (kalfatert).

Auf dieser somit hergestellten doppelten Holzunterlage wurden, Mitte von Mitte 5 englische Fuss von einander entfernt, die 60 Haupt-Gerippe des Dockbodens, bestehend aus den $^{15}/_{16}$ zölligen Unterschwellen d, den ebenso starken Oberschwellen e, den $^{15}/_{24}$ zölligen Mittelstreben f, den $^{15}/_{20}$ zölligen Seitenstreben g, endlich den $^{12}/_{12}$ zölligen Winkelstreben h und den $^{15}/_{16}$ zölligen Stützsäulen i, durchgehends aus Eichenholz bester Qualität, aufgestellt und diese Stücke sowohl unter sich, als auch mit der untern Balkenlage a, durch eine grosse Anzahl 10 bis 12 Linien starker Schraubenbolzen aus galvanisch verzinktem Eisen fest verbunden.

In der Mittellinie des Dockes, als feste Unterlage für den Kiel der zu dockenden Schiffe, wurde die vom untern bis zum obern Dockboden reichende 15 Zoll starke eichene Balkenwand n hergestellt, deren einzelne Lagen ebenfalls durch Eisenbolzen unter sich und mit dem Boden fest verbunden sind.

Zur festen Verbindung des obern mit dem untern Dockbodens ist jedes Hauptsprengwerk mit 8 durch Keile angezogenen Bändern α Fig. 553 b aus galvanisch verzinktem Eisen, deren Detail aus Fig. 553 d und e zu entnehmen ist, umschlungen, ferner sind zu diesem Zwecke beiderseits, von der Dockmitte 23 Fuss entfernt, über die untern Querschwellen d die zwei doppelten Längeschwellen p aus $^{15}/_{16}$ zölligen Eichenholz, und daselbst über die obern Querschwellen e die doppelten Längenschwellen q aus einem $^{15}/_{18}$ zölligen und einem $^{15}/_{16}$ zölligen Eichenbalken auf die ganze Länge des Docks gelegt, auf die in Fig. 553 d, e und f detaillirte Weise mit gitterartig sich kreuzenden 2½ Zoll starken Schraubbolzen aus verzinktem Eisen sammt gusseisernen Anzugsplatten fest gegen einander angezogen.

Zwischen je 2 dieser Hauptsprengwerke, welche dem Dock die erforderliche Steifheit nach der Quere zu verleihen bestimmt sind, liegt auf dem untern Dockboden noch eine schwächere Querschwelle d′, Fig. 553 c und d, aus $^{6}/_{12}$ zölligem Eichenholz flachkantig, und unter der Verschalung des obern Dockbodens eine solche e′, Fig. 553 c und d, aus $^{7}/_{12}$ zölligem Eichenholz hochkantig. Zur festen Verbindung dieser 60 Hauptgerippe unter einander nach der Länge des Docks dienen, nebst der bereits erwähnten Balkenwand n und den Längenschwellen p und q, auch noch die doppelten eichenen Längenschwellen o, o′, Fig. 553 c, am untern und die einfachen s, s′ am obern Dockboden.

Auf dem Unterschwellen d jedes zweiten Hauptgerippes ist jederseits eine $^{15}/_{16}$ zöllige lärchene Hauptsäule r, r′ der innern Seitenwände in der Art aufgezapft, dass abwechselnd je eine r mit ihrer der Dockmitte zugekehrten Ansichtsfläche in der innern Wandfläche, die folgende r′ aber um 8 Zoll weiter zurücksteht. Zwischen diesen Hauptsäulen sind unterhalb die $^{8}/_{16}$ zölligen Kreuzstreben x und oberhalb die $^{8}/_{12}$ zölligen y so eingesetzt, dass sie sich mit den Säulen r auf ihrer Rück- und mit jenen r′ auf ihrer Vorderseite bündig überplatten. Zwischen je zwei Hauptsäulen sind ferner zwei bis zum untern Dockboden herabreichende längere Zwischensäulen z, und zwei blos bis zum Knie der innern Dockwand reichende kürzere z′ aus $^{8}/_{8}$ zölligem Kieferholz aus Georgia in Nordamerika (einer Holzgattung, welche unserm einheimischen Lärchenholz an Güte gleichkommt) angebracht.

Die schrägen Träger l sammt den Stützen m

aus $^{8}/_{12}$ zölligem Georgia-Kieferholz bilden das Gerippe des schrägen Theiles der innern Dockwände, welches mittels der Spreizriegel k aus $^{10}/_{12}$ zölligem Georgia-Kieferholz gegen die Dockmitte verspreizt ist.

Die beiden äussern Seitenwände wurden einfach durch 1 Fuss 8 Zoll Mitte von Mitte entfernte Wandsäulen z'' aus $^{8}/_{12}$ zölligem Georgia-Kieferholz gebildet, welche auf der Balkenlage des untern Dockbodens aufstehen. Ganz gleich ist auch das Gerippe der beiden Stirnseiten des Docks konstruirt.

Als Längenverbindung der äussern Seitenwände dienen die beiden Sprengbogen t, welche aus 6 Lagen flachkantig übereinander gelegter und durch verzinkte Eisenbolzen fest miteinander, sowie an ihren beiderseitigen Fusspunkten mit den Längenschwellen o verbunden sind. Sie sind 2 Zoll tief in die innere Fläche der äusseren Wandsäulen eingelassen, und an diese bei jeder Kreuzung durch 6 horizontale Eisenbolzen angeschraubt.

Die beiden innern Seitenwände mit ihren Kreuzverstrebungen, sowie die beiden äussern mit ihren Bogengerüsten, bilden 4 Träger von ausserordentlichem Tragvermögen, welche dem Dock auch nach der Längenrichtung eine vollkommene Steifheit verleihen.

Die lärchenen Längenschwellen u und v, welche mittels der Spreizen w verbunden sind, befestigen die äussern und innern Seitenwände unter einander, die $^{6}/_{9}$ zölligen obern Querschwellen w' tragen die Verschalung des Oberdeckes, und die $^{8}/_{15}$ zölligen eichenen Kopfschwellen a' bilden die Krönung der äussern und innern Wandbeplankung.

Am Fusse der Aussenwand des Dockes laufen ringsum vier übereinander liegende $^{12}/_{12}$ zöllige Eichenbalken, welche auf der Balkenlage des Dockbodens aufruhen und mit diesem, als auch unter sich und mit den äussern Wandsäulen und Bodenschwellen durch eiserne Schraubenbolzen fest verbunden sind. Ueber denselben bis in das Niveau des obern Dockbodens ist die äussere Beplankung aus 6 Zoll dicken, und die ganze übrige Beplankung der äussern und innern Wände, sowie auch jene des obern Dockbodens aus 4 Zoll dick gesägtem Lärchenholz, endlich die Deckverplankung der Seitenwände aus 3 Zoll dickem Kieferholz hergestellt. Alle diese Beplankungen sind mit Holznägeln befestigt, sorgfältig kalfatert und mit Theer angestrichen.

Endlich wurde auch die untere Fläche der Balkenlage des untern Dockbodens mit einer Beplankung aus 2 ½ Zoll dicken Lärchenpfosten verkleidet, welche mittels Spickern aus Monz- (Compositions-) Metall an die Balkenlage angenagelt, kalfatert, getheert und mit einer Kupferhaut überzogen wurden, die auch auf den vier Aussenseiten des Docks bis zur Höhe von 6 Fuss über der untersten Bodenfläche (soweit nämlich der Dock ohne mit einem Schiffe belastet zu sein taucht) heraufreicht. Die Beplankung und Bekupferung der untern Bodenfläche wurden, wie sich von selbst versteht, vor der Stapellassung des Docks hergestellt. Um diese Arbeiten bewirken zu können mussten die Holzunterlagen (Stapelplatz), auf welchen der Dock während des Baues ruhte, successiv abgetragen und hinterher wieder entfernt werden.

Die Längen- und Querwände im Innern des hohlen Dockbodens sind doppelt aus 4 Zoll dicken Lärchenplanken hergestellt und von beiden Seiten wohl kalfatert. Die Richtung dieser Abtheilungswände und die Lage der in denselben angebrachten Ventilschleussen sind in der rechtseitigen Hälfte des Grundrisses Fig. 553 a angedeutet, und müssen in vollkommen symmetrischer Anordnung auch in der linken Hälfte bestehend gedacht werden. Zum bessern Verständnisse dieser Vorrichtungen möge die folgende Erklärung der Manipulation der Schleussenventile beim Senken und Heben des Docks dienen.

Um den Dock sammt einem auf demselben ruhenden Schiffe zu senken, werden die Senkungs-Ventile 1, 2 und 3, Fig. 553 a, auf jeder Seite des Docks geöffnet, wodurch das Wasser von beiden Seiten und in der Mitte des Docks einströmt. Um dasselbe nach allen Richtungen zu vertheilen, werden zuerst die Ventile A und B, dann jene C und D, und endlich jene 4, 5, 6, 7, 8 und 9 geöffnet. Das Wasser strömt nunmehr in alle getrennten Theile des Docks ein und es ist klar, dass, wenn z. B. das Senkungs-Ventil B geschlossen wird, in die vordere Hälfte des Docks nur noch durch eine Schleusse 2 Wasser einströmt, während solches der rückwärtigen Hälfte noch immer durch zwei Schleussen A und 3 zugeleitet wird, und es wird natürlich das rückwärtige Ende des Docks, welchem mehr Wasser zugeführt wird, schneller sinken als das vordere. Der umgekehrte Fall tritt ein, wenn das Ventil B wieder geöffnet und jenes A geschlossen wird. Auf diese Weise kann daher durch eine sorgfältige Handhabung dieser beiden Schleussenventile der Dock der Längenrichtung nach im Niveau erhalten werden. Um ihn über quer horizontal zu erhalten, wird mit den beiderseitigen Schleussen 1 manipulirt. Wird dasselbe nämlich auf einer Seite des Dockes geschlossen, so strömt in diese Seite weniger Wasser ein, als in die entgegengesetzte, und sie wird folglich auch weniger schnell

sinken. Es folgt hieraus, dass das Ventil 1 die Fähigkeit besitzt, den Dock während der Operation der Tauchung über Quer-schiff im Niveau zu erhalten.

Nehme man nun an, der Dock sei so tief getaucht, als sein eigenes Gewicht und der nicht getauchte Theil des Schiffes ihn hinabdrücken werden, und man habe ihn noch tiefer zu tauchen, um das Schiff flott zu machen. Vor allem Andern werden wir nun die Senkungsventile 2 und 3, Fig. 553 a, an den Enden des Docks auf beiden Seiten, sowie auch A und B schliessen und E und F öffnen, welche dazu dienen, um Wasser von den Pumpenkammern in alle Unterabtheilungen des Docks einzulassen. Die Maschinen werden dann in Bewegung gesetzt und alles Wasser, welches mittels der Pumpen durch das Senkungsventil 1 eingesogen wird, muss durch die Ventile E und F in den Dock eindringen und als Ballast wirken, um den Dock so tief zu tauchen als nothwendig sein wird, damit das Schiff flott werde.

Nachdem das Schiff flott gemacht und ein anderes in einer gehörigen Stellung in den Dock gebracht ist, um gehoben zu werden, lässt man das Wasser durch die Auslassthore 10, Fig. 553 a, ausströmen, und wenn das Ventil 1 geschlossen wird, so ist der Dock zur Hebung bereit, während alle übrigen Ventile wie zuvor offen gelassen werden. Während der Hebung wird der Dock der Länge nach mittels der Ventile A und B balancirt; durch dieselben kann mehr oder weniger Wasser aus jedem der beiden Enden ausgeschöpft werden, je nachdem die Umstände es erfordern. Das Gleichgewicht des Dockes über Querschiff wird erhalten, indem man eine der beiden Maschinen des Docks als Meister-Maschine bestimmt.

Die Maschinen des Docks sind darauf berechnet, dass sie mit 30 Umdrehungen per Minute bequem arbeiten können.

Der Director des Docks wird nun seinen Assistenten, welcher die Maschine auf der entgegengesetzten Seite von jener, welche er (der Director) selbst einzunehmen beabsichtigt, handhabt, beauftragen, die besagte Maschine mit einer Geschwindigkeit von 28 Rotationen in der Minute laufen zu lassen. Die Maschine auf derjenigen Seite des Docks, wo der Director seinen Platz genommen hat, ist sodann die Meistermaschine, denn er kann seine Maschine bis 30 Umdrehungen in der Minute machen lassen, wodurch die Seite, auf welcher er seinen Platz eingenommen hat, schneller als die entgegengesetzte Seite gehoben würde, und es folgt hieraus, dass der Director, indem er seine Maschine je nach Erforderniss der Umstände schneller oder langsamer laufen lässt, die vollkommene Controle der Lage des Docks über Querschiff in der Hand hat, und er braucht nur seine Pendel anzusehen, um jederzeit die Kenntniss von der Lage des Docks zu erlangen.

Die Ventile 11, Fig. 553 a, werden nur in dem Falle benützt, wenn besondere Schnelligkeit in der Tauchung des Docks erfordert wird, und das Ventil 12 nur im Falle, wenn die Maschine auf einer Seite des Docks untauglich, und es nothwendig wird, den Dock mit einer Maschine zu heben.

Um sich zu überzeugen, ob der in der vorbeschriebenen Gestalt von Gilbert projectirte Balance-Dock die erforderliche Tragkraft besitzen werde, um ein Linienschiff erster Klasse, dessen Gewicht, wenn es zur Dockung abgerüstet ist, mit 5300 Tonnen im Maximum angenommen wurde, heben zu können, musste zunächst eine Gewichtsberechnung des Docks selbst vorgenommen werden, wobei die verschiedenen Holzgattungen mit der mittleren proportionirten zwischen ihren spezifischen Gewichten im trockenen und im ganz durchnässten Zustande in Rechnung gebracht wurden. Denn während das Holzwerk des untern Dockbodens fortwährend ganz durchnässt bleibt, werden die obern Theile durch die momentane Senkung des Dockes zwar auch immer etwas Nässe anziehen, aber doch nur in solchem Masse, dass sie dem trockenen Zustande näher bleiben, als dem ganz durchnässten. Diese Gewichtsberechnung ergab für den Dock sammt den Pumpmaschinen, den Schleifbalken, dem Schlitten und allen sonstigen zur Manipulation erforderlichen Geräthschaften und Materialien ein Totalgewicht von . . . . 4650 Tonnen.
Hiezu das Gewicht des Wassers, welches behufs der Balancirung in einzelnen Abtheilungen des Dockbodens zurückbehalten werden muss, circa . 450 „
und das Gewicht des Schiffes . . 5300 „
Totale 10.400 Tonnen.

Das gleiche Gewicht an Seewasser wird also der Dock sammt dem darauf ruhenden Schiffe verdrängen. Da er nun aber nicht tiefer als bis zum Niveau des obern Dockbodens, also nicht tiefer als 11 Fuss 3 Zoll tauchen darf, so ergibt sich bei der Länge des Docks von 300 und seiner Breite von 108 englisch Fuss das Kubikmass seiner grössten zulässigen Wasserverdrängung mit $300 \times 108 \times 11.25 = 364500$ englische Kubikfuss, und da 34.9 englische Kubikfuss Seewasser eine Tonne wiegen, so ergibt sich das Gewicht des Wasserkörpers, welchen der Dock bei der grössten Tauchung von 11 Fuss 3 Zoll

verdrängt, folglich das Maximum seines Tragvermögens mit Einschluss des Eigengewichtes mit $\frac{364500}{39.4}$ = 10444 Tonnen.

Es zeigt sich somit nur ein äusserst geringer Ueberschuss an Tragvermögen über das strikte Erforderniss.

Das wirkliche Gewicht des fertigen Docks, nach seiner Tauchung berechnet, hat sich mit dem voraus veranschlagten beinahe genau übereinstimmend, d. h. nur sehr unbedeutend geringer gezeigt, welche Differenz somit seiner Tragkraft noch zu gut kommt.

Nachdem der Dock bis auf die innere Einrichtung fertig war, wurde er vom Stapel gelassen. Zu diesem Zwecke wurden unter den Dockboden zwischen den Stapelklötzen starke Eichenbalken mit einer Neigung von 1 Zoll auf den Fuss gegen das Ufer hin gelegt, und die so gebildete Stapel-Ebene soweit seewärts verlängert, dass ihr unteres Ende 3 Fuss tief unter dem Wasserspiegel zu liegen kam. Auf diese schiefe Ebene wurden sodann die Geleitbalken gelegt, der Dockboden auf diese fest verstützt, hierauf die Stapelklötze entfernt, und so die Stapellassung bewirkt.

Nachdem dies geschehen war, wurde der Balance-Dock durch 2 Kriegsdampfer nach Pola bugsirt, im dortigen Hafen verankert, und die letzten Arbeiten zu seiner Beendigung vorgenommen.

b. Das Bassin. Die Hauptdimensionen derselben wurden wie folgt festgesetzt: Die lichte Länge gleich der Länge des Balance-Docks mit 300 Fuss englisch oder im Wiener Mass . 289 Fuss 8 Zoll
mehr einem beiderseitigen Spielraume à 5½ Fuss . . . . . 11 „ 0 „
Zusammen 300 Fuss 3 Zoll.

Die lichte Breite, gleich der Entfernung der Mittellinie der beiden Schleifbahnen mit 92 Fuss 8 Zoll
mehr zweimal der halben, also einmal der ganzen Breite des Balance-Docks mit 108′ englisch oder in Wiener Mass . . . . . 104 „ 2 „
mehr einem beiderseitigen Spielraum à 3½ Fuss . . . . . 7 „ 0 „
Zusammen 203 Fuss 10 Zoll.

Für die Tiefe der Docksohle unter dem Niveau der tiefsten Ebbe (dem Nullpunkte) war die Anforderung massgebend, dass die Einführung eines auf dem Docke ruhenden Schiffes jeder Grösse zwar nur zur Fluthzeit, aber bei jeder, auch der niedrigsten Fluth möglich sein muss. — Aus mehrjähriger Beobachtung hat sich ergeben, dass die niedrigste im Hafen von Pola eintretende Fluth noch immer um 2 Fuss 6 Zoll Wiener Mass über das Niveau der tiefsten Ebbe ansteigt. Da nun der mit einem Linienschiffe ersten Ranges belastete Dock 11 Fuss 3 Zoll englisch oder 10 Fuss 10 Zoll Wiener Mass taucht, der untere Boden des Dockes aber, um denselben bequem in das Bassin einführen zu können, mindestens 8 Zoll hoch über der Bassin-Sohle liegen muss, so ergibt sich das Niveau der letztern mit 10 Fuss 10 Zoll + 0 Fuss 8 Zoll = 11 Fuss 6 Zoll unter dem Wasserspiegel der niedrigsten Fluth oder 11 Fuss 6 Zoll weniger 2 Fuss 6 Zoll = 9 Fuss 0 Zoll Wiener Mass unter der tiefsten Ebbe.

Die Breite des Dockthores wurde mit 120 englischen Fuss = 115 Fuss 8½ Zoll Wiener Mass festgesetzt.

Das Bassin ist in Fig. 555 a, Taf. L, im Grundriss während des Baues, in Fig. 556 a, Taf. LI, im fertigen Zustande, in Fig. 556 b, Taf. L, im Querprofil, und in Fig. 552 c, Taf. XXXXVII, im Längenprofil dargestellt.

Der Meeresgrund an der gewählten Baustelle besteht aus hartem, aber vielfach zerklüftetem Kalkstein, dessen Oberfläche vom Ufer weg sanft abfällt und mit einer Schichte aus ziemlich festem Schlamm, deren Mächtigkeit vom Ufer nach Aussen allmählig zunimmt, bedeckt ist. Da es bei der zerklüfteten Beschaffenheit des Felsbodens problematisch schien, ob die Ausschöpfung des Wassers im Innern des Bassins gelingen würde, wenn blos längs des Umfanges wasserdichte Dämme hergestellt, und hierauf der Boden durch Abgrabung auf einer und Anschüttung auf der andern Seite geebnet würde, so wurde beschlossen, das Bassin so weit gegen das tiefere Wasser hinaus zu rücken, dass die Oberfläche des Schlammgrundes innerhalb der Umfangsmauern selbst an der seichtesten Stelle noch immer mindestens 6 Fuss tief unter dem Niveau der Bassin-Sohle zu liegen kam, und sodann den Boden mit einem möglichst wasserdichten Materiale anzuschütten. Hiedurch kamen die Bassin-Umfassungsmauern mit der südöstlichen Ecke, als der seichtesten Stelle, 15 Fuss, und mit der nordwestlichen Ecke, als dem tiefsten Punkte, 38 Fuss unter das Niveau der tiefsten Ebbe zu liegen.

Die Umfassungsmauern selbst wurden unmittelbar auf der festen Schlammlage des Meeresgrundes ohne vorherige Ausbaggerung aufgeführt, und bis zum Niveau der tiefsten Ebbe (dem Nullpuncte des Pegels) aus Santorin-Béton hergestellt, welcher zwischen

Wänden aus dicht aneinander geschlagenen vierkantigen Pfählen aus weichem Holze angeschüttet wurde. Der lichte Abstand dieser Pfahlwände, d. h. die Breite des herzustellenden Santorin-Béton-Körpers, beträgt längs des auf der Nordseite des Bassins gelegenen Einfahrtsthores 26 Fuss, längs des übrigen Theiles der Nord- und eines Drittels der Westseite 20 Fuss, längs aller übrigen 15 Fuss.

Die Fig. 555 a, Taf. L, zeigt diese Pfahlwände im Zusammenhange, und die Figuren 555 b, c, d, e, f das Detail dieser Pfahlwände. Dieselben sind grösstentheils aus $^{12}/_{12}$zölligen, und nur die in geringere Wassertiefe fallenden Theile aus $^{9}/_{12}$ und $^{6}/_{12}$zölligen Pfählen hergestellt. Der durch diese Wände eingeschlossene Raum ist durch 17 Querwände in ebensoviele einzelne Caissons abgetheilt, deren jeder für sich mit Béton gefüllt wurde.

Um die Pfahlwände herstellen zu können, wurden zuerst im Innern der 15 Fuss starken Mauern zwei, in den stärkeren Mauertheilen drei Reihen Rundpfähle a in 8 bis 10 Fuss Entfernung eingerammt, und an denselben in 3½ Fuss Höhe über dem Nullpunkte die $^{12}/_{12}$zölligen Querschwellen b, Fig. 555 d und e, mittels Schraubenbolzen befestigt, sodann auf die beiden letztern die Langschwellen c und d aufgelegt, welche als Führung für die einzurammenden Wandpiloten dienten. Nachdem diese letztern eingerammt waren, wurden an den beiden äussern Wandseiten dicht über dem Wasserspiegel die Längenschwellen e angelegt, von einer Wand zur andern mittels Schraubenschliessen aus 1½zölligen Rundeisen gegen einander angezogen, und die Innenseiten der Piloten-Wände durch die Kreuzstreben f auseinander gespreizt.

Sobald je ein zwischen zwei Querwänden gelegener Theil der Pilotenwände fertig war, wurde sofort die Einfüllung des Santorin-Bétons begonnen, und möglichst rasch bis zum Niveau der tiefsten Ebbe fortgesetzt. Nur der Mauertheil, welcher die Basis der Bassin-Einfahrt bildet, wurde schon in der Tiefe von 10 Fuss unterhalb der tiefsten Ebbe ausgeglichen, und im Béton selbst der Fuss der mittleren Pilotenwand g, Fig. 555 d und e, 3 Fuss tief eingelassen, und sodann der 5 Fuss weite Raum zwischen der äussern und mittleren Pilotenwand mit Lehmerde bis über Wasser ausgefüllt, um einen Fangdamm für die Herstellung der Quader-Belegung und des Schwimmthor-Anschlages an der Sohle des Bassin-Thores zu bilden.

Vom Niveau der Ebbe aufwärts wurde sodann der innere Körper des Oberbaues der Bassin-Mauern vorläufig auf 5 Fuss Höhe aus Bruchsteinen in Santorin-Mörtel ausgeführt, um auch zur Fluthzeit das äussere Wasser vom Bassin fern zu halten. Sodann wurden die beiderseitigen Wandpfähle in der Höhe von 2 Fuss unter dem Niveau der Bassin-Sohle, die zwischen den Wänden eingerammten Rundpiloten aber dicht an der Oberfläche des Béton-Mauerwerkes abgeschnitten, das übrige Holzwerk der Formkästen abgetragen und theilweise zur weiteren Fortsetzung derselben wieder verwendet.

Jetzt konnte zur Herstellung der Bassin-Sohle geschritten werden.

Zu diesem Zwecke wurden zuerst die in Fig 556 b, Taf. L, im Querschnitt ersichtlichen Steindämme g parallel mit der Längenachse des Bassins unter Wasser so versenkt, dass ihre Krone ungefähr 5 Fuss tief unter das Niveau der Bassin-Sohle, mithin in die Cote (— 14 Fuss) zu liegen kam, der Raum zwischen diesen Dämmen wurde dann bis auf die Cote (— 15 Fuss) mit einem Gemische aus einer in der Gegend von Pola vorkommenden undurchlässigen Lehmerde und kleineren Steintrümmern ausgefüllt, und von da aufwärts eine Anschüttung aus je 7 Theilen derselben Lehmerde und einem Theil Grubenkalk, welche Mischung ein vollständig wasserdichtes Material liefert, hergestellt, und auf der Cote (— 10 Fuss) horizontal ausgeglichen.

Zugleich wurde am Fusse der Bassin-Umfassungsmauer auf deren äusserer Seite eine schräg abgeböschte Anschüttung aus den gleichen Materialien, wie Fig. 556 b zeigt, hergestellt.

Nachdem diese Arbeiten geschehen waren, wurde in der Pumpenkammer P, Fig. 556 a, eine provisorische Dampfpumpe so aufgestellt, dass ihr Saugrohr bis in die Tiefe von 3 Fuss unter der Bassin-Sohle reichte, und das Auspumpen des Wassers aus dem Bassin begonnen, wobei sich sowohl die Umfangsmauern als auch die Sohle in vollkommen hinreichendem Grade als wasserdicht bewährten.

Nachdem die Sohle durch die gänzliche Ausschöpfung des Bassins trocken gelegt war, wurde zum Einrammen der Piloten aus eichenem Rundholze in 6 dreifachen und 3 vierfachen Längenreihen mittels 5 Kunstrammen, welche durch 2 Dampfmaschinen betrieben wurden, geschritten, und auf deren Köpfe $^{12}/_{12}$zöllige Traversinen, sodann über diese die Bettungen aus 6 Zoll dicken weichen Pfosten aufgenagelt, wie aus Fig. 556 a und b zu entnehmen ist. Von 24 Fuss zu 24 Fuss Entfernung wurden fort laufende Querschwellen über die ganze Breite des Bassins gelegt, und auf diese 4 Fuss langen Pfosten-

stücke h, Fig. 556 b, zu beiden Seiten der Pfostenbettungen aufgenagelt, um diese letzteren fest zusammenzuhalten. Auf die Pfostenbettungen kamen endlich die 1 Fuss dicken Quaderbettungen i im Cementmörtel zu liegen, deren Oberfläche eine in der Cote (— 9 Fuss) liegende vollkommene Horizontal-Ebene bildet und dem im Bassin versenkten Dock zum Auflager dient. Die Zwischenfelder der Quaderbettungen wurden um einige Zolle unter der Cote (— 9 Fuss) mit Santorin-Béton muldenförmig ausgestampft, und diesen flachen Rinnen ein unbedeutender Fall von der Seite des Bassin-Thores nach jener der Schleifbahnen gegeben, wo sie mittels einer kleinen unter den Quaderbettungen durchlaufenden Querrinne unter sich und mit dem Pumpenrohre in Verbindung stehen, so dass, nachdem das Bassin bis zum Niveau der Quaderbettung entleert ist, auch noch das letzte in den Zwischenfeldern stehen gebliebene Wasser vollständig abgezogen werden kann.

Die Sohle des Bassin-Thores erhielt ebenfalls eine Belegung aus Quadersteinen mit einem 1 Fuss hohem Anschlage für den Kiel des Schwimmthores. Die Seitenwände des Einfahrtsthores sind ebenfalls aus Quadern solid aufgemauert. Sie sind vom Schwimmthor-Anschlage nach Innen vertikal, und von ebenda nach Aussen in einer der Neigung der beiden Steven des Schwimmthores entsprechenden Böschung hergestellt, längs welcher der 1 Fuss tiefe Anschlag wie an der Sohle fortgesetzt ist. Die Fig. 556 a zeigt das Bassin-Thor im Grundriss und die Fig. 552 c im Querschnitt.

Nach der Vollendung der Bassin-Sohle wurde zur Ausmauerung der Pumpenkammer P, Fig. 556 a und Fig. 557 a und b, und Montirung des permanenten Pumpwerkes geschritten. Das letztere besteht aus vier Pumpen-Cylindern von 2 Fuss 6 Zoll Weite und 8 Fuss Höhe, von deren unterem Ende 15 Zoll weite Saugröhren bis 4 Fuss tief unter das Niveau der Bassin-Sohle hinabreichen. a ist die Unterlage des Kessels, b jene der Betriebs-Dampfmaschine von 40 Pferdekräften, und c die Stuhlung für das Getriebe des Pumpwerkes. Die Maschinen-Bestandtheile selbst konnten, um eine allzugrosse Anhäufung von Details zu vermeiden, in der Zeichnung nicht dargestellt werden, sie sind jedoch von den bei Docks üblichen Pumpwerken im Wesentlichen nicht verschieden.

Gleichzeitig mit den Arbeiten an der Bassin-Sohle wurde auch die Quader-Verkleidung des Oberbaues der Bassin-Mauern und deren Bedeckung mit 8 Zoll dicken Steinplatten im Niveau von 7 Fuss 6 Zoll über Null beendigt. Die dem Bassin-Thor gegenüber liegende Bassin-Mauer, welche die Einmündung der beiden Schleifbahnen enthält, wurde im mittlern Theile in der Cote (+ 5 Fuss) 0 Zoll abgeglichen. Sie ist in Fig. 555 b in der vorderen Ansicht dargestellt.

Fig. 558 a, Taf. LI, zeigt das Schwimmthor zur Schliessung der Bassin-Einfahrt in der Seiten-Ansicht und Fig. 558 b im Querschnitt durch die Mitte. Die 3 Fuss von einander abstehenden Spanten, so wie die Träger des obern und Mitteldockes sind aus ⊤ Eisen. Zu beiden Seiten des Kiels ist jedes Gerippe durch eine 1 Fuss hohe gusseiserne Versteifungsplatte verstärkt. Der Kiel c und die beiden Steven d bestehen aus 1 Fuss hohem 1 Fuss starkem Flacheisen mit beiderseits angeschraubtem $^{12}/_{14}$zölligem Eichenholz, die Bekleidung der Seiten aus übereinander genietetem 6 Linien dickem Kesselblech. Die grösste Breite beträgt 18 Fuss, die Höhe vom Unterkiel bis auf Deck 15 ½ Fuss, die Kiellänge 122 Fuss und die Länge über Deck 128 Fuss englisch, mit welchen Dimensionen jene des Anschlages im Bassin-Thor genau übereinstimmen müssen. a, a sind zwei nur bis in's Innere des Schwimmthores reichende Schleusen, mittels welcher dasselbe mit Wasser gefüllt wird, um sich in den Anschlag des Bassin-Thores zu versenken. b, b, b sind 3 durch das ganze Schwimmthor reichende Schleusen, welche dazu dienen, um das ausgepumpte Bassin zu füllen. Alle 5 Schleusen sind 1 Fuss 6 Zoll weit, und werden vom Mitteldeck aus mittelst Schraubenventilen geöffnet und geschlossen. Um das versenkte Schwimmthor, nachdem das Bassin mit Wasser angefüllt ist, aus seiner Vertiefung zu heben, dient eine in demselben angebrachte Handpumpe von der Beschaffenheit der gewöhnlichen Schiffspumpen, mittels welcher das eingelassene Wasser wieder ausgepumpt wird.

Wie aus der Beschreibung der Manipulation bei der Dockung eines Schiffes hervorgeht, ist die gänzliche Auspumpung des Bassins für diese Operation nicht nothwendig. Hingegen muss dasselbe ausgeschöpft werden, so oft die Bassin-Sohle einer Reinigung von dem aus dem Wasser niedergeschlagenen Schlamme bedarf, oder so oft eine Visitation oder Reparatur der Bodentheile des Balance-Docks selbst nothwendig wird.

c. Die Schleifbahnen. Dieselben sind in Fig. 552 a, Taf. XXXXVII, im Grundriss, in Fig. 552 c im Längenschnitt und in Fig. 552 d im Querschnitt dargestellt. Jede derselben ist, vom innern Rande der südlichen Bassin-

Mauer bis zum andern Ende der beiden Seitenschleifbalken gerechnet, 586 Fuss 4 Zoll Wiener Mass lang. Die mittlern Schleifbalken reichen bis zu ihrem Zusammenstosse mit dem Querschleifbalken i noch um 41 Fuss 8 Zoll über die seitwärtigen hinaus, welche Theile der hydraulischen Presse den erforderlichen Raum bieten, um ein Schiff bis ganz an das Ende der Seitenschleifbalken vorzuschieben. Der mittlere Querschleifbalken i' ist 305 Fuss 6 Zoll vom Bassinrande entfernt. Die Entfernung der Mittellinien der Schleifbahnen beträgt 92 Fuss 8 Zoll Wiener Mass.

In Fig. 552 a ist die Stellung von 4 Linienschiffen, deren jedes 60 Fuss breit und über Deck 260 Fuss lang ist, auf den Schleifbahnen in punktirten Linien eingezeichnet, und es zeigt sich, dass dieselben bequem placirt werden können.

Diese Schiffsdimensionen, welche zur Zeit der Erbauung des Balance-Docks als die Dimensionen von Linienschiffen ersten Ranges angenommen waren, sind freilich, was die Länge betrifft, von mehreren Kriegsschiffen anderer Marinen bedeutend übertroffen worden; für die österreichische Marine jedoch dürften sie wohl noch für lange Zeit als das Maximum der Dimensionen neu zu bauender Kriegsschiffe zu betrachten sein, und es würden daher die Ausmassen des Balance-Docks, des Bassins und der Schleifbahnen kein Hinderniss der Benützung dieser Objecte zur Deckung der österreichischen Kriegsschiffe bilden, wenn nicht das ausserordentlich vermehrte Gewicht neuerer Kriegsschiffe in Folge ihrer Panzerung hindernd in den Weg träte.

Jede der beiden Schleifbahnen besteht aus 3 doppelten Längenreihen starker Eichenbalken, von welchen die mittlere e von $^{18}/_{18}$zölligem und die beiden 11 Fuss 1 Zoll weit von der erstern entfernten Seiten-Schleifbalken f von $^{12}/_{12}$zölligem Gevierte sind. An ihren Aussenflächen sind sie rein abgehobelt.

Die Oberfläche des Mittel-Schleifbalkens liegt mit jener der beiden Seiten-Schleifbalken genau in derselben Ebene, welche vom Bassin-Rande landeinwärts auf die ganze Länge von 586 Fuss 4 Zoll eine Steigung von 4 Fuss 4 Zoll hat. Das untere Ende der Schleifbahn-Ebene liegt in der Cote 4′ 9″ 2‴ über dem Nullpunkte, daher 13′ 9″ 2‴ über der Bassin-Sohle. Da nun der obere Boden des im Bassin versenkten Balance-Docks 11 Fuss 3 Zoll englisch oder 10 Fuss 10 Zoll 2 Linien Wiener Mass über dem Bassin-Boden liegt, so ist das untere Ende der Schleifbahnen 2 Fuss 11 Zoll über dem Dockboden gelegen, und können dieselben mit dem gleichen Falle, welchen sie am Lande haben, in den Dock hinein fortgesetzt werden, was zum Herausziehen eines Schiffes, wie schon oben bei der Beschreibung der Manipulation erwähnt wurde, unerlässlich nothwendig ist.

Die erforderliche feste Unterlage der Schleifbalken ist, da der Terreplein des ganzen Manipulationsplatzes theilweise in festen Kalkfelsen eingeschnitten, theilweise durch Auffüllung des Meeresgrundes gewonnen wurde, auf verschiedene Weise hergestellt. So weit nämlich der solide Felsboden die Bau-Ebene bildet, wie in der linken Hälfte der Schleifbahn F Fig. 552 a, wurden die Schleifbalken für die Unterlags-Quader unmittelbar auf den genau abgearbeiteten Felsboden aufgelegt. Wo hingegen der Boden angeschüttet ist, wurden Mauerfundamente hergestellt, welche unter der Ebbe-Wasserlinie aus Santorin-Gussmauerwerk und von da aufwärts aus gewöhnlichem Bruchstein-Mauerwerk in Santorinmörtel bestehen, und auf welche eine doppelte Quader-Unterlage zu liegen kam, wie in der obern Hälfte der Fig. 552 c ersichtlich ist. Von da an jedoch, wo die Tiefe der Anschüttung 7 Fuss unter dem Nullpunkte übersteigt, wurden die Fundamente pilotirt, zwischen den Köpfen eine 3 Fuss hohe Béton-Lage, und auf dieselben eine einfache Reihe 6 Fuss breiter und 2 Fuss hoher Unterlags-Quader gelegt. Diese letztere Fundirungsart ist in der untern Hälfte der Fig. 552 c im Längenschnitte, und in Fig. 552 d im Querschnitt dargestellt. Die Unterlags-Quader sind unter sich mittels Steinklammern fest verbunden, und in dieselben zu beiden Seiten der Schleifbalken aufrecht stehende starke eiserne Flachschinen eingebleit, an welche die Schleifbalken mittels durchgehender Eisenbolzen angeschraubt sind. Ausserdem sind diese Balken auch mittels der Verkröpfungen x Fig. 552 c vor dem Zurückgleiten auf den Unterlags-Quadern geschützt.

Die auf die Richtung der Schleifbahnen senkrechten Stützfundamente r, auf welche die Stützsäulen der an's Land gezogenen Schiffe zu stehen kommen, wurden ebenfalls theils aus Mauerwerk, theils aus Piloten hergestellt und mit 2 Fuss 6 Zoll breiten, 1 Fuss hohen Quaderplatten belegt.

Gegen Westen gränzt der Schleifbahnen-Platz in der ganzen Länge und gegen Osten mit einer kurzen Strecke an das Meer, und ist daselbst mit den Ufermauern y abgeschlossen.

Die Baukosten des Balance-Docks sammt dem Bassin, den Schleifbahnen, den Pump-Maschinen, dem Schwimmthor und allem Zugehör haben die Summe von ungefähr 2200000 Gulden erreicht, was nicht viel

mehr ist, als die Erbauungskosten eines einzigen Trockendockes für Linienschiffe ersten Ranges unter den für einen solchen Bau ungünstigen Bodenverhältnissen von Pola gekostet haben würde.

Da nun, wie oben erwähnt, der Balance-Dock sammt Bassin und Schleifbahnen den Dienst von 5 Trockendocks zu versehen im Stande ist, so scheint dieses Dock-System in ökonomischer Beziehung sehr vortheilhaft zu sein. Dennoch kann diese Behauptung nicht unbedingt aufgestellt werden, da zu berücksichtigen ist, dass einer der 3 Hauptbestandtheile dieses Dock-Systems, nämlich der Balance-Dock selbst, aus Holz construirt ist, daher häufige Reparaturen, und nach längstens 15 Jahren den Bau eines ganz neuen Schwimm-Docks mit dem Kosten-Aufwande von 750000 Gulden erfordert. Dieses Dock-System empfiehlt sich daher in ökonomischer Hinsicht nur da als vortheilhaft, wo fortwährend Schiffsdockungen vorgenommen werden, und somit die Gelegenheit vorhanden ist, aus dem hölzernen Schwimmdock bis zum Eintritt seiner Unbrauchbarkeit, welche auch bei noch so seltener Benützung kaum erheblich später erfolgen wird, den gehörigen Nutzen zu ziehen.

Diesem Nachtheile kann zwar dadurch begegnet werden, dass der Balance-Dock anstatt aus Holz aus Eisen construirt wird, was auch in den letzten Jahren z. B. seitens der spanischen Marine geschehen ist, welche für ihre Kriegshäfen in Ferrol und Cartagena zwei grosse eiserne Balance-Docks in England bauen liess. Diese werden ohne Zweifel von viel längerer Dauer sein, als hölzerne, aber kosten dafür auch um so viel mehr, dass es fraglich ist, ob der Bau eines Balance-Docks aus einem oder dem andern Material vortheilhafter ist.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass die Construction des Gilbert'schen hölzernen Balance-Docks für ungepanzerte Kriegsschiffe selbst der grössten Gattung, für welche er ursprünglich bestimmt war, vollkommen hinreichende Festigkeit darbietet. Bei Panzerschiffen jedoch wirkt, ausser ihrem vermehrten Gewichte an und für sich, auch noch der Umstand nachtheilig auf den Balance-Dock ein, dass das Gewicht des Panzers in einer so ungünstigen Lage, nämlich am Obertheile zu beiden Seiten des Schiffes angebracht ist, weshalb die Wände eines aus dem Wasser gehobenen Panzerschiffes ein bedeutendes Bestreben haben, nach aussen zu weichen, welchem natürlich durch eine besonders starke Verstützung gegen den schwächsten Theil des Balance-Docks, nämlich gegen seine Wände, begegnet werden muss.

Ungeachtet dessen ist der Balance-Dock in Pola zur Dockung der Panzerfregatten der österreichischen Marine schon häufig benützt worden, ohne bisher erheblichen Schaden gelitten zu haben, doch zeigt es sich, dass hiebei die Widerstandskraft des Docks schon ziemlich bis zu ihrem Maximum in Anspruch genommen wird, und dass der Balance-Dock allein dem Bedürfnisse der österreichischen Marine nicht mehr genügen wird, sobald dieselbe Panzerfregatten der grössten Gattung oder gar Panzerlinienschiffe besitzen wird, weshalb denn auch der Bau eines grossen steinernen Trockendocks im Hafen von Pola bereits begonnen wurde.

In der Industrie-Ausstellung des Jahres 1862 zu London befand sich ein Modell eines Dockungs-Systems in Verbindung mit schwimmenden Reparatur-Docks von G. Renie et Sohn ausgestellt. Dieses in Fig. 549 a, Taf. XXXXII, im Grundrisse dargestellte System ist nichts anderes, als Gilbert's Balance-Dock in Verbindung mit einem Bassin und Schleifbahnen, mit dem einzigen Unterschiede, dass Renie's Balance-Dock anstatt aus Holz aus Eisen construirt ist.

Herr Renie, welcher für das in Pola erbaute Bassin des Gilbert'schen Docks das eiserne Schwimmthor geliefert, und aus diesem Anlasse sich nach Pola begeben hat, scheint diese Gelegenheit benützt zu haben, um das Gilbert'sche Dock-System zu studiren und sich dasselbe in England patentiren zu lassen. Er hat auch zwei grosse eiserne Balance-Docks für die spanische Regierung geliefert, und zwar einen nach Cartagena, den andern nach Ferrol. Die Hauptdimensionen dieser beiden eisernen Balance-Docks sind beiläufig folgende:

Dock für Cartagena.

Länge	320 Fuss,
Breite	105 „
Höhe des hohlen Dockbodens . .	11½ „
Höhe der hohlen Seitenwände über dem Dockboden	36 „
Breite der Seitenwände	11½ „

Dock für Ferrol.

Länge	350 Fuss,
Breite	105 „
Höhe des hohlen Dockbodens . .	12½ „
Höhe der hohlen Seitenwände . .	40 „
Breite der Seitenwände	12½ Fs.

Die in Fig. 549 a dargestellte Grundriss-Skizze des Bassins sammt den drei fächerartig gestellten Schleifbahnen zeigt das Arrangement, welches zur

Manipulation des Balance-Docks in Cartagena ausgeführt wurde.

Fig. 549 b und c zeigt ein Querprofil und einen Theil des Längenprofiles des Docksgerippes von Ferrol skizzirt, welches auf allen Seiten mit Kesselblech verschalt ist. Die Figuren 549 d und e zeigen die Eisenblech-Profile.

In den 3 Vertikal-Ebenen B B laufen dichte Blechwände durch die ganze Länge des hohlen Dockbodens fort und theilen denselben in 4 separirte Caissons. Diese sind wieder durch zwei querlaufende Abtheilungswände in je 3 Kammern getheilt, so dass also der ganze Dockboden aus 12 getrennten Kammern besteht, deren jede mittels der beiderseits in den hohlen Wänden angebrachten Dampfpumpen und eines Systemes von Schleusenklappen, ganz so, wie es bei dem Balance-Dock zu Pola der Fall ist, für sich entleert oder gefüllt werden kann. Durch das Einlassen oder Auspumpen von mehr oder weniger Wasser in den verschiedenen Kammern wird der Dock während der Operation stets in horizontaler Lage erhalten (balancirt). Auch die beiden Pumpwerke sind im Wesentlichen ebenso construirt und in der Mitte der beiden hohlen Seitenwände angebracht, wie bei dem Balance-Dock in Pola. Auf der Oberfläche des hohlen Dockbodens liegen über jedem Hauptgerippe des Docks, d. h. 5 Fuss von einander entfernt, starke eichene Querhölzer, und auf diesen in der Mitte Kielblöcke, zu beiden Seiten aber Längenschwellen, welche, wenn der Dock auf den Boden des Bassins versenkt ist, die genaue Fortsetzung der Schleifbahnen am Lande bilden. Auf sie wird der Schlitten gelegt, welcher die Schiffe an's Land holt.

Aus allen diesen Andeutungen geht hervor, dass Renie's Schwimmdock nichts Anderes ist, als Gilbert's Balance-Dock, von der Holzconstruction in die Eisenconstruction übersetzt.

Die Detail-Construction der einzelnen Bestandtheile ist insoferne zweckmässig, als der ganze Bau aus den einfachsten Materialien zusammengesetzt ist. Kesselbleche ⊤ Eisen von zwei verschiedenen, und Winkeleisen von einem Querschnitte sind, nebst den Nieten, alle Eisensorten, welche zu diesem Baue verwendet wurden. Hiedurch vereinfacht sich natürlich die Zubereitung des Materials ungemein, und wird die Vollendung des Baues in kürzester Zeit ermöglicht, was auch das Hauptaugenmerk des Constructeurs gewesen zu sein scheint.

Durch die Erfindung dieser schwimmenden Docks ist eine neue Bahn gebrochen und dem Schiffbau die bis vor ganz kurzer Zeit ungekannte Möglichkeit verschafft, die grössten Schiffe auf dem Lande unter Dächern ganz im Trockenen mit Leichtigkeit aufzubewahren, wie dies für Wagen in Remisen oder für Waaren in Magazinen geschieht. Die Aufbewahrung der Schiffe konnte bisher nur unter gedeckten Schiffsbehältern oder Hangards, in Venedig Cantieri aquatici genannt, also mit dem lebendigen Werk im und mit dem Todtwerke ausser Wasser bewerkstelliget werden. —

Docks, um mit Hilfe hydraulischer Pressen Schiffe vertikal aus dem Wasser zu heben.

§. 68.

Hiezu gehören die sogenannten *Schraubendocks* (screw-dock). Sie sind eine Erfindung Nordamerika's, wo sie auch allein Anwendung fanden. Sie bestehen aus vier parallelen Pfahlreihen, in denen die Pfähle etwa 3 Fuss von Mitte zu Mitte von einander entfernt sind. Je zwei dieser Pfahlreihen sind nahe bei einander geschlagen und bilden eine Doppelreihe, *die* mit Holmen versehen und durch Schrägbänder gegen den Längsschub verstrebt ist. Die Doppelreihen bilden die Seiten des Docks und stehen um etwas mehr als Schiffsbreite von einander. Auf den beiden Holmen jeder Doppelreihe sind eiserne Schienen befestigt, und auf diesen sind zwei fest mit einander verbundene, den Holmen gleiche und ihrer Lage entsprechende Hölzer auf untergelegten Rollen verschiebbar. Zwischen den Holmen jeder Doppelreihe und ebenso zwischen den Längsbalken der verschiebbaren Holzverbindung liegen in Entfernungen von ungefähr 3 Fuss starke eiserne Rollen, deren Zapfenlager in die Holme und Längsbalken eingelassen sind. Hinter jeder Rolle der oberen Holzverbindung ist eine starke Schraubenmutter befestigt, und in dieser eine Schraube drehbar, von deren Kopf eine Kette über die nächste obere und die darunter befindliche Rolle zwischen den Holmen herabhängt. Diese Ketten können demnach auf doppelte Weise aufwärts gezogen werden: einmal, indem man die Schraube tiefer in die feste Mutter schraubt, wobei die Lage der oberen Holzverbindung unverändert bleibt, dann aber durch Verschieben dieser Holzverbindung auf den Holmen, wodurch die correspondirenden Rollen von einander entfernt und alle Ketten gleichmässig aufwärts gezogen werden. Quer durch den Dock von einer Doppel-Pfahlreihe zur andern liegen Querbalken, auf denen Schienen befestigt und keilförmige Blöcke durch Zugleinen bewegbar sind. An die Enden dieser Querbalken,

welche durch ihr Gewicht sinken, sind die Enden der herabhängenden Ketten befestigt, und die Balken werden daher mit den Ketten gleichzeitig gehoben und gesenkt. Nachdem ein Schiff über die hinabgesenkten Balken gebracht ist, werden die einzelnen Ketten durch das Umdrehen der Schrauben so angezogen, dass der Schiffskiel in seiner ganzen Länge durch die Querbalken gleichmässig unterstützt ist. Dieses vorbereitende Manöver ist nöthig, weil das Verhältniss des Tiefgangs des hintern und vordern Theils bei Schiffen verschiedener Bauart sehr verschieden, weil der Kiel bald gerade, bald mehr oder weniger gekrümmt ist. Nachdem also der Kiel auf allen Querbalken feststeht, werden die keilförmigen Blöcke unter den Boden des Schiffes gepresst, welches dadurch gegen das Umfallen gesichert wird, und nun wird die Kraft angebracht, welche die auf den Schienen der Holme rollende Holzverbindung gleichzeitig auf beiden Seiten des Docks vorwärts bewegt. Die Bewegung wird durch hydraulische Pressen von grosser Stärke hervorgebracht, welche eine Dampfmaschine in Thätigkeit setzt. Das Schiff wird in dem Masse, wie sich die Holzverbindung auf den Holmen verschiebt, vertikal gehoben.

Eine neue Art von Docks dieser Gattung, das ist, um die Schiffe vertikal aus dem Wasser zu heben, befindet sich in den Victoria-Docks in London und hat sich als sehr zweckmässig bewährt.

Diese in den Fig. 559 a, b, c, d, e, f und g, Taf. LII und LIII, dargestellte und von Clark erfundene Vorrichtung scheint beim ersten Anblicke complicirt zu sein, ist aber im Grunde genommen, wie es die folgende Beschreibung zeigen wird, einfach. Dieser Dock würde sich überhaupt am Besten für eine Handels-Dock-Gesellschaft eignen, welche eine grosse Anzahl von Schiffen in möglichst kurzer Zeit und mit möglichst geringen Kosten zu docken hat.

Das Haupt-Element besteht aus einer, aus mehreren cylindrischen Theilen zusammengesetzten hohlen Säule A B von $1._{22}$ Meter Durchmesser aus Eisen, Fig. 559 d und f; die Zahl und Länge dieser Theile wird derart bestimmt, dass die Fabrikation derselben erleichtert werde. Man hat darin in B eine mit der Säule verschmolzene, auf ihre Achse senkrechte Scheidewand angebracht, welche in ihrer Mitte eine runde, $0._{46}$ Meter im Durchmesser haltende Oeffnung hat. Die Höhe dieser Scheidewand oberhalb des Grundes beträgt hier $8._{53}$ Meter; die Tiefe des im Grunde versenkten Theiles der Röhre hängt von der Bodenbeschaffenheit ab. Diese Säule wird in Meeren, die keinem oder nur einem geringen Fluthwechsel unterworfen sind, im Inneren eines Hafens, hingegen in Meeren, wo dieses nicht der Fall ist, in einem tragfähigen Bassin in den Grund versenkt. Ihre Versenkung bewerkstelligt sich in jeder Bodengattung ohne Schwierigkeit, und wenn dieses in einfacherer Weise nicht geht, so kann es mit Hilfe comprimirter Luft geschehen, wie wir es bei den Fundirungen kennen gelernt haben. Die Säule ist im Innern mit einem starken, hohlen Cylinder, dem Hebe-Cylinder, versehen, welcher mit seinem unteren Theile in einem gusseisernen Schuhe steht, der wieder seinerseits auf dem Béton aufliegt, womit der im Grunde befindliche Theil der Säule, nach Ausbaggerung derselben in ihrem Innern, ausgefüllt ist. Dieser Hebe-Cylinder greift ferner oben durch die Oeffnung der erwähnten Scheidewand B durch und wird hiedurch in unverrückbarer vertikaler Lage gehalten.

Solchergestalt ist der erste Theil der Säule, nämlich derjenige, welcher mit seiner Basis in den Boden gelagert ist und mit seinem Kopfe die Oberfläche des Wassers berührt. Die Wassertiefe an der Stelle, an welcher diese Säule versenkt wird, muss eine solche sein, dass sie dem Tiefgange des auszubessernden Schiffes, mehr der Höhe des Pontons und der des armirten Querbalkens, der beschrieben wird, entspricht.

Der zweite Theil B C, d. i. die Verlängerung der eben beschriebenen Säule, ist aus zwei fast halbcylindrischen Theilen zusammengesetzt, welche durch einen vertikalen Zwischenraum von 6 bis 7 Centimeter von einander getrennt sind, der zum Auf- und Abbewegen des eisernen Armes oder Querriegels E F, Fig. 559 d, dient. Beide Theile dieser verlängerten Säule sind mit ihrer Basis mit der unteren Säule und mit einander sowohl in ihrer Basis, wie auch in ihrem obersten Theile verbunden, so dass sie genau die Verlängerung der unteren vorher beschriebenen Säule bilden und das Ganze eine einzige Säule zu sein scheint. Der grosse Querriegel E F aus Flacheisen ist mit zwei Ansätzen G und H versehen, welche ihn verhindern, in der Richtung E F auszuweichen. Mit seinem unteren Theile ist der Querriegel an einem vollen Cylinder (dem Kolben) befestigt, dessen Durchmesser etwas geringer ist, als der des in der unteren Säule befindlichen hohlen Cylinders, in welchem er sich genau vertikal wie eine Klinge in ihrer Scheide bewegen kann, sich selbst in dem Ringe J einen gewissen Spielraum bewahrend. Der als Stopfbüchse dienende Raum K K ist, wie Fig. 559 g im Detail zeigt, mit einem umgelegten Leder, welches im Schnitte die Form eines Hufeisens erhält, ausgefüllt. Das

Wasser, welches in D zwischen den beiden Lappen des Leders, d. i. zwischen den beiden Hälften des Hufeisens, eindringt, drückt dieselben gegen die Nachbarwände und bewirkt die Dichtigkeit um so vollständiger, als der Druck grösser wird.

Der volle Cylinder, den wir so eben beschrieben, ist nichts anderes als ein Kolben, auf dessen unterer Fläche der Wasserdruck, der die Kraft ihn zu heben ausübt, thätig ist. Das Wasser hiezu kann entweder von unten eingeführt werden, oder bei M, Fig. 559 d und g, Taf. LII und LIII, wozu man zur Hereinleitung desselben die Cylinder anbohrt. In letzterem Falle ist die Oeffnung im Cylinder stets zur Hand des Mechanikers und des Arbeiters, eben so auch das Speiserohr, um Ausbesserungen daran vornehmen zu können. Um an letzterem Beschädigungen überhaupt, besonders aber während der Apparat in Thätigkeit ist, folgenlos zu machen, gibt man auch zwei Speise- und Leitröhren, welche sich nach Willkür ersetzen lassen.

Das Wasser, welches mittels einer Druckpumpe in M eingeführt wird, wirkt unmittelbar in N unter dem Kolben, Fig. 559 d, Taf. LIII, und zwingt ihn aufzusteigen. Schliesst man nun die Verbindung des Kolbens mit der Druckpumpe ab und öffnet jene gleichfalls bei M befindliche mit der freien Luft, so entweicht das Wasser und der Kolben senkt sich.

Der Bewegung des Steigens und Fallens, welcher der Kolben folgt, unterliegt auch der Querriegel E F, welcher an seinen beiden Enden Gabeln und Gestänge E O und F P, Fig. 559 d trägt, die an ihren Enden O und P, das eine Ende B des armirten Querbalkens aus Eisenblech B B′ Fig. 559 f halten. Das andere Ende B′ dieses Querbalkens B B′ hängt an einer genau gleichen Säule, deren Beschreibung wir soeben gegeben haben. Es ist daher augenscheinlich, dass, indem man die Säule A′ B′ C′, Fig. 559 f, mit derselben Druckpumpe in Verbindung bringt, das Ende B′ des Querbalkens mit dem Ende B zu gleicher Zeit steigen wird, und wenn B das eine der beiden Enden schneller als das andere B′ steigen sollte, so genügt es, die Verbindung in M Fig. 559 d nach Umständen ganz oder etwas zu schliessen, um das Gleichgewicht des Querbalkens B B′ herzustellen, und ebenso umgekehrt.

Aus solchen Säulen sind zwei Reihen errichtet, wobei zwei und zwei Säulen im richtigen Verhältnisse zu einander aufgestellt sein müssen, Fig. 559 a, b und c. — Jedes Säulenpaar erhält einen armirten Querbalken, wie wir ihn so eben beschrieben, und alle diese armirten Querbalken müssen in gleicher Tiefe, und zwar 0.30 Meter unter der Oberfläche des Wassers, und wagrecht hängen. Sodann bringt man einen Ponton mit flachem Boden A B C D von 0.25 bis 0.30 Meter Tiefgang zwischen die beiden Säulenreihen, öffnet nun am Ponton angebrachte Ventile oder Schützen und lässt denselben auf die Querbalken aufsitzen. Alle Säulen einer und derselben Reihe sind auf ihren oberen Enden, wie Fig. 559 b zeigt, durch eine Brücke unter einander verbunden. Da dieselben mit ihrer Basis in den Grund eingelagert und in ihrer Höhe durch die Brücke mit einander vereinigt sind, so erhalten sie eine grosse Stabilität, und ihre unverrückbare vertikale Lage ist um so sicherer, als die Kraft, der sie zu widerstehen haben, nur nach der Achsenrichtung, d. h. vertikal, wirkt. Der Ponton muss derart die ganze Breite des Zwischenraumes der beiden Säulenreihen haben, dass sein Gewicht ganz nahe an den Hängegabeln selbst wirke, so dass die armirten Querbalken auf die Säulen nur drückend wirken und keinen wagrechten Zug ausüben, der das Gleichgewicht der Säulenreihen stören könnte.

Der Ponton hat übrigens die Länge im Verhältniss zur Classe der auszubessernden Schiffe. Sein Hauptgerippe besteht aus drei gleichweit von einander entfernten Längenbalken, die durch eine grosse Menge von Querbalken in ⊤Form verbunden sind. Die Rechnung der Widerstandsfähigkeit gibt die Anzahl und die Stärke der Querbalken im Verhältniss zu dem Gewichte und zu der Classe des aufzuziehenden Schiffes. Die nähere Beschreibung der Pontons mit ihren Ventilen oder Schützen wird hier übergangen.

Die Dampfmaschine, welche die Druckpumpen spielen lässt, wird je nach der Oertlichkeit, über welche man verfügt, aufgestellt. Es wird gut sein, sie derart zu stellen, wie es auf dem Situationsplane angegeben ist, Fig. 559 h. Zwischen der Dampfmaschine und den Säulenreihen befindet sich die Kammer der Hähne. In London befindet sich letztere nicht in der in der Figur angedeuteten Lage, sondern rechts von den Säulenreihen; die Wasserleitungsröhren daselbst sind über das Bassin geführt und verstellen dasselbe, was ein Uebelstand bei den Reparaturen ist. Die Kammer der Hähne enthält drei Gruppen: die weissen, rothen und blauen Hähne. Sechzehn weisse Hähne gehören zu den acht ersten Säulenpaaren, acht rothe Hähne zu den acht rechts befindlichen Säulen der zweiten acht Säulenpaare, und acht blaue Hähne zu diesen acht links befindlichen Säulen. Jeder Hahn wird durch einen eigenen Schlüssel geregelt, und wenn alle diese besonderen

Schlüssel offen sind, so wird eine jede Gruppe durch einen Hauptschlüssel geregelt. Man kann in einer Gruppe einige besondere Schlüssel befestigen, und diese folgen dem Hauptschlüssel der Gruppe nicht, denn dieser wirkt nur auf die offengelassenen Hähne. Ein einziger Mechaniker behandelt mit grosser Leichtigkeit alle diese Schlüssel und Hähne. Die Leitungsröhren sind ausserdem gegen die Gewalt der Druckpumpe, welche durch die Dampfmaschine hervorgebracht wird, durch eben so viele Sicherheits-Ventile gesichert, als es Hähne-Gruppen gibt. Diese Ventile sind gewöhnliche, sehr gut angebrachte Pumpenklappen.

In dem in Fig. 559 b und e dargestellten Falle hat der zu der Schiffsklasse angepasste Ponton nicht die ganze Länge der Vorrichtung, demnach hält man die vier ersten Hähne der weissen Gruppe geschlossen, ebenso den 7ten und 8ten Hahn der beiden Gruppen Roth und Blau. Die Säulen, welche zu ihnen gehören, dessgleichen ihre Querbalken, sind für diese Verrichtung ausser Spiel und in keiner Thätigkeit.

Es wurde gesagt, dass der Ponton in der Nähe der Wasseroberfläche auf den armirten Querbalken aufsitzend gemacht werde. Um den Ponton nun sinken zu machen, öffnet man die Hähne der drei Gruppen, die mit der freien Luft in Verbindung stehen. Das Oeffnen der Hähne geschieht mittelst Hebel in der Art, wie man sie zum Halten oder Rückwärtsbewegen in den Maschinen der Dampfschiffe anwendet. Das Wasser der Säulen entweicht, der Ponton senkt sich, indem er sich durch die Ventile mit Wasser anfüllt. Wenn er nahe an den Grund versenkt ist, berichtigt man durch eigene angebrachte Zeichen sein Gleichgewicht. Die drei Hähne-Gruppen bilden ein Dreieck, folglich kann man den Ponton immer genau in's Gleichgewicht setzen.

Nun lässt man das Schiff zwischen die beiden Säulenreihen einfahren, indem man es ohne Schwierigkeit in die Mitte mittels Taue zieht, die um Theile des Vorder- und Hinterstevens geschlungen werden. Sodann befestigt man es genügend mit Ankertauen und öffnet hierauf die drei Haupthähne der drei Gruppen. Der Ponton steigt nun, in zwei bis drei Minuten berührt er den Kiel des Schiffes und hebt dieses. Wenn das Schiff 15 Centimeter hervortaucht, schliesst man die Hähne, überzeugt sich, dass es vertikal steht, oder, wenn dieses nicht der Fall ist, berichtigt man das allenfalls Nöthige und stützt es ab. Das Stützen geschieht einfach und rasch. Halbe Stapelblöcke werden auf die Deckhölzer des Pontons gestellt und jeder solche, in der Fig. 559 c abgebildet, stemmt sich mit seinem unteren Theile gegen das Deckholz; indem man den Stapelblock mit einer einfachen leichten Kette von der andern Bordseite anzieht, stützt er sich gegen die Schiffseite. Um sein Zurückweichen zu verhindern, hat jeder Stapelblock ein Gesperre. Alle halben Stapelblöcke sind in wenigen Momenten gestellt. Das Schiff ruht mit seinem Kiele auf dem Längenbalken der Achse des Pontons, stützt seine Wände auf die halben Stapelblöcke gegen die queren Deckhölzer und ist vor der Hand genügend gesichert. Man öffnet nun wieder die drei Hähne der drei Gruppen, und das Schiff steigt.

Ein Schiff mit den Dimensionen, wie jenes in Fig. 559 b abgebildet ist, wird in einer Viertelstunde gehoben. Zwei Stunden sind für die vollständige Hebung und Verrichtung der geschilderten Vorbereitungen nöthig. Man braucht hiezu für grössere Schiffe 3 Stunden. In den ersten drei Jahren, in welchen der Hebe-Apparat in Thätigkeit war, wurden 450 Schiffe gehoben und ausgebessert oder besichtigt. Schiffe, die blos besichtigt werden, um ihren Zustand kennen zu lernen, werden mit diesem gewiss praktischen Apparat in einigen Stunden mit einer Auslage an Kohlen, welche der Aufwand einer Dampfmaschine von 50 Pferdekräften bei einer Thätigkeit von drei Stunden erfordert, gehoben und versenkt. In einem Trockendock würde diese Verrichtung viel länger dauern. Soll das zu hebende Schiff nicht gleich wieder in das Wasser gelassen, sondern, was gewöhnlich der Fall ist, ausgebessert werden, so setzt man die Operation des Hebens so lange fort, bis auch der Ponton aus dem Wasser hervorragt, und dieser wird durch die Ventile oder Schützen entleert. Ist der Ponton aufgetaucht, so schliesst man die Klappen und öffnet Hähne des Apparats, welche mit der freien Luft in Verbindung stehen. Der Ponton senkt sich durch die Last des Schiffes wieder, jedoch nur bis zu einer gewissen Tiefe, und da er sich aber diesmal nicht füllt, so bleibt er mit dem auf seinem Oberdeck befindlichen Schiffe schwimmend.

Wäre das Schiff nicht genau auf die Achse des Pontons gestellt, oder nicht vollkommen vertikal gestützt, so müsste sich der Ponson gegen Steuerbord oder Backbord neigen, und wäre die Neigung eine grössere, so könnte die ganze Vorrichtung gefährdet werden. Damit der Ponton in einer vollkommen horizontalen Lage bleibe, ist es nöthig, dass die aus der Mitte des Schwerpunktes des Schiffes nach abwärts gezogene Vertikale in die Mitte seiner Axe falle, da alle Theile seiner Construction beinahe sym-

metrisch sind. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, so wird sich der Ponton auf jene Seite senken, wo sich der Schwerpunkt befindet. Um nun in solchen Fällen das Gleichgewicht herzustellen, lässt man in jene Theile des Pontons, welche sich zu heben anschicken, etwas Wasser hinein. Es ist dieses der schon erwähnte analoge Vorgang, um den Balance-Dock in's Gleichgewicht zu stellen. Zu diesem Zwecke kann der Ponton in sehr viele Fächer sowohl durch seine drei Längenbalken, wie auch durch seine zahlreicheu Querbalken eingetheilt werden.

Wenn das Gleichgewicht hergestellt ist, so wird der Ponton mit dem darauf befindlichen Schiffe aus der Mitte der Säulenreihen bugsirt und in ein kleines Bassin von 2 Meter Tiefe eingeführt, wo er sich in beinahe gleicher Höhe mit dem umgebenden Boden der Werfte oder der Schiffsbauplätze, welche hiezu hergerichtet sind, befindet. Hier dem Luftzuge ausgesetzt, trocknet das Schiff leicht und das zur Reparatur bestimmte Holz und Eisen braucht nicht so beschwerlich, wie in einem gewöhnlichen Trockendock, beigeschleppt zu werden, was ein grosser Zeitgewinn ist.

Wenn das Stützen mit halben Stapelblöcken nicht ausreicht, so verstärkt man es durch andere Stützen, wie es in der Fig. 559 c angegeben ist. Diese Bassins zur Aufnahme solcher Docks müssen gegen den Wellenschlag vollkommen geschützt sein, damit der Ponton weder schaukle, noch irgendwo anstosse.

Die Brücke, welche die Verbindung einer und derselben Säulenreihe bildet, ist mit einem Schienengeleise und einem Laufkrahne versehen, welcher dazu dient, die schadhaft gewordenen armirten Querbalken und Kolben zu heben. In den ersten drei Jahren, während welcher der Apparat in Thätigkeit war, wurde keine Ausbesserung an denselben nothwendig.

Die Dampfmaschine treibt 12 Druckpumpen, jede mit dem Durchmesser von $0.^{0476}$ Meter. Ihr Flächeninhalt zusammen beträgt $0.^{02127}$ Quadratmeter. Die Oberfläche der 32 zugleich arbeitenden Kolben der Hebe-Cylinder ist $1.^{6213}$ Quadratmeter. Wenn wir den auf die erste Oberfläche ausgeübten Druck mit p und jenen auf die zweite mit P benennen, so erhalten wir

$$\frac{P}{p} = \frac{1.^{6213}}{0.^{02127}} = 76.$$

Folglich wenn p = 50 Pferdekräften zu 200 Kilogramm-Meter ist, so wird P = 3800 Pferdekräften von 200 Kilogramm-Meter sein, das heisst, es wird eine Fähigkeit von 760 Tonnen zu 1000 Kilogrammen vorstellen. Wenn man statt 12 Druckpumpen nur 6 in Bewegung setzt, so erhält man 1520 Tonnen, und wenn man nur eine in Bewegung setzt, so wird man 9120 Tonnen heben können. Der Reibung wegen muss man diese Ziffer dem berichtigenden Coefficienten $0.^{80}$ anpassen, was die letztere Anzahl auf 7296 Tonnen vermindert.

Es wurde schon ein Schiff mit 2500 Tonnen gehoben, und man behauptet, dass noch schwerere gehoben werden können. Bei so schweren Schiffen lässt man anfänglich 12 Pumpen wirken, und wenn das Schiff schon beträchtlich hervorgetaucht ist, sperrt man einige ab und lässt weniger in Bewegung.

Die Hebungsschnelligkeit wird ermittelt:

$$\frac{0.^{02127}\ \text{Meter}}{1.^{6213}\ \text{Meter}} = \frac{v}{V} \text{ woraus}$$

$$V = \frac{v \times 1.^{62130}}{0.^{02127}} = \frac{v \times 162.^{130}}{2.^{127}}$$

Angenommen, das Schiff wird in einer halben Stunde oder in 1800 Sekunden gehoben, so wird, da die Steigung aufwärts 8 Meter beträgt, die Schnelligkeit $v = 0.^{0044}$ Meter. Daraus wird der Werth von V erlangt.

$$V = \frac{0.^{0044}\ \text{Meter} \times 162.^{130}}{2.^{127}} = 0.^{34}\ \text{Meter}$$

in der Sekunde, wenn 12 Pumpen in Thätigkeit sind.

Man kann den Kolben der kleinen Pumpen auch eine grössere Schnelligkeit geben. Die Hebung eines Dreimasters von 500 Tonnen wurde auch schon in einer Viertelstunde vollbracht.

Es erscheint die Frage natürlich, warum dieser Hebe-Apparat Clark's überhaupt Anwendung finde, und warum man mit dem Ponton dieses Ingenieurs nicht einen Versuch macht, das Wasser aus demselben auszupumpen, oder es durch gepresste Luft zu entfernen, ein Vorgehen, das allein dem Ponton hinlängliche Kraft geben würde, das Schiff zu heben. Dies wäre aber das schon erwähnte System der amerikanischen Balance-Docks; nur hat man das Mittel noch nicht gefunden, den Ponton während er entwässert wird und herauftaucht, im Gleichgewichte zu erhalten, man müsste denn an seinen Seiten wie bei dem beschriebenen Balance-Dock Wände so hoch anbringen, dass sie über die Wasserfläche selbst dann noch hervorragen, wenn der Ponton aufgesessen ist.

Die Frage, welcher der beschriebenen Docks den Vorzug verdient, lässt sich ebenso wenig allgemein entscheiden, als dies bei andern technischen Fragen der Fall ist; nur bei genauer Kenntniss der Lokalität, der Material- und Arbeitspreise kann in jedem besonderen Falle für die eine oder andere Art entschieden werden. Wo der Fluthwechsel bedeutend,

der Baugrund nicht gar zu schlecht ist, da mag dem festen Trockendock der Vorzug zu geben sein, da ein solcher die wenigsten Reparaturen erfordert. Ist der Fluthwechsel gering, so können die Kosten des Wasserschöpfens, und ist der Baugrund schlecht, die Kosten der ersten Anlage leicht andere Einrichtungen empfehlenswerther machen.

Der Kriegshafen.

§. 69.

Der Kriegshafen dient zur Unterbringung, zur Ausrüstung und zum Baue der Kriegsschiffe. Fast bei allen Handelshäfen lässt sich nachweisen, dass die Ursache ihrer Entstehung eine zufällige war, dass zuweilen einzelne Fischer den ersten Anlass hiezu gaben, und dass durch Kunst und Zeit oft ungünstig gelegenen Handelsplätzen eine grosse Wichtigkeit und Bedeutung gegeben wurde. Bei den Kriegshäfen ist dies aber selten oder nie der Fall, weil bei deren Anlage fast immer die Absicht und der Zweck derselben vorgewaltet haben. — Die Kriegshäfen mit ihren Arsenalen schaffen und erhalten die Flotten; sie müssen demnach eine diesem Zwecke entsprechende Anlage und innere Einrichtung, wie auch hinlänglichen Schutz gegen Angriffe, sowohl von der Land-, vorzugsweise aber von der Seeseite haben, indem die Vernichtung der Flotte, so wie des Materials eines Kriegsarsenals jedesmal eine Hauptaufgabe des Feindes sein wird. Die Art und Weise der Sicherung gegen Angriffe gehört in das Gebiet der Fortifikation.

Ein Kriegshafen soll nie mit einem Handelshafen an derselben Stelle vereinigt sein, wie wir es z. B. in Neapel, Genua, Cherbourg und Toulon sehen, indem es schon wegen der Erhaltung der Disciplin der Mannschaft und der Sicherung der grossen Massen werthvollen Materials geboten ist, eine vollständige Trennung dieser beiden Häfen vorzunehmen. Bei Anlage eines Kriegshafens müssen die strategischen, nautischen und taktischen Beziehungen genau in Rechnung gezogen werden. In Cherbourg, dessen Lage England gegenüber an der Nordspitze der in den Canal la Manche hereinragenden Halbinsel Cotentin als Kriegshafen ebenso strategisch, wie als Handelshafen geographisch günstig ist, musste, weil die offene Rhede den Kriegshafen taktisch und den Handelshafen nautisch gefährdet, der schon erwähnte unter Ludwig XVI. begonnene Damm, welcher enorme Summen verschlungen hat, hergestellt werden. Cherbourg liegt aber der sehr stark befestigten englischen Insel Alderney in der Flanke; kein Schiff kann aus Cherbourg heraus, ohne von jener englischen Schildwache entdeckt zu werden; denn selbst nur mit Kreuzerschiffen besetzt, wird Alderney stets als ein vortrefflicher Avisoposten, mittels submariner Telegraphen, die südlichen Flottenstationen Englands vor allen feindlichen Absichten rechtzeitig unterrichten. Diese Insel bildet wieder als Flankenstellung mit Plymouth das strategische Gegengewicht für Cherbourg.

Ein Kriegshafen muss bei allen Wasserständen zugänglich sein; sollte jedoch der innere Theil als Dockhafen hergestellt und durch Schleusen abgesperrt werden, so müssen diese dergestalt liegen, dass sie von den feindlichen Geschossen nicht erreicht werden, weil sonst der Zweck der Schleuse wie auch des Dockhafens vereitelt werden könnte.

Eine ringsum von fortifikatorischen Anlagen umgebene geräumige Rhede ist für einen Kriegshafen vom höchsten Werthe, indem diese als Sammelplatz eines Geschwaders oder einer Flotte als Ankerplatz aller Transport- und Trainschiffe dient. Man kann sodann den günstigen Zeitpunkt zum Auslaufen der Schiffe abwarten, wodurch die Wirksamk it der Action bedeutend erhöht wird, und bei einer Rückkehr in den Hafen finden die Schiffe sogleich Schutz. Gewöhnlich werden auf einer Rhede alle Bootübungen, alle kleineren taktisch-nautischen Exercitien und das Scheibenschiessen vorgenommen. Die beste Lage eines Kriegshafens ist daher in Meeresbuchten, die zwischen Felsufer sich mit hinreichender Tiefe so weit in das Land hineinziehen, dass durch fortifikatorische Anlagen zu beiden Seiten das Einlaufen feindlicher Schiffe vereitelt werden kann. Beinahe bei sämmtlichen englischen Kriegshäfen, dann bei Brest, Toulon, Pola ist dieses der Fall.

Das Arsenal eines Kriegshafens ist sowohl in baulicher, technischer, mechanischer, als auch in administrativer Beziehung ein viel und weit verzweigter, höchst complicirter Organismus.

In den Heften des k. k. Genie-Comite's vom Jahre 1857 sind auch über die Anlage von Arsenalen für die Kriegsmarine vortreffliche Aufsätze von dem schon genannten Herrn General Möring geliefert worden, von denen wir das Nachfolgende, wie auch das Project einer Arsenal-Anlage folgen lassen.

In einem solchen Arsenale schlagen viele Handwerker ihren Sitz auf, indem es von der Jolle bis zum Linienschiffe alle Fahrzeuge der Kriegsmarine, auch Geschütze und alle Waffen der Bemannungen erzeugt; nicht selten sind grossartige Anstalten, wie zu Plymouth und Brest, für die Bereitung der Lebens-

mittel, und kolossale Magazine für ihre Aufbewahrung damit vereinigt. Alle diese Räumlichkeiten und Anstalten müssen aber derart gelegen sein, dass ihre Benützung nicht nur ohne gegenseitige Störung, sondern auch möglichst bequem erfolgen kann. Ein Theil des Kriegshafens, d. i. sein vorderer Theil, hat die Bestimmung, die ausgerüsteten und zum Auslaufen bereiten Schiffe aufzunehmen. Ein anderer Theil des Hafens ist für die Ab- und Ausrüstung, wie für die Aufbewahrung der Schiffe bestimmt; in unmittelbarer Nähe desselben müssen sich die hiezu nothwendigen sonstigen und Proviant-Magazine befinden. Auf einer entgegengesetzten Seite des Arsenals und bei einem Dockhafen in einem besondern, am hinteren Theile gelegenen Bassin befinden sich die Anstalten zum Neubau, wie auch zur Reparatur der Schiffe, als: die Werften mit ihren Stapeln, die Trockendocks, die Holzvorräthe, die Magazine der Rohstoffe und die verschiedenen mechanischen Werkstätten. An passenden Orten müssen Gräben für die Aufbewahrung der Masten vorhanden sein. Theer- und Pulvermagazine, Seilspinnereien, Kommandanten-Gebäude, Kanzleien für die Beamten und dergl. müssen ihre zweckentsprechenden Plätze haben. Kasernen und Spitäler legt man ausserhalb des mit einer Mauer ringsum abgeschlossenen Arsenals. Diese Mauer soll in ihren Brechungen mit Rondellen für Geschütze zur Flankenbestreichung versehen und mit einer breiten Circumvallationsstrasse umgeben sein. In der Nähe eines Arsenals sollen in einer Entfernung von 500 Schritten keine Civilbauten geduldet werden. Durch solche Anordnungen wird die Ueberwachung von Aussen erleichtert, der nöthige Schutz gegen Handstreiche erlangt und jene Freiheit gewonnen, welche für die erforderliche Luft-Circulation zur bessern Erhaltung der Arsenal-Vorräthe so unbedingt nothwendig ist.

Betrachtet man die Arsenale der alten und neuen Welt, so werden wir höchst selten Anlagen finden, die aus einem Gusse, unter Festhaltung eines leitenden Gedankens, entstanden wären. Die Noth oder das jeweilige Bedürfniss des Staates oder der Drang der Umstände haben aus den meisten Arsenalen unter beengten Formen und oft widerstreitender Disposition der Objekte das gemacht, was sie jetzt sind: nämlich ein Gemisch von Altem und Neuem, welches den Stempel verschiedener Jahrhunderte an sich trägt. So z. B. erfuhr das Arsenal zu Venedig seit seiner Gründung im Jahre 1104 (Darsena dell' Arsenale vecchio) im Ganzen sieben Vergrösserungen; die erste 1303 und 1304 durch Zugabe der einen Hälfte, des sogenannten Lago di San Daniele; 1325 die zweite durch Beifügung der andern Hälfte hievon, die jetzt zusammen die Darsena dell' Arsenale nuovo bilden; die dritte 1474 durch die Darsena nuovissima grande und die Darsena nuovissimetta; die vierte 1539 durch die Vasca della galeazze; die fünfte 1584 durch den Kanal delle galeazze; die sechste 1810 durch den Vorplatz und die Kirche St. Celestia; die siebente endlich 1823 und 1824 durch Hinzugabe des zwischen der sechsten und der vierten Vergrösserung gelegenen Terrains.

Nur die neueren Anlagen in den amerikanischen Vereinsstaaten, dann jene in England zu Chatham, Sheerness, Deptford und Pembroke, in Frankreich zu Cherbourg und Toulon, so wie jene Hollands in Surabaja auf der Insel Java und die Anlagen zu Antwerpen stimmen mit den Anforderungen der Gegenwart, den Blick auf die Zukunft gerichtet, überein.

Der bei einer Arsenal-Anlage festzuhaltende Hauptgrundsatz ist die Einhaltung des Ganzen und die Harmonie aller Theile, das wechselseitige Ineinandergreifen und die Unterstützung derselben, damit bei dem geringsten Aufwand an Zeit die angemessene geringste Kraft den grössten Nutzeffekt gewähre. Maschinen werden sonach wo möglich die Handarbeit zu ersetzen haben. Nur auf diese Weise wird Zeit-, Kraft- und Material-Verbrauch für jede Erzeugung geregelt, wird der Arsenal-Betrieb ein erspriesslicher werden, wobei Betrug und Unterschleife hintan gehalten werden können. Und wie nun bei jeder Grossfabrikation die Theilung der Arbeit unter einheitlicher Verwaltung und unter einheitlicher Benützung der bewegenden Kraft auf einheitlichem Raume die Hauptbedingung zur Verminderung der Regiekosten und desshalb zur wohlfeilern Erzeugung bildet, so darf auch in dem Arsenale keine Trennung stattfinden, es darf z. B. nicht ein Bau- und ein Ausrüstungs-Arsenal für sich, es darf keines von dem andern in verschiedenen Lokalitäten getrennt bestehen. Zeit verloren ist hier Geld verloren, da jede Hin- und Herschlepperei der Arbeiter und des Materiales Kräfte fordert, die der Arbeit selbst entzogen werden. Ihre Theilung muss daher eine solche sein, dass jede Erzeugung aus nächster Nähe das zukömmliche Rohmaterial erhalte, dass dessen Bearbeitung am Orte der Erzeugung ermöglicht und begünstigt werde, und dass alle Dotirungen mit fertigen Erzeugnissen an der Stelle ihrer Aufbewahrung und ebenso deren Rückgabe an die Aufbewahrungsorte ohne Umwege Platz greifen könne.

Bei den älteren Arsenalen werden wir jedoch in dieser Hinsicht gewahr, dass — aus Ursache des für

ihre erste Anlage, im Verhältnisse zu den damaligen Anforderungen der Zeit gewählten und demnach beschränkten Uferraumes — die Anordnung der inneren Gebäude sich in die Tiefe erstreckt, was viele Unbequemlichkeiten zur Folge haben und Störungen des Dienstes erzeugen musste. Statt dieser typisch gewordenen Massenstellung, die in Venedig z. B. fast ein Rechteck unter mehreren ein- und ausgehenden Winkeln von circa 270 Klaftern Länge und 245 Klaftern Breite, daher eine Gesammtoberfläche von nicht mehr als 66.000 Quadratklaftern darstellt, ist die Stellung in entwickelter Linie als zweckmässiger zu wählen. Dieser Idee gemäss sind alle Gebäude mit der Fronte gegen die See, oder in geringer Entfernung von dieser in zweiter Linie zu placiren. Pembrocke, die neueste Schöpfung Englands, ist ein Muster für Arsenalbauten, welches das Princip der Anlage in developpirten Linien darstellt. — Von dem Stande der Flotte und der ihr zu gebenden Entwicklung in der Zukunft wird es abhängen, wie die Grösse und Ausdehnung des Planums, aller Anstalten und Gebäude für ein Arsenal zu bemessen ist. So z. B. dürfte einer Marine von 6 Linienschiffen, 12 schweren und 12 leichten Fregatten nach dem Propeller-Systeme, als Hauptkraft ihrer Seegeltung, ein Flächenraum von 180000 bis 200000 Quadratklaftern genügen. Hievon entfielen circa 95000 Quadratklafter auf den Arsenalhafen und annähernd 100000 auf das Planum unter Zugabe aller Dämme und Grundmauern für die Schiffsbehälter. Gegen 42000 Quadratklafter des Landraumes würden gedeckt sein; 2 Trockendocks, 1 Morton-Slip und 5 Schiffswerften sammt Stapel, mit Holzmagazinen für ungefähr 1200000 Kubikfuss Schiffsbauholz, würden für alle Bau- und Reparaturbedürfnisse, 4 Linienschiffs- und 10 Fregatten-Hangards für die Anforderungen der Aufbewahrung und Erhaltung hinreichen. Denn es darf angenommen werden, dass von den Linienschiffen eines im activen Dienst, eines in Bereitschaft und vier in Abtakelung, von den Fregatten hingegen acht im Dienst, acht in Bereitschaft und acht in Abtakelung gehalten werden; so dass noch zwei Fregatten-Hangards nebst dem in den andern Hangards allenfalls noch übrigen Raum zur Aufbewahrung der Nebenschiffe der Flotte verwendet werden können; davon abgesehen, dass 3 bis 5 der grössten Schiffe in Reparatur in den Docks und auf den Werften stehen, die zu Grunde gegangen, aber stets durch neue — 2 bis 3 der Zahl nach — zu ersetzen sein werden. Die mittlere Dauer eines Schiffes kann man zu 19 bis 22 Jahren rechnen.

Zur besseren Darstellung dieser Anordnungsweise hat Herr General Möring die in der Figur 560, Taf. LIX, dargestellte Skizze einer projektirten, äusserst zweckmässigen Arsenal-Anlage für Meere, die keinem oder nur einem geringen Fluthwechsel unterworfen sind, gegeben. In dieser Skizze zerfallen die zugehörigen Gebäude ihrer Bestimmung nach in zwei grosse Gruppen, wovon die eine westliche zum Neubau und zur Reparatur der Schiffe, die andere östliche zu deren Aufbewahrung, Aus- und Abrüstung bestimmt ist. Docks und Werften sind hiebei von Süden nach Norden gegen die See gerichtet. Der äusserste linke (westliche) Flügel mit seinem grossen Binnenhafen ist hiebei für das Dampfmaschinen-Etablissement, die Schmiede- und Schlosserarbeiten des Arsenals, der anstossende Ufertheil für die zwei Docks, die Schiffs- und Bootwerften sammt den zugehörigen Werkstätten bestimmt. An die Bootwerften schliesst sich, durch die vorgebaute mittlere Gruppe der Hangards gebildet, ein Hafen für Holzschiffe an, aus welchem das Schiffsbauholz unmittelbar in die Holzmagazine gebracht werden kann. Neben den Hangards, rechts am Ufer, liegt die Werkstätte und das Depot für die Masten, von wo sie gleich unter den auf einem Thurme aufgestellten grossen Mastenkrahn geschwemmt werden, um ihr Einsetzen in die aus den Docks oder Werften an den 40 Klafter breiten und 54 Klafter langen Bemastungs- und Ausrüstungs-Molo gebrachten Schiffe zu bewirken. Die mittleren Hangards bilden mit jenem Molo einen zweiten grossen Binnenhafen, indessen rechts vom besagten Molo ein dritter und dann eine 100 Klafter lange Uferstrecke vorhanden ist, an deren Kaimauern, so wie an jenen des zweiten Hafens die Aus- und Abrüstungs-Magazine, dann hinter selben die Rohmaterial- und seitwärts die General-Magazine stehen, welch' letztere nämlich die in die Ausrüstungs-Magazine nicht übergangenen, sondern in Reserve verbleibenden Artikel der Arsenal-Erzeugung aufzunehmen haben. Den rechten oder östlichen Flügel bildet der Artilleriepark mit seinen Werkstätten und Magazinen. Er hat seinen eigenen Binnenhafen, der gegen die See durch zwei Gruppen Hangards und einen Damm abgeschlossen wird, welcher die östliche jener Gruppen mit der Arsenal-Ufermauer vor den Rohmaterial- und General-Magazinen verbindet. Dieser Damm ist mit einer Durchfahrt und Drehbrücke versehen, um mit Lichterschiffen durchzukommen und so den Kriegsfahrzeugen ihre Geschütze zuzuführen. Die Arsenal-Werkstätten für den Schiffsbau liegen unmittelbar hinter den Werften und Magazinen, die Seilerwerk-

stätte am rechten Flügel des Arsenales in der Nähe der Rohmaterial- und Ausrüstungs-Magazine. Demnach stellen sich nachfolgende Gebäude, ihren Nummern folgend, vom linken gegen den rechten Flügel vorgehend, dar:

1. Schlagwerk zum Zertrümmern alten Gusseisens und der Gussflossen.

2. Eisen- und Metallgiesserei, mit Flamm-Kuppel und Tiegel-Oefen.

3. Depot für Formsand.

4. Depot für Requisiten.

5. Hand-Magazine für Steinkohlen zum Arsenalbedarf.

6. Depot für Kessel und Maschinen.

7. Montirungs-Gebäude Nr. 5, 6 und 7 am Ufer des Binnenhafens liegend.

8. Kessel-, Kupfer-, Kombüsen- und Wasserkisten-Schmiede.

9. Grobschmiede mit zwei Dampfhämmern, um Anker und Ankerketten zu erzeugen, mit einer Ankerketten-Probe und aller Einrichtung zur Ausführung der Arsenal-Schmiedearbeiten.

10. Abort.

11. Schlosser- und Metallarbeit-Werkstätte.

12. Magazine auf 120000 Kubikfuss Holz.

13. Magazine für Kupfer, Eisen und sonstige Metalle.

14. Westlicher Dock.

15. Oestlicher Dock.

16. Gedeckte Schiffswerften mit fünf Stapeln und einem Morton-Aufschlepp.

17. Gedeckte Zimmerplätze hinter den Werften.

18. Dampfmaschinen-Gebäude für die Dockpumpen, mit einer Maschine von 100 Pferdekräften.

19. Magazine auf 250000 Kubikfuss Schiffsbauholz.

20. Dampfsägemühle mit Tischlerei und Holzdreherei.

21. Magazine auf 400000 Kubikfuss Holz.

22. Bootwerfte und Bootdepot.

23. Abort.

24. Böttcher-Block- und Ruderschneide-Werkstätte, die Blockdreherei nach dem Muster der von Brunel im Arsenale zu Woolwich aufgestellten.

25. Magazin auf 115000 Kubikfuss Holz.

26. Mastenwerkstätte sammt Depot.

27. Mittlere Gruppe der gedeckten Hangards, mit der Einfahrt nach Osten gewendet.

28. Mastenthurm und Krahn zum Einsetzen der Masten.

29. Segel- und Flaggenerzeugungs-Werkstätte sammt Depot; Lederarbeiter-, Anstreicher-, Maler- und Spengler-Werkstätten.

30. Schiffsbau- und Maschinen-Lehrlingsschule mit Chablonen- und Modellensaal, Malboden, Modellen-, Tischler-, Bildhauer- und Boussolenmacher-Werkstätten.

31. Abrüstungs-Magazine.

32. Ausrüstungs-Magazine.

33. Schiemanns-Werkstätte und Brahebank.

34. und 35. Arsenal-Commando- und Intendanz-Gebäude, mit Flaggenthurm, Arsenaluhr und den sämmtlichen Arsenal-Commando-, Intendanz- und den übrigen Kanzleien für die Schiffbau-, die Maschinen-, die Artillerie- und die Marinebau-Direction, nebst Wachstube, Arsenalwächter-Wohnungen und Lokalitäten für die verschiedenen Arsenal-Inspektoren bei Tag und Nacht, so wie für die Feuerwache.

36. Ausrüstungs-Magazine.

37. Takelwerkstätte.

38. Abrüstungs-Magazine.

39. Arsenal-Mauth, zur Controle, Visitirung und Revidirung, Platz- oder Bestimmungs-Anweisung, Abwägung, Evidenzhaltung und Registrirung aller in das Arsenal gelangenden und aus selbem ausgehenden Artikel und Gegenstände.

40. Rohmaterials-Magagine.

41. Seilerei.

42. Hanfspinnerei und Hechelei.

43. Theerküche.

44. Abort.

45. General-Magazine.

46. Zwei Gruppen gedeckter Schiffsbehälter.

47. Wachhäuser an den Schlussdämmen.

48. Wachhaus an der nordwestlichen Ecke der mittleren Schiffsbehälter-Gruppe.

49. Artilleriezeug-Verwaltungsgebäude mit den zugehörigen Kanzleien.

50. } 51. } 52. } Artilleriematerials-Magazine.

53. Artillerie-Werkstättengebäude zur Erzeugung der Laffetten und der Holzbestandtheile der Waffen, mit Einrichtung zum Abdrehen der Gewehrschäfte und Ausschneiden des Raumes für die Gewehrschlösser durch Maschinen, nach dem Muster der zu Harper's Ferry in den Vereinigten Staaten bestehenden.

54. Artillerie-Schmiede-, Schlosser- und Büchsenmacher-Werkstätten.

55. Abort.

56. Handwaffen-Depot und Artillerie-Museum.

57. Brunnen, die durch eine Wasserleitung

gespeist werden. Zweckmässig ist es, dem Wasser eine entsprechende Druckhöhe zu verschaffen, um es in alle Gebäude, Magazine und Werkstätten zu leiten und es auch als bewegende Kraft der hydraulischen Krahne zu benützen, welche an den Kaimauern aufgestellt werden.

58. Geschütz- und Kugel-Garten.

59. Thorhalle des Haupteinganges.

60. Eingang in das Artillerie - Arsenal sammt Wachstube.

a b c d e ist das natürliche Ufer.

Bei diesem Projecte ist der Selbsterzeugung der Marine-Geschütze und Munition seitens der Marine-Artillerie keine Rechnung getragen.

Schliesslich wolle aus der vorliegenden Beschreibung entnommen werden:

a) dass in einem Arsenale zwei grosse Hauptgruppen bestehen, in welchen die zur Erfüllung der Zwecke einer Marine, als: zur Neuerzeugung, Reparatur, Erhaltung, Aus- und Abrüstung nebst Aufbewahrung erforderlichen Objecte längs der Kaimauern disponirt sind, an welchen das schwimmende Schiff in der stufenweisen Ordnung seines Bedarfs an Zu- und Ausrüstungs-Gegenständen vom Maste an bis zum Signalspiele fortbewegt, und in gleichem Mass das abzurüstende vor oder in die Nähe der betreffenden Magazine gelegt wird, bis jenes aus dem Hafen läuft, dieses aber in seinem Hangard Schutz gegen die Witterung findet.

b) Dass die zugehörigen Werkstätten und Magazine hinter und in der Nähe der betreffenden Gruppen liegen.

c) Dass den Docks, um keine faule Luft zu erzeugen, eine freie, offene, sonnige Lage gegeben wurde, und

d) Dass die allgemeine Vertheilung der Gebäude so getroffen ist, um ein harmonisch geregeltes, dienstlich und technisch gegliedertes Ganze zu bilden. Ein System von Eisenbahnen mit Drehscheiben und Ausweichen durchzieht das ganze Arsenal und verbindet die Werkstätten mit den Werften, den Magazinen und den Aus- und Einlade-Plätzen.

Sollten bei dem erwähnten Stande der Flotte einige Panzerschiffe gefordert werden, so werden sich die Fregatten oder Linienschiffe der Flotte um die Anzahl der Panzerschiffe vermindern und die Anlage der in einem Arsenale nothwendigen Bauten würde in diesem Falle gegenüber dem vorerwähnten nur wenige Aenderungen erfahren. Einige vielleicht nur provisorisch herzustellende Bauten müssen allerdings noch errichtet werden, während einige der beschriebenen nur andere Bestimmungen erhalten würden.

Die Fig. 561 a, Taf. LIV, zeigt den Plan des Kriegshafens von Cherbourg und seiner gesicherten Rhede.

Der Gedanke, ein grosses Militärmarine-Etablissement im Kanal la Manche zu gründen, in welchem die französischen Flotten Schutz gegen Stürme und gegen Angriffe eines stärkeren Feindes finden und in welchem zugleich die nöthigen Ausbesserungen, wie auch der Neubau der Schiffe vorgenommen werden kann, stammte aus dem Jahre 1665. Besonders machte sich aber ein solches Bedürfniss nach dem für die Franzosen verderblichen Seekampfe am Vorgebirge de la Hogue im Jahre 1692 fühlbar. Längs der ganzen französischen Küste zwischen Dünkirchen und Brest, d. i. auf einer Strecke von 60 deutschen Meilen Länge, gab es keinen Hafen, in den grössere Schiffe bei jedem Wasserstande einlaufen und wo sie bei Stürmen sicher liegen konnten. Dieser Mangel war in Kriegszeiten um so fülbarer, als an der gegenüberliegenden englischen Küste sich mehrere sehr geschützte und gesicherte Buchten befanden, in denen die Kriegsschiffe die günstige Gelegenheit zum Auslaufen abwarten konnten, während die französichen Schiffe allen Zufälligkeiten des Angriffes und der Witterung ausgesetzt waren. Ludwig XVI. beschäftigte sich nach Ratifikation des Friedensschlusses vom Jahre 1780 ernstlich mit der Ausführung eines solchen Hafen-Projectes und wählte zu diesem Zwecke die Bucht von Cherbourg, indem diese sich hiezu mehr eignete, als die ebenfalls vorgeschlagene Bucht de la Hogue.

Die Bucht von Cherbourg liegt an dem nordöstlichen Theile der Halbinsel Cotentin und wird durch die Einweichung der See in das Land gebildet, die sich an dieser Küste zwischen der Spitze von Querqueville, Fig. 561 a, Taf. LIV, westlich und den Felsen der Insel Pelée östlich befindet. Die Entfernung zwischen diesen zwei Punkten beträgt 7017 Meter und die grösste Breite zwischen dieser Linie und dem Gestade ist ungefähr 3398 Meter. Diese Rhede war aber offen und nur von den sie umgebenden Höhen zum Theile gegen Südwinde geschützt; gänzlich unbedeckt war sie gegen die Nord-Westnordwest- und Ost-Nordostwinde, die in diesen Gegenden die stärksten Bewegungen des Meeres veranlassen.

Um nun die Rhede gegen den Wellenschlag zu sichern, wurde der riesige Wellenbrecher, dessen Beschreibung folgen wird, hergestellt.

Der Bau des Kriegshafens selbst ist eine Schöpfung

der Neuzeit und wurde erst unter Napoleon I. begonnen. Das Terrain ist felsig.

I. ist der Vorhafen,

II. das ältere daneben befindliche Bassin, der nördliche Flotthafen,

III. das neuere Bassin, der westliche Flotthafen; dieses heisst das Bassin Napoleon;

IV. und V. zwei kleinere Hafenbassins, welche einen eigenen Vorhafen haben und die nicht nur von den kleineren Fahrzeugen der Kriegsmarine benützt werden, sondern vielmehr von anderen Schiffen, welche ihr Materialien zuführen. An diesen Bassins befinden sich Aufschleppen zum Gebrauche von Booten und kleineren Fahrzeugen.

Der Vorhafen hat eine Tiefe von 30 Fuss unter dem kleinsten Wasserstande; demnach können die grössten Schiffe zu jeder Zeit einlaufen. In dem an den Vorhafen anschliessenden Theile der Rhede ist die Tiefe noch etwas geringer, aber mittels Sprengungen ist man bemüht, auch hier die nothwendige Tiefe zu erlangen. — Die Hafenköpfe, so wie sämmtliche Kais haben eine Höhe von 3 Meter über die Aequinoctial-Springfluthen. — Mittels eines kolossalen Fangdammes wurde der Vorhafen vorn abgeschlossen und die Vertiefung wurde durch Sprengung bewirkt. — Der Vorhafen ist bei 900 Fuss lang und bei 760 Fuss breit. Seine Umfassungsmauern sind von der Sohle gemessen 57 Fuss hoch. Die Hafeneinfahrt ist an der engsten Stelle 200 Fuss weit.

Das nördliche Bassin wurde in gleicher Weise wie der Vorhafen, und auf gleiche Tiefe mit diesem vertieft. Es ist 940 Fuss lang und 695 Fuss breit; mit dem Vorhafen ist es durch eine 60 Fuss weite Schleuse in Verbindung, welche durch zwei Paar nach entgegengesetzter Richtung angebrachte Stemmthore geschlossen werden kann.

Das westliche Bassin, das Bassin Napoleon, wurde erst im Jahre 1858 beendet; es hat 690 Fuss Breite und bei 1100 Fuss Länge. Eine über 80 Fuss breite Schleuse verbindet es mit dem Vorhafen, und eine etwas wenig breitere mit dem nördlichen Bassin.

In Folgendem ist die Bezeichnung der verschiedenen Gebäude angegeben:

A ist der Arsenal-Eingang mit obligaten Gensdarmerie- und Portiers-Lokalen.

B ist ein Lebensmittel-Depot sammt Bäckerei.

C ist ein 900 Fuss langes, 102 Fuss breites Depotgebäude mit gemauerten Pfeilern, sonst durchgehends aus Holz gebaut, die hölzernen Zwischenwände sind zum Oeffnen eingerichtet. In demselben ist nebst den Holzdepots auch die Tischlerei mit verschiedenen Dampf-Säge- und Hobel-Maschinen, die Bootswerkstätte und das Hofboot-Depot untergebracht.

D Kanzlei-Gebäude.

E General-Magazin, 2 Stock hoch, der Hof mit Glas eingedeckt und vorn mit Eisengitter geschlossen.

F Ausrüstungs-Direction mit ihren Werkstätten und Magazinen.

G Mastenkrahn.

H Mastenholz-Bassin.

J Mastenwerkstätte, 300 Fuss lang, 66 Fuss breit, ein Stock hoch.

J′ Masten-Depot. Der freie Raum zwischen beiden letzteren Gebäuden wird der ganzen Breite nach durch eine Rampe (Stapel) zum Aufschleppen der Mastenhölzer eingenommen. Rückwärts befindet sich eine Schmiede zur Bereifung der Masten.

K ist das Zeughaus oder Departement der Artillerie-Direction.

L Maschinen-Werkstätten in einem sehr langen Gebäude. In der Mitte desselben befindet sich die Betriebs-Maschine; auf einer Seite derselben sind die Werkstätten für Handarbeit und auf der andern Seite die Hilfsmaschinen, als: Dreh-, Bohr-, Hebelmaschinen u. s. w.

L′ am Ende der Maschinen-Werkstätten ein kleiner Quertrakt, in welchem sich die Giesserei befindet.

M, M sind vier ältere Linienschiffsstapel mit hölzernen Bogendächern eingedeckt; äussere Länge 264 Fuss, Breite 84 Fuss. Für grosse Schiffe der Neuzeit sind sie zu kurz.

N, N. Zwei ganz neu erbaute Trockendocks für die grössten Schiffe wurden erst im Sommer 1862 beendet. Ihr Dockhals ist sehr kurz und gerade nur lang genug, um das Schwimmthor aufzunehmen. Die Seitenwände sind geradlinig, Dockhaupt im Halbkreise abgerundet. Gesammtlänge circa 480 Fuss, obere lichte Breite circa 96 Fuss. Sie haben das in neuerer Zeit in Frankreich häufig angewendete Querprofil mit wenigen, aber sehr hohen Stufen. Auf jeder Seite sind vier Stufen von 8 Fuss Höhe und 4 Fuss Breite, und drei breitere Stufen von 1 Fuss Höhe. In der Mitte der Sohle befindet sich die Cunette.

N′ N′ sind andere Trockendocks.

O ist ein Conglomerat älterer Holz-Magazine und Baraken,

P neue Holzmagazine,

Q Hafen-Bureaus,

R Offiziers-Pavillon,

S Infanterie-Kaserne,

T Spital,

U Marine-Infanterie-Kaserne,
V Marine-Artillerie,
W Pulver-Magazine,
X Kesselschmiede,
Y Sieben Stapel an der Westseite des westlichen Bassins,
Z Seilspinnerei, so wie auch die anliegende Blockmacherei liegen ausserhalb der Festungswerke.

England besitzt sieben Seearsenale: zu Deptford und Woolwich an der Themse nächst London, Chatam und Sheerness am Medway an der Ausmündung der Themse, Portsmouth und Plymouth am Kanale la Manche, und endlich Pembroke an der südwestlichen Spitze von Wales. Diese Arsenale sind mit der Hauptstadt durch Eisenbahnen in Verbindung. Elektrische Telegraphenlinien verbinden alle diese Arsenale mit Sommersethouse, dem Sitze der Admiralität in London. Deptford, Portsmouth und Plymouth besitzen grosse Kriegsbäckereien und ausgedehnte Proviantanstalten, von denen aus die übrigen Häfen versorgt werden.

Hafendämme.

§. 70.

In das Meer eingebaute Dämme, welche zur Umschliessung der Häfen, so wie auch zum Anlegen der Schiffe dienen, nennt man *Hafendämme* oder *Molen*. Ihr Zweck ist, den von ihnen eingeschlossenen Hafen gegen Wellenschlag zu sichern und die ausgehende Strömung, sei sie eine künstliche oder natürliche, zusammenzuhalten und der Hafenmündung zuzuführen. In letzterer Beziehung dienen sie zur Verhinderung von Verflachungen in der Hafeneinfahrt.

Diese Dämme sollen derart beschaffen sein, dass man bei der stärksten See zu ihren Köpfen gelangen kann, und hier sollen sich kräftige Winden befinden, um den einfahrenden Schiffen Hilfe leisten zu können. Aus dieser Ursache sollen Hafendämme unbedingt bis über das höchste Wasser erhoben werden, und damit bei heftigem Wellengange das Betreten derselben möglich und nicht gefahrvoll werde, müssen sie an ihren äusseren Seiten mit einer wenigstens 6 bis 8 Fuss hohen Brustmauer versehen sein. Ueber diese schlagen wohl die Wellen, aber das gefahrlose Betreten des Dammes ist hiedurch ermöglicht. Dessenungeachtet findet man Hafendämme, deren Krone kaum den mittleren Wasserstand überragt, welche aber keinen anderen Zweck haben, als zur Zeit der Spülung, welche, wie schon gesagt wurde, immer beim niedersten Wasserstand stattfindet, den Spülstrom zusammenzuhalten und ihn der Hafenmündung zuzuleiten. Zu diesem Zwecke allein dienen allerdings solch nieder erbaute Dämme, welche zur Zeit des Hochwassers von diesem überströmt werden. Eigene Marken müssen aber in diesen Fällen genau den Kopf, wie auch die ganze Lage dieser Dämme bezeichnen, um sie den einfahrenden Schiffen bei Hochwasser kenntlich zu machen. Bei solchen Dämmen kann jedoch den einfahrenden Schiffen keine Hilfe geleistet werden, will man aber dieses dennoch geschehen lassen, so muss man, wie es in einigen französischen Häfen am Canale der Fall ist, zur Herstellung der Comunication längs der ganzen Länge des Dammes eine Art Gerüst oder Ueberbrückung herstellen, welche so hoch liegt, dass sie von den Wellen nicht erreicht wird.

Der Feind der Hafendämme ist der Wellenschlag; dieser ist bemüht und droht den Damm zu zerstören, und diesem muss der Damm Widerstand leisten. — Das Verhalten der Wellen gegen flachen und gegen steil ansteigenden Grund wurde bei den Wellen bereits erörtert, und man sieht daraus genau, welche grossen Vorzüge Dämme mit steilen oder nahezu vertikalen Böschungen gegen solche mit flachen Böschungen haben. Die Herstellung der Dämme mit flachen Böschungen, welche noch immer viele Vertheidiger finden, ist die ältere Methode, und der riesige Wellenbrecher vor der Bucht bei Cherbourg, welcher in der Geschichte des Hafenbaues die erste Stelle einnimmt, zeigte nur zu deutlich, dass die Bauart mit flachen Böschungen, welche ihren Ursprung eigentlich von diesem Wellenbrecher herleitet, ganz unhaltbar ist und dass jene mit vertikalen, oder nahezu vertikalen Mauern, sich dagegen gut bewährt. Auch die in derselben Art wie der Damm von Cherbourg ausgeführten Wellenbrecher von Plymouth und Cette zeigten die Unhaltbarkeit der Bauart mit flachen Böschungen.

Es ist von zu grossem Interesse, die Erfahrungen bei dem Baue des Cherbourger Wellenbrechers kennen zu lernen, als dass man diesen Bau hier mit Stillschweigen übergehen könnte.

§. 71.

Der erste Entwurf dieses Wellenbrechers, dessen dermalige Situation aus Fig. 561 a, Taf. LIV, ersichtlich ist, stammt von de la Bretonnier. Sein Vorschlag, der in das Jahr 1777 fällt, bestand in der Anlage eines künstlichen Dammes im offenen Meere, etwa 3898 Meter von der Küste entfernt, hinter welchem die Schiffe vollkommene Sicherheit finden sollten. Zur Verbindung der Rhede mit dem Meere sollten

drei Durhhgänge, nämlich einer westlich zwischen der Spitze von Querqueville und dem westlichen Ende des Dammes, der andere in der Mitte, und der dritte zwischen dem östlichen Dammkopf und der Insel Pelée stattfinden. Der Kern dieser Anlage sollte von ausgemauerten versenkten Schiffen hergestellt werden. welche man mit einer Steinschüttung bis 16.$_3$ Meter über dem Meeresboden bedecken wollte, so dass darüber bei den Springfluthen der Aequinoctien sich eine Wasserhöhe von 5.$_{85}$ Meter befunden hätte. Doch wurde dieses Project nicht angenommen.

Das zweite Project des Dammes wurde von Cessart im Jahre 1781 vorgeschlagen. Cessart ging hiebei von der Ansicht aus, dass der Angriff der Wellen gegen einen durchgehends geschlossenen Damm ein zu heftiger sei, und ein solcher Damm daher keinen Bestand hätte. Demnach hat Cessart angetragen, den Wellenschlag durch von einander getrennt eingestellte Steinmassen, deren jede für sich durch eine umschliessende Wand, durch Kegelkasten, zusammengehalten werden, zu mässigen. Die Details dieses Projects, welches von der Regierung angenommen wurde, bestehen in folgenden:

Der Damm sollte, wie gesagt, aus hölzernen Kasten von gestützter Kegelform, nach einer auf zwei Drittel ihrer Länge gebrochenen Linie, in einem Abstande von 3898 Meter vom Gestade entfernt, zwischen der Insel Pelée und der Spitze von Querqueville, mit zwei Durchfahrten zwischen den genannten zwei Endpunkten die eine westlich mit 2339 Meter, die andere östlich mit 975 Meter Breite hergestellt werden, wie sie auch jetzt wirklich bestehen. Die Kegel sollten an der Grundfläche einen Durchmesser von 45.$_5$ Meter, an ihrem obern Theile einen Durchmesser von 19.$_5$ Meter und eine Höhe von 19.$_5$ Meter haben; sie sollten daher das Hochwasser der Springfluthen um 2 Meter überragen. 90 solche nebeneinander gestellte Kegel sollten sich nach der ganzen Länge des Dammes an den Basen berühren. Nach Aufstellung der hölzernen Umschliessungskasten sollten diese in ihrer ganzen Höhe schleunigst mit Steinen gefüllt, und sobald sich diese gesetzt haben, sollten die Steine bis zum niedrigsten Wasserstand wieder entfernt, hierauf die Kegel von hier aus mit Bruchsteinmauerwerk in Puzzolanmörtel vollgemauert und mit einer Lage Hausteinen von Granit überdeckt werden. Die sich ergebenden schmalen Oeffnungen zwischen den steilen Böschungen der Kegel böten hinreichende Sicherheit gegen Eindringen von feindlichen Schiffen, und gleichzeitig erwartete man, dass durch dieselben die Wellen nur sehr gemässigt in die Rhede gelangen werden. Das Kriegsdepartement widersetzte sich aber mit aller Kraft gegen die in diesem Projecte beantragte so weite Hinausschiebung des Dammes in das Meer, in Folge dessen auch der Damm bei 800 Meter weiter rückwärts erbaut wurde. Dieses sonderbare Project Cessarts fand Anklang, und nachdem im Jahre 1782 bei Hâvre ein commissioneller Versuch über Construction, Transport und Versenkung eines Kegels, wie die Commission angegeben, ohne begründete Bedenken vorgenommen, wurde im April 1783 der Bau des Wellenbrechers genehmigt und Cessart mit der Ausführung desselben beauftragt.

Die Kegel wurden auf einer Stelle des Strandes, welche etwas über 4 Meter unter dem Hochwasser der Springfluthen lag, gebaut. Stiele, welche, wie Fig. 561 b, Taf. LIV, zeigt, nach der Mantelfläche des Kegels die Neigung erhielten, wurden in verschiedenen Höhen mit kreisförmigen Zangen verbunden und der Raum zwischen den Zangen wurde, um ein Durchfallen der Steine zu verhindern, mit Bohlen verkleidet. Am obersten Rande des Kegels befand sich eine Gallerie mit einer Brustlehne, auf welcher sich die Ingenieure befanden, die den Transport des Kegels leiteten, und eine eben solche Gallerie befand sich 2 Meter tiefer für die dabei beschäftigten Arbeiter. Zur Ausfüllung des Kegels durch Steinschüttungen wurden im oberen Theile des Kegels in drei verschiedenen Höhen Oeffnungen hergestellt, welche in dem Masse, als die Steinschüttung im Innern des Kegels sich erhöhte, mit Bohlen geschlossen wurden. Damit das Hochwasser der Springfluthen die so hergestellten Kegel heben könne, befestigte man sowohl an der Innen- als Aussenseite der untersten Zangen während des vorhergehenden Niedrigwassers eine Anzahl grosser Tonnen, durch welche der Kegel bei Eintritt des Hochwassers gehoben und respective getragen werden konnte. Um bei dem Heben der Kegel ein Auseinandergehen der Construction zu verhindern und zu bezwecken, dass alle Stiele an der Basis concentrisch zusammengehalten werden, wurden in die Mitte der Basis vier solche Tonnen gelegt, die untereinander, wie auch mit der untersten Reihe der Zangen mittels Taue stark verbunden waren. Indem sich diese mittleren Tonnen hoben, spannten sich die Taue, wodurch die Stiele an ihrer Grundfläche concentrisch zusammengehalten wurden. Die Taue, womit die Tonnen ringsherum am Kegel befestiget waren, konnten durch Beile, welche unmittelbar über ihnen schwebten, von oben aus durchgehauen werden, und die Einrichtung war in dieser

Beziehung so getroffen, dass man jede beliebige Tonne von oben aus lösen und demnach den Kegel auf diese Art langsam und gleichmässig versenken zu können glaubte. Eine Belattung an der inneren Seite des Kegelsmantels diente zur Führung der Tonnen, wenn letztere nach der Lösung der Taue heraufschossen. Nach Woltmans Angaben unterlag der Transport und die Versenkung der Kegel bedeutenden Schwierigkeiten. Als die Tonnen bei dem Steigen des Wassers zu tragen anfingen, hob sich unter starkem Gekrache der Bau, welcher im Anfange stark schwankte, aber nach und nach ruhig schwamm. Erdwinden auf eigenen Fahrzeugen, die vor Anker lagen, sowie vorgespannte Ruderbote, zogen den Kegel sehr langsam vorwärts. An der Stelle des Versenkens angelangt, wurde er durch drei vor Anker gelegte Fahrzeuge gehalten, und es sollte immer gleichzeitig in jedem Quadranten eine gewisse Tonne auf ein gegebenes Zeichen gelöst werden. Anfänglich gelang dieses ganz regelmässig, aber nach jedesmaligem Lösen der Tonnen gerieth der Kegel in eine gewaltige Bewegung, wodurch die Taue, welche die Beile lösten, in Unordnung gekommen sein mochten, in Folge dessen die Taue von den Beilen entweder nicht vollständig oder auch gar nicht durchschnitten wurden, was wieder Ursache war, dass in der Folge das Lösen der Tonnen unregelmässig vor sich ging nnd der Kegel sich zuweilen so schräge stellte, dass zuweilen eine seiner Seiten sogar eine vertikale Richtung annahm, und dass manchmal ganz unerwartet eine Tonne aus dem Wasser emporsprang. Mit solchen Verhängnissen versenkte man endlich die Kegel.

Der erste Kegel wurde im Jahre 1783 fertig, aber sein Transport und seine Versenkung verzögerte sich bis um die Mitte des folgenden Jahres. Hiebei sah man erst, dass man die Wassertiefen nicht richtig aufgenommen, und dass die östliche Einfahrt nicht die gewünschte Tiefe hatte. Merkwürdig bleibt es aber, dass trotz dieses Umstandes doch eine genaue Sondirung der Rhede weder angeordnet, noch vorgenommen wurde, und erst im Jahre 1789, nachdem schon 18 Kegel versenkt waren, hatte ein Marine-Offizier Namens Chavagnac aus eigenem Antriebe eine Sondirung der Rhede vorgenommen, welche ganz andere und zwar ungünstigere Resultate zeigte, als man sie zu haben glaubte. Nach hievon erstatteter Anzeige wurde erst eine genaue Tiefenmessung angeordnet, nach welcher die Verlängerung des Dammes auf der westlichen Seite, um wegen mangelhafter Tiefe die Einfahrt nicht zu verengen, eingestellt wurde. Um nun auch in diesem Falle, weil das Fort Querquerville jetzt zu entfernt lag, die Einfahrt bestreichen zu können, wurde später auf einem von Chavagnac entdeckten Felsriff, der 15 Fuss unter dem kleinsten Wasser zwischen Querqueville und dem westlichen Dammende lag, ein Fort gebaut, das den Namen des genannten Marine-Offiziers erhielt. Der zweite Kegel ward neben dem ersten so versenkt, dass zwischen den Grundflächen beider nur ein Zwischenraum von 2 Meter blieb. Nachdem dieser Kegel bis in die Höhe des niedersten Wasserstandes mit Steinen gefüllt war, wurde er bei einem heftigen Sturme bedeutend beschädigt; ohne diesen Schaden auszubessern, schritt man zur Versenkung des dritten Kegels, welcher in einem Abstande von 106 Toisen neben dem zweiten versenkt wurde. Zwischen dem zweiten und dritten Kegel ward dann später noch ein Kegel eingestellt, worauf diese vier ersten Kegel, weil man sich von der Unhaltbarkeit derselben überzeugte, durch eine Schüttung von grossen Steinen zu einem Damme verbunden wurden. Die folgenden Kegel, welche nun abweichend von dem ursprünglichen Projecte Cessarts nur als Fixpunkte eines Steindammes dienen sollten, wurden bis zum achten in Entfernungen von 50 Toisen versenkt und ebenso mittels Schüttungen zu einem Damme verbunden. Der neunte Kegel wurde im Juni 1786 in Gegenwart des Königs Ludwig XVI, jedoch nicht an die bereits versenkten westlich anschliessend, sondern um das Schauspiel schneller in Scene zu bringen, mit der grössten Leichtfertigkeit 85 Toisen östlich von dem ersten Kegel versenkt, wodurch man die östliche Einfahrt noch mehr verengte. Die fünf folgenden Kegel wurden in Entfernungen von 140 Toisen von einander versenkt und im Jahre 1788 wurden die letzten drei Kegel in einer Entfernung von 250 Toisen aufgestellt; diese wurden aber vorher bis zur Höhe des niedersten Wassers abgeschnitten, weil man bei den vorhergehenden Kegeln sah, dass der obere Theil derselben in sehr kurzer Zeit durch den Wellenschlag zerstört wurde. Das Gleiche geschah im Jahre 1789 mit allen übrigen, mit Ausnahme desjenigen am östlichen Haupte des Dammes, welcher ganz beibehalten und mit einer Bétonschicht bedeckt wurde, um den Durchgang zu bezeichnen. Mit einer Veräusserung zweier noch fertigen Kegel auf der Baustelle wurde die Probe dieser Erfindung Cessarts geschlossen.

Im Jahre 1792 erreichten die Steinschüttungen zwischen und um die versenkten Kegel durchschnittlich die Höhe des niedersten Wassers. Obwohl man durch lange Zeit versuchte, die Beschädigungen der Kegel auszubessern und neue zu verhindern, so ver-

mochte man der Zerstörung doch nicht Einhalt zu thun und einige Kegel zerfielen schon nach 3 Monaten, andere nach einem halben Jahre, einige hielten etwas über 3 Jahre aus; der erste Kegel hatte den längsten Bestand, indem ihn erst im Jahre 1799 die Wellen zerstörten, nachdem derselbe vom Bohrwurm stark angefressen war.

Während der Revolutionsjahre blieb der Damm in diesem Zustande.

Die isolirten Kegel selbst hatten gar keinen Einfluss auf den Wellenschlag, aber in dem Masse, als man dic Kegel durch Schüttungen zu einem Damm verband, wurde eine etwas günstigere Wirkung bemerkt. Zur Zeit des niedersten Wassers blieb die Rhede selbst bei den heftigsten Seewinden ruhig, aber mit dem Steigen des Wassers hörte die Wasserruhe auf, und die Bewegung der Wellen wurde sogar schon vor eintretendem Hochwasser gefährlich. Daher wurde schon im Jahre 1792 eine Erhöhung des Dammes in Vorschlag gebracht.

Der durch die Schüttungen entstandene Steindamm erlitt aber bald Formveränderungen, d. h. Beschädigungen, und man gerieth abermals über die Mittel in Ungewissheit, die man anwenden sollte, um dieses grossartige Unternehmen seinem Ende zuzuführen. — Es ist begreiflich, dass eine Steinmasse von geringem Volumen, ohne alle Verbindung, mit einer 1½-füssigen Böschung gegen die Seeseite der Wirkung der Wogen nicht widerstehen kann, und dass die Form der Böschung Veränderungen erleiden musste. Diese traten auch ein. Die Krone des Dammes senkte sich bald bis zu 15 Fuss unter den niedersten Wasserstand und die Form des Dammes wurde die in Fig. 561 c, Taf. LV, mit a, b, c, d bezeichnete. Die Ursache ist folgende: die Steine, welche die äussere Böschung bildeten, wurden in Folge der schwingenden Bewegung der Wellen in zwei verschiedenen Richtungen verrückt. Sie erstreckten sich gewöhnlich über eine gegen den Horizont viel weniger geneigte Ebene, als die Böschung ursprünglich war. Ein Theil der Steine rollte gegen den Fuss des Dammes hinab, und ein anderer wurde gegen die Krone geschoben, so dass nach den ersten Stürmen, wie angestellte Beobachtungen zeigten, die Krone höher war als im Anfange. Die innere Böschung erlitt durchaus keine Beschädigungen; in der Folge aber senkte sich auch die Krone, die Steine, woraus sie bestand, wurden von den Wellen nach der inneren Böschung geworfen, die äussere Böschung dehnte sich immer mehr aus und ihre Neigung wurde vermindert. Das Profil dieses so beschädigten Dammes hatte wesentlich die Form eines unregelmässigen Viereckes, dessen grösste Seite auf dem Boden ruhte und dessen drei andere Seiten folgende Neigungen bildeten: der untere Theil der gegen die See gekehrten Seite c d hatte eine Böschung von 1 : 1 bis 1 : $1._4$ angenommen und zwar bis zu dem Punkte, wo sie eine geringere Wassertiefe als $4._{56}$ bis $4._{87}$ Meter unter dem Niveau des niedrigsten Wassersandes findet, der obere Theil dieser Dossirung bis zur Krone des Dammes aber hatte die Anlage von beiläufig 1 : 8 bis 1 : 10, jene gegen die Rhede gekehrte Seite jedoch eine Böschung von 1 : 1.

Als alle Theile des Dammes diese Form angenommen hatten, blieb diese constant und man nahm mit Recht an, dass die Wellen dem Damme hiemit jene Form gegeben haben, welche ihrer Ausbreitung die geringsten Hindernisse entgegengestellt haben. Man glaubte nun durch das sich von selbst gebildete Profil jenes gefunden zu haben, welches Bestand haben werde.

Am Schlusse des Jahres 1802 wurde, um den Damm vertheidigen zu können, von der Militär-Behörde die Erhöhung des mittleren Dammtheiles in einer Länge von 100 Toisen, bis 3 Meter über die höchsten Fluthen angeordnet, um daselbst eine Batterie aufstellen zu können. Auch beabsichtigte man an beiden Endpunkten des Dammes ähnliche Batterien zu errichten. Cachin wurde mit dieser Ausführung beauftragt. Zu Ende des folgenden Jahres ward dieser mittlere Theil des Dammes bis zum Niedrigwasser der todten Fluthen erhöht. Auf dem inneren Rand der Krone errichtete man einen Cordon von grossen Steinen, welcher das Hinüberschleudern der kleineren Steine auf die Innenseite des Dammes verhindern sollte. Man erhielt auf diese Weise das Profil a b e i k m h und bedeckte dieses Profil mit grossen schweren Steinen bis zu 70 Kubikfuss Inhalt. Schon erhob sich diese Batterie in einer grossen Ausdehnung, als ein Sturm am 18. Dezember 1803 einen Theil davon zum Einsturz brachte, wornach man sich entschied, deren ursprünglich auf 25 Meter festgesetzte Breite auf $30._5$ Meter zu bringen.

Die Jahre 1804, 1805 und 1806 wurden dazu verwendet, die durch diesen ersten Sturm verursachten Beschädigungen zu repariren und der Batterie die grössere Breite zu geben. Die grössten Blöcke, die man nur zu transportiren im Stande war, bildeten die Bekleidungen an der Seeseite und die langgestreckte Form der Böschungen schien eine sichere Bürgschaft für ihre künftige Sicherheit zu gewähren. Indessen wurden auch sie durch den Sturm vom 18. Februar

1807 angegriffen; am westlichen Ende entstand eine Bresche, und man machte die Bemerkung, dass die Wirkung der Wellen sich besonders zwischen dem Niveau des gewöhnlichen Ebbe-Strandes und dem der gewöhnlichen Springfluth thätig zeige. Indem man die zerstörten Steinwürfe wieder herstellte, hielt man sich streng an die von dem Meere selbst angedeutete Form und hoffte durch die Befolgung der von der Erfahrung gegebenen Regeln das Werk unangreifbar zu machen, was indessen nicht erfolgte; denn kaum waren die Spuren des Sturmes vom 18. Februar verschwunden, als ein Sturm am 29. und 30. Mai die Steinwürfe von Neuem übereinander stürzte. Bis zum Jahre 1808 waren die vom Meere veranlassten Beschädigungen nach und nach abermals ausgebessert worden, als am 12. Februar (ein Tag des Vollmonds) ein Sturm eintrat, welcher heftiger war als alle früheren und in weniger als sechs Stunden die Steinwürfe, die Brustwehr, den Wallgang zerstörte und die hölzernen Bauwerke umwarf, die für die Wohnungen der Besatzung und der Arbeiter errichtet waren. Nur einige Punkte leisteten Widerstand, und dies waren solche, welche gemauert waren; die Cisterne, die Abtritte und die Grotten am östlichen Theil nahmen einige von den Leuten auf, welche dem Unglücke entkamen. Der Rest der Besatzung, einige hundert Mann, fanden den Tod in den Wellen. Nach diesem schrecklichen Orkan bemerkte man von der Batterie an der Nordseite nichts, als einen grossen Strand, auf welchem sich hie und da mitten in die abgerundeten Bruchsteine und Gerölle einige Blöcke eingekeilt hatten, welche der allgemeinen Bewegung entgangen waren. Man glaubte an der neuen Form, welche das Meer den Böschungen gegeben, nichts ändern zu dürfen und beschränkte sich darauf, eine leichte Batterie wieder herzustellen; während des ganzen Sommers versenkte man Blöcke, um die kleinen Steine zu schützen, welche blossgelegt waren. Eine solide Brustmauer war an der vordern Kante des Dammes hergestellt, an welche sich die besagte flache Dossirung der Seeseite lehnte. Diese Anlage erhielt sich eine ziemliche Anzahl von Jahren, bis dieselbe einer ganz veränderten Construktion, welche nun fort besteht, Platz machen musste.

Innerhalb der Zeit, während welcher der lange Damm unangetastet blieb, wurden zu verschiedenen Zeiten Messungen der Profile desselben vorgenommen und daraus ersehen, dass dieselben zu jeder Zeit sich gleich blieben. Es ist also, wie man geschlossen, in dem Werke ein gewisser Beharrungszustand eingetreten, der dem erwähnten Profil a b c d, Figur 561 c, entsprochen hatte. Das Profil, welches die gegen die See gekehrte Seite des Dammes annnahm, ist demjenigen ganz ähnlich, welches der Strand des Meeres überhaupt annimmt und von welchem im §. 45 bei den Wellen gesprochen wurde. Die Böschung war hier eine etwas steilere als beim Strande, welches man der Grösse der Steine zugeschrieben hat. Wie der Sand auf dem eigentlichen Strande, so werden auch bei einem Damme die Steine durch die Gewalt der Wellen auf dieser sanften Böschung theils auftheils abwärts bewegt, bis endlich die bewegende Kraft eine stärkere wird und die Steine über die Krone hinübergeschleudert werden. Würde die Krone dieses Dammes sich, wie es bei dem Seestrande der Fall ist, so hoch erheben, dass die Gewalt der Wellen nicht im Stande wäre, die Steine über dieselbe hinüber zu werfen, dann würden diese zwar gleich dem Kies und Sande des Seestrandes ein Spiel der Wellen bleiben, aber es wäre zuversichtlich auf eine Unveränderlichkeit eines solchen Dammes zu rechnen. Da aber dieses bei dem Cherbourger Damme nicht der Fall war und überhaupt die Herstellung eines solchen Dammes wegen der immensen Kosten nicht ausführbar ist, so war auch bei dem in früheren Zustande befindlichen Cherbourger Damme auf keinen Beharrungszustand zu rechnen. Erst nachdem ein solcher loser Steindamm das vorerwähnte Profil angenommen, welches dem Seestrande ähnlich ist, und die Steinschüttung dadurch so weit unter Wasser kommt, dass die Gewalt der Wellen auf die Steine keinen Einfluss mehr hat, kann ein Beharrungszustand eintreten. Hiezu müssen die Steine von der flachen seeseitigen Böschung über die Krone geworfen werden, wodurch letztere sich immer mehr dem Lande nähert; die Höhe des Dammes muss sich dabei immer mehr vermindern, und seine Breite aber nur zunehmen, indem wie gesagt nur jene Steine, welche innerhalb einer gewissen Tiefgränze liegen, von den Wellen bewegt werden können, während die tiefer liegenden, auf welche die Wellen keine Einwirkung haben, an ihrer versenkten Stelle bleiben. Man sieht daraus, dass bei einem flachen Steindamme nur dann ein Beharrungszustand eintreten kann, wenn sein Profil dem des Seestrandes ähnlich ist und dass, entweder seine Krone so hoch liegt, dass die Wellen nicht die Kraft haben, die Steine über diese zu schleudern, oder wenn der Damm so tief unter Wasser liegt, dass die Wellen nicht mehr die Kraft haben, die Steine zu bewegen.

Dass dieses bei dem Cherbourger Damme noch nicht eingetreten war, beweisen die Resultate der im

Jahr 1829 angestellten Profilmessungen. Nach diesen hatte sich die Krone der Steinschüttung in beiden Flügeln noch um 2 bis 3 Meter gesenkt, und der obere Theil der seeseitigen Böschung war viel flacher wie früher, so dass sie vielmehr dem wahren Seestrande glich.

Während man in den nächsten Jahren bemüht war, Schüttungen mit kleinen Steinen fortzusetzen, um den Damm bis über das kleinste Wasser heraufzuführen, unterlegte der Hafen-Ingenieur Fouques-Duparc ein neues Project zum Ausbau des Dammes. Bei früheren mehreren Beschädigungen dieses Dammes, sowie auch kleinen ähnlichen Bauten in anderen Häfen nahm man deutlich wahr, dass allein fest verbundene Mauermassen, aus welchen sich einzelne Steine nicht lösen und wo auch nicht allzu ungleiche Senkungen eintreten können, dem Angriffe der Wellen vollkommen gut widerstanden haben. Diese Erfahrungen benützend entwarf Duparc sein Projekt, welches darauf beruht: dem Angriffe der See nur eine feste Mauer von angemessener Stärke entgegenzustellen, die sich vom Niveau des niedrigsten Wassers bis über die höchste Fluth erhebt. Diese aus Bruchsteinen in Mörtel herzustellende Mauer sollte im Niveau des kleinsten Wassers auf einer Ausgleichungsschichte von Béton in einer durchschnittlichen Höhe von 0.8 Meter fundirt werden; auf der Seeseite sollte sie mit Granitquadern, auf der Hafenseite mit behauenen Bruchsteinen in einer Höhe von 7.85 Meter verkleidet werden; die Platteform in dieser Höhe sollte als Weg dienen, und einen Fall nach der Binnenseite von 0.14 Meter erhalten. Die Eindeckung der Mauer hat mit in einem Bétonbette zu versetzenden Granitwürfeln zu geschehen. Diese Plattform wäre dann mit einer Brustmauer von 2.50 Meter Stärke und 1.65 Meter Höhe zu bekrönen, die an der Nordseite gegen das Meer, auf dieselbe Art, wie die Mauer selbst zu errichten wäre; diese Brustmauer soll ferner mit Granitplatten überdeckt werden, und ein Gefälle nach der Seeseite von $0,05$ Meter erhalten. Die Breite der Mauer wurde an der Basis mit 11.09 Meter angenommen. Auf der Seeseite sollte diese Mauer $^1/_5$, auf der nach der Rhede gekehrten Seite dagegen $^1/_{20}$ Böschung erhalten. Der Fuss derselben, nach der Rhede zu, sollte von einer Berme (Risberme) aus Bruchsteinen von 5.0 Meter gestützt werden und an der Seeseite sollten die grössten natürlichen Blöcke die Böschung bis 2 Meter über die kleinste Ebbe bedecken, um Ausspülungen zu verhindern. Dieses Projekt wurde einer Commission zur Prüfung übergeben, welche sich mit demselben einverstanden erklärte, nur erachtete sie auf der Seeseite vor der Mauer noch eine Berme von 7 Meter Breite für nothwendig, um daselbst Unterwaschungen des Steinwurfes vorzubeugen. Diese Berme sollte aus einer ganz ähnlichen Bétonschicht bestehen, wie die als Fundament der Mauer benützte; damit aber, wegen der ungleichen Setzungen, zwischen der Fundament-Bétonschichte der Mauer und jener der Berme keine Trennungen entstehen, dürfen diese beiden Schichten nicht in Verbindung stehen. Im April 1832 erhielt dieses Projekt mit dem Gutachten der Commission die Genehmigung, und in demselben Jahre wurden noch die Arbeiten begonnen.

Weil Duparc ein starkes ungleichmässiges Setzen fürchtete, wurde die Mauer nicht sogleich in ihrer ganzen Höhe aufgeführt, sondern nur nach und nach, und dennoch zeigten sich starke Risse im fertigen Mauerwerk, und zwar besonders an jenen Stellen, wo die Steinschüttung sich an die Kegel anschloss. Die Risse wurden vor jedesmaliger Uebermauerung ausgefüllt, die Unebenheiten ausgeglichen, ohne dass sich später weitere Nachtheile ergaben. Die Brustmauer wurde erst dann aufgeführt, als sich gar keine Bewegungen mehr in der Mauer zeigten. Die Bétonschichte der Berme an der Seeseite erlitt allein einen bedeutenden Schaden; sie wurde durch den Druck des Wassers bei anprallenden Wellen gehoben und gebrochen. Um nun die Mauer gegen Unterwaschungen zu sichern, wurden grosse Blöcke aus Béton am Fusse neben denselben versetzt, wobei man, damit sie sich an den Untergrund möglichst anlegen, und damit der noch frische Béton von den Wellen nicht fortgewaschen werde, dem Formkasten der Blöcke einen Boden von Leinwand gab, der sich den unten befindlichen Steinen anschmiegte, sobald man die Formkasten mit Béton füllte. Diese Bétonblöcke hatten 3 Meter Länge, 2 Meter Breite und 1 Meter Höhe. Ohne erhebliche Zwischenfälle wurde endlich im Jahre 1839 der ganze östliche Flügel bis zum höchsten Wasser aufgeführt, und noch in demselben Jahre der Ausbau des westlichen begonnen. Im Jahre 1842 wurde der östliche Flügel vollkommen beendet. Im Winter vom Jahre 1842 auf 1843 nahm man eine neue Peilung der Steinschüttung des bereits angefangenen westlichen Flügels vor und machte die Wahrnehmung, dass man bei Fortsetzung des bis dahin befolgten Allignements nothwendiger Weise bedeutende Anschüttungen an der Seeseite vornehmen müsste, indem die Krone der Schüttung südlich der bereits angefangenen Mauerrichtung lag. Da nicht anzunehmen ist, dass die im Jahre 1839 bei Beginn

des Baues dieses Flügels vorgenommenen Messungen unrichtig waren, so lässt sich diese Abweichung der Krone und mit ihr die Bewegung des oberen Theiles der Steinschüttung von Norden nach Süden, nur durch die Wirkung der Wellen während dieser Zeit erklären. Um sich hier eine neue zeitraubende Anschüttung zu ersparen, hat man den letzten Theil des westlichen Dammes in der veränderten Richtung der Krone der Steinschüttung angelegt. Im Jahre 1853 wurde endlich der ganze westliche Flügel beendet, und der Damm erfüllt nun vollständig seinen Zweck, indem selbst bei den heftigsten Stürmen, die Schiffe in der durch ihn geschützten Rhede sehr ruhig vor Anker liegen können. Die heftigsten Stürme hatten an dem Baue nur unbedeutende Beschädigungen verursacht, und die Wirkung der Wellen ist aber auch eine solche, wie man sie bei flachen Böschungen nie wahrnimmt. Diese Wirkungen wurden schon in §. 45 erwähnt.

Die künstlichen Blöcke wurden bei niedrigem Meere auf dem Damme angefertigt, und zwar zum Theil an den Böschungen und den Bermen, ja selbst am Orte ihrer Bestimmung. Die an den Dammköpfen angefertigten Blöcke wurden in runden concentrischen Reihen über den Unterbau nach divergirenden Richtungen der Halbmesser gelegt, wie es aus Fig. 561 d, Taf. LV, welche den westlichen Kopf des Wellenbrechers darstellt, ersichtlich ist. Anfänglich hatte man einen Zwischenraum von ungefähr $0.{}_{50}$ Meter Breite zwischen den Blöcken gelassen, bald aber legte man sie nach allen Richtungen dicht aneinander, um die untere Schüttung desto sicherer vor jeder Gefahr der Auswaschung zu bewahren. Die Zwischenräume der ersten Blöcke wurden mit Cementmauerwerk ausgefüllt. Man hütete sich aber, so lange die Setzungen nicht vorüber waren, ein Mauerwerk herzustellen, das wie aus einem einzigen Stück bestände, und die grossen Flächen der Böschungen und Bermen bedeckte, weil diese Decke unregelmässigen Sgrüngen ausgesetzt wäre, welche durch ungleiches Setzen der Steinschüttungen entstehen könnten. In letzterer Zeit ist man dort, wo keine Setzungen mehr zu befürchten waren, von der Anwendung loser Blöcke ganz abgegangen und hat eine Deckungsart gewählt, welche sich nicht nur hier vortheilhaft herausstellt, sondern auch an Meeren, die keinem Fluthwechsel ausgesetzt sind, zum Befestigen des oberen Theiles der Dossirung Nachahmung verdient. Es wird nämlich der obere Theil der Steinschüttung auf 5 bis 6 Fuss Mächtigkeit zusammenhängend mit Bruchsteinen übermauert, wie dieses auch bei Cette geschehen ist. Die Herstellung des in obiger Figur ersichtlichen westlichen Dammkopfes und die Erbauung des Forts darauf, verursachte bedeutende Schwierigkeiten wegen der Beweglichkeit der Schüttung, ja das Fort musste sogar einmal niedergerissen werden, wegen der gefährlichen Risse in den Mauern.

Die Fig. 561 e zeigt das Profil des Hafendammes bei Ausführung der ersten Arbeiten des östlichen Armes im Jahre 1832, und die Fig. 561 f, Taf. LV, das Profil für die Vollendung des östlicheu Armes und für den ganzen westlichen Arm. A A ist der Grundbau der Steinschüttung, von welchem bereits ausführlich die Rede war; B B der Ergänzungssteinwurf seit dem Jahre 1830 ausgeführt. In Fig. 561 e sind a, a′ wie b, b′ künstliche Bétonblöcke theils zur Fundirung der Mauer, theils zu Sicherungen der Berme. d ist die als Fundament dienende Bétonschichte. C ist der mit hydraulischem Mörtel ausgeführte Kern der Mauer, dessen Hemd m m′, n n′, aus Hausteinen von Granit besteht. j ist ein Ponton zum Transport und Versenken der künstlichen Blöcke, welche von diesem an den Riegeln k gehalten werden. In Fig. 561 f, d. i. dem Profil, nach welchem fast der ganze Damm hergestellt wurde, ist k die erste ein wenig seewärts geneigte Bétonschichte, die als Fundament der Mauer dient. Die Risberme von derselben ist auch aus Béton gebildet und an diese lehnen sich die natürlichen Steine. Auf dieser ersten Bétonschicht liegt eine zweite und eine dritte d, d, welche mit Granitquadern auf beiden Seiten eingefasst sind. An der Rück-, d. i. an der Binnenseite, ist die Steinschüttung B bis zur Höhe der zweiten Bétonschicht heraufgeführt und mit einem kleinen Fall versehen und gepflastert. e, e und f, f sind besonders harte Steinplatten und dienen als Sockel zum Auflager der Granit-Einfassung m m, n n. C ist der Kern der Mauer aus hydraulischem Mörtel hergestellt. p, p ist die Höhe, bis zu welcher das Mauerwerk im ersten Jahre aufgeführt wurde; p′ p′ jene des zweiten Jahres und p″ p″ jene des dritten Jahres. In diesem Zustande blieb die Mauer einige Jahre hindurch bis sie sich vollkommen gesetzt hatte, und erst, als kein weiteres Setzen bemerkt wurde, wurde der obere Theil q q q hergestellt. Die Brustmauer hat $2.{}_{50}$ Meter obere Breite und ist mit grossen Quadern eingefasst. Die Krone des Dammes unter der Brustmauer mit Schiffshaltern versehen, dient als Weg und ist mit regelmässig bearbeiteten Granitblöcken gepflastert, die auf einer 1 Fuss starken Bétonlage ruhen.

Die 18 versenkten Kegel, einschliesslich jener

zwei, welcher auf der Baustelle verkauft wurden, hatten sammt ihrer Anfüllung mit Steinen 4 ¼ Millionen Francs gekostet. Bis zu Anfang des Jahres 1791, wo die Umschüttungen der Kegel noch nicht beendet waren, wurden auf diesem Damme 21 ⅔ Millionen Francs verwendet. Der laufende Meter der aufgeführten Mauer kostete 4500 Francs und auf den ganzen Bau bis zu seiner Vollendung wurden mehr als 67 Millionen Francs ausgegeben. Seine Länge misst zwischen den beiden Einfahrten zur Rhede 3712 Meter.

Man sieht aus den kurzen Angaben über den Bau dieses Seedammes, dass er während der langen Dauer seiner Bauzeit nach den verschiedensten Principien behandelt wurde. Zuerst wurden die von Cessart vorgeschlagenen Kegel angewendet, welche sich sogleich ganz unhaltbar erwiesen; diese wurden dann mit Steinen umschüttet und auf diese Art zu einem Damme verbunden, der den dahinter liegenden Schiffen, wie bereits bemerkt, einigen Schutz gewährte. An diesen Steinschüttungen machte man die Erfahrung, dass sie mit der Zeit ein eigenes, dem Seestrande ähnliches Profil annahmen und dieses dauernd behielten. Obwohl auch bei diesen einzelne Steine von den Wellen bewegt wurden, so glaubte man dennoch an eine Unveränderlichkeit des Dammes. Die Ursachen, warum dieses nicht sein konnte, wurde ebenfalls erörtert. Die Bauart mit flachen Böschungen, gegen welche sich Cessart entschieden aussprach, und die bei diesem Wellenbrecher das erste Mal eine Anwendung finden sollte, hat sich nach den eben erwähnten Erfahrungen als ganz unhaltbar gezeigt; erst die darauf errichtete beinahe vertikale Mauer hat sich bisher bewährt.

Steile Hafendämme, welche in früherer Zeit nicht nur vielfach, sondern fast ausschliesslich angewendet wurden, fanden nun bei dem Wellenbrecher von Cherbourg von Neuem wieder ihre Geltung. Der Stoss der Wellen gegen steile oder vertikale Flächen ist, wie im §. 45 erklärt, bedeutend schwächer als gegen flache Böschungen, und zwar je flacher die Böschungen sind, desto mehr leiden sie. Vielfach hört man die Besorgniss laut werden, dass sich vor steilen Böschungen eine grosse Tiefe bildet, welche den Bau unterspülen könnte. Bei heftigen Strömungen oder bei unbedeutender Wassertiefe ist dies wohl der Fall, aber ist die Wassertiefe eine hinreichende, so wird, selbst wenn der Grund aus Sand besteht, keine Vertiefung stattfinden können.

§. 72.

In Meeren, welche keinem merklichen Fluthwechsel ausgesetzt sind und in welchen der Bohrwurm nicht vorkommt, kann man mit gesundem Kieferholz, das unter Wasser eine ausserordentliche Dauer hat, sehr sicher steile Hafendämme ausführen. Zwei Reihen schräge eingerammter und verholmter Pfähle begränzen den Damm, dessen Inneres mit solch grossen Steinen ausgefüllt wird, dass sie zwischen den Pfählen nicht durchfallen können. Anfangs werden die Steine etwas nachgeben, bald aber wird ein Stillstand eintreten.

Das Holz wird durch Tränken mit Creosot sehr sicher gegen den Bohrwurm geschützt; man kann also, wenn dieses geschehen ist, diese Constructionsart auch in jenen Meeren anwenden, in welchen der Bohrwurm existirt.

Solche halbmassive Hafendämme werden auch durch eine vorgelegte Steinschüttung oder durch Faschinen vor Unterspülung gesichert. An den nördlichen französischen, so wie an den niederländischen Häfen, wo der Wasserspiegel des Meeres sich bedeutend verändert und man einen grossen Theil der Hafendämme trocken aufführen kann, findet man häufig Pfähle in den Strand gerammt und darauf ein Gerüste aus Balken mit vielen Verstrebungen aufgeführt, das an den Seiten mit Bohlen verkleidet und innerhalb mit Strandkies angefüllt wird. Da jedoch solche Werke bald nass, bald trocken werden, so sind sie sehr vergänglich.

In den Ostseehäfen machte der sich beinahe stets gleichbleibende Wasserstand eine andere Bauart mit Steinkästen möglich. Es werden Kästen aus der Länge und der Quere nach übereinander gelegten und eingeschnittenen Balken gebildet, welche je nachdem eine oder beide Seiten dem Wellenschlage ausgesetzt sind, in der Krone 12 — 18 Fuss breit gemacht und deren Seitenwände zur Erhöhung der Stabilität mit einer Dossirung versehen werden. Ist der Grund nicht horizontal, so wird die Unebenheit durch schräges Zuschneiden der Balken möglichst ausgeglichen. Senkt sich der Kasten, was gewöhnlich und ziemlich unregelmässig erfolgt, so wird der dadurch entstandene Höhenunterschied durch Auflegen frischer Gebinde wieder ausgeglichen.

An der Ostsee bestehen halbmassive Molen, gewöhnlich aus einem Kern von Faschinen, der mit einer Steinschüttung bedeckt ist. Die Faschinen sind in Form von Sinkstücken von 60 — 80 Fuss Länge, 40 Fuss Breite und 6 Fuss Höhe, an den betreffen-

den Stellen neben und über einander im Verbande versenkt, und darauf die Steinschüttung ausgeführt. Es wird ähnlich wie bei den Sinkstücken ein unteres und ein oberes Rostwerk von Würsten, die sich in Entfernungen von 3—4 Fuss kreuzen, mit einander verbunden, die Faschinen dazwischen gepackt und obenauf Flechtzäune angebracht, um das Beschwerungsmaterial einzuschliessen. Ein solches Sinkstück wird gewöhnlich nahe bei der Baustelle am Ufer angefertigt. Wo Ebbe und Fluth stattfindet, baut man es auf erhöhten Gerüsten, sonst auf nach dem Wasserspiegel geneigten Balken, oder auf solchen, welche nach Vollendung des Sinkstückes in eine geneigte Lage gebracht werden können, um es gleichsam wie von einem Stapel in's Wasser lassen zu können. Die Sinkstücke werden dann schwimmend von Kähnen aus auf die Baustelle geführt und hier versenkt. An der Seite des Wellenschlages ist eine dreifache, nach dem Hafen nur eine 1½ bis zweifache Anlage der Böschung erforderlich. Ist ein Molo, soweit er mit Sinkstücken ausgeführt werden soll, fertig, so wird er mit grossen Steinen bedeckt, und zwar in der Art, dass die Krone von der Mitte aus auf jeden Fuss um einen Zoll fällt. Die nach Massgabe der Böschung vorstehenden Ränder der untern Sinkstücke werden ebenfalls mit grossen Steinen ausgeglichen und durch Peilung wird eine möglichst regelmässige Böschung zu erlangen gesucht. Ausserdem werden noch zum Festhalten der Steine der Bekleidung besondere Pfähle eingeschlagen. Der Preis des Steinmaterials zu dem des Strauchwerkes ist entscheidend, ob die vorstehende Bauart oder eine reine Steinschüttung anzuwenden ist. Die Faschinen sind aber bei beweglichem Sande als Basis der Steinschüttung nicht zu entbehren, weil die Steine in den Sand versinken und dadurch mindestens ein übergrosser Verbrauch von Steinmaterial stattfindet.

§. 73.

In Meeren, die einem Fluthwechsel unterworfen sind und wo ausserdem noch der Bohrwurm die vorerwähnte Anwendung des Holzes beschränkt, wie dieses im Ocean, in der Nordsee, im Adriatischen Meere u. s. w. der Fall ist, bleibt nur die Massivconstruction zur Herstellung der Hafendämme übrig. Diese kann nun entweder aus flachen Steinschüttungen, oder ganz aus Mauern, d. i. mit sehr steilen Seitenwänden, oder auch aus beiden zusammengesetzt, bewirkt werden.

Die nothwendigen Bedingungen zur Haltbarkeit der Hafendämme aus flachen Steinschüttungen sind schon zum Theil erörtert worden. Diese sind: dass der Damm eine solche Höhe habe, dass die Steine über die Krone desselben nicht hinüber geworfen werden können, oder dass die seeseitige Böschung bis zu einer Tiefe, auf welche sich noch die Wirkung der Wellen erstreckt, mit so grossen Steinen oder künstlichen Blöcken zum Schutze der unterliegenden Schüttung und besonders jener der Köpfe, d. i. der Enden des Dammes, belegt werde, dass deren Fortreiben nicht besorgt werden darf. Die Tiefe dieser Bedeckung richtet sich nach örtlichen Verhältnissen.

Das erstere Mittel ist aber, wie erwähnt, wegen der zu grossen Ausdehnung der Schüttung und der damit verbundenen hohen Kosten nicht anzuwenden; auch genügt dieses Mittel, wie wir später sehen werden, zur Sicherung des Dammes nicht immer, weil eine Seitenbewegung der Steine eintritt. Das letztere Mittel ist vielfach und selbst in Meeren, in welchen sich die Wellen vollkommen ausbilden können, mit Erfolg angewendet worden. Wenn aber dennoch hie und da bedenkliche Bewegungen eintraten, so ist dies nur ein Beweis, dass die Blöcke nicht die nothwendigen Dimensionen hatten. Die zu diesem Zwecke in französischen Häfen gewählten Dimensionen der Blöcke sind im Vergleich jener, die man bei uns anwendet, sehr gross. Bei uns sind Steine von 30 bis 40 Kubikfuss Inhalt schon etwas ganz Aussergewöhnliches, während das Minimum solcher Blöcke in französischen Häfen 10 Kubikmeter beträgt. An Orten, die sehr dem Wellenschlage ausgesetzt sind, wie z. B. auf dem Wellenbrecher zu Cherbourg, wurden selbst Blöcke von letzteren Dimensionen auf die Dossirung hinaufgeschoben und umgekantet, man musste daselbst doppelt so grosse Blöcke verwenden. Bei dem Wellenbrecher bei Cette ist sogar der Fall vorgekommen, dass ein Block von 70 Kubikmeter Inhalt bei einem Sturme um einige Fuss weit gerückt wurde, obwohl man diesem Block eine solche Lage gab, dass die geringste Dimension seiner Aussenflächen der See zugekehrt war.

Da Blöcke von solch' grossen Dimensionen in Brüchen nur selten gewonnen werden können, und selbst, wenn dies geschehen könnte, ihr Transport ausserordentliche Mittel erfordern würde, so stellt man diese in der Nähe der Verwendungsstelle künstlich aus Béton dar. Je steiler die Fläche, auf welcher diese Blöcke ruhen, um so sicherer widerstehen sie dem Stosse der Wellen, weil sie um so schwerer aufwärts bewegt werden können, und weil die oberliegenden gewissermassen einen Schutz den darunter befindlichen gewähren. Eine gewisse Steile darf je-

doch die Fläche nicht überschreiten, weil sonst die Steine wieder abwärts rollen würden. Es genügt, wenn die Böschung nur etwas flacher gehalten wird, als jene ist, bei welcher sich die Steinschüttung im ruhigen Wasser noch selbst erhält. Hiezu ist eine doppelte Anlage unter allen Umständen genügend. Bei dem Wellenbrecher zu Cherbourg hatte man deswegen die flache Neigung vor der Mauer gewählt, damit bei allenfalls eintretenden Vertiefungen vor dem Fusse der Mauer nicht sogleich die ganze Böschung in Bewegung gesetzt werde.

Bei einem Steindamme, auf dessen Böschungen die einzelnen Steine noch immer ein Spiel der Wellen sind, kommt noch ein anderer Umstand in Betracht zu ziehen. Treffen nämlich die Wellen den Damm nicht normal, sondern schräge, so werden auch die Steine in gleicher Richtung gegen die Krone schräge hinaufgeschoben, rollen aber später, wenn sie über die Krone nicht hinüber geschleudert wurden und sich daselbst angehäuft haben, in normaler Richtung auf der Böschung, also rechtwinklig gegen den Strand, wieder herab, um sodann bei dem nächsten Sturme den ähnlichen Weg weiter zu machen. Denselben Weg machen bei schrägem Anprallen der Wellen der Sand und der Kies des natürlichen Seestrandes, aber hier werden die vorgeschobenen Massen durch neue ersetzt, was bei den Hafendämmen nicht der Fall ist, und bei diesen letzteren findet in Folge dessen eine Bewegung der Steine von dem Kopfe der Dämme gegen ihre Wurzel, d. i. nach dem Ufer hin statt. Der Kopf eines Hafendammes ist daher den meisten Beschädigungen ausgesetzt, und dieser muss besonders mittels grosser Blöcke gesichert werden.

Eine Steinschüttung, welche so tief unter Wasser bleibt, dass die stärksten Wellen auf sie keinen Einfluss ausüben können, ist allerdings sicher und gewährt einen Beharrungszustand. Da aber solche niedere Schüttungen die Zwecke der Hafendämme nicht erfüllen, so eignen sie sich nur als Unterbau darauf zu stellender Mauern. Diese Constructionsart soll später besprochen werden.

Man versuchte es auch, wie z. B. bei dem Wellenbrecher von Plymouth, durch eine Pflasterung die seeseitige Dossirung besser zu schützen, welches bis jetzt mit gutem Erfolge gelang, aber der Umstaud, dass man einer solchen Pflasterung entweder nur sehr schwer oder keine sichere Unterstützung ihres Fusses geben kann, macht diese Sicherungsart nicht immer und zwar nur dann empfehlenswerth, wenn man im Stande ist, dem Fuss der Pflasterung eine gesicherte Lage zu schaffen. Von besonderem Nutzen ist aber, auf der Steinschüttung eine starke, vertikale oder der vertikalen nahe Brustmauer auf die seeseitige Dossirung des Dammes in das Niveau des kleinsten Wassers zu stellen. Es werden dadurch die Steine (ausserordentliche Fälle ausgenommen) nicht über die Krone geworfen; sie sammeln sich zwar am Fusse der Mauer an, aber wenn die Böschung in Folge dessen steiler wird, rollen sie wieder herab.

Steinschüttungen können unabhängig vom Wasserstand, und gewöhnlich auch unabhängig von der Witterung, von Schiffen aus oder von eigenen Rüstungen immer leicht ausgeführt werden.

Dämme aus flachen Steinschüttungen gestatten nicht das Anlegen der Schiffe und sind demnach, wenn dieses eine Bedingung ist, gar nicht anzuwenden.

Die scheinbar günstigen Resultate, welche man durch flache Steinschüttungen bei dem Cherbourger Wellenbrecher erreicht zu haben glaubte, waren Ursache, dass sich im Jahre 1811 die englische Regierung verleiten liess, die Bucht bei Plymouth in ähnlicher Weise, d. i. mit einem aus flachen Steinschüttungen gebildeten Damme gegen den Wellenschlag zu sichern, wobei aber genau dieselben Erfahrungen, wie bei dem Damme zu Cherbourg, gemacht wurden. Es ist dieses der wichtigste dieser Art construirter Hafendämme. Er schützt die Bucht, in welcher sich der Haupt-Kriegshafen von England befindet, gegen die aus dem Ocean ungeschwächt eintretenden Wellen. John Rennie arbeitete das Projekt zu denselben aus, dessen Ausführung im Jahre 1812 begonnen wurde. Dieses bestand im Folgenden: Der Wellenbrecher besteht aus einem mittleren 3000 Fuss langen, von Westen nach Osten gerichteten Theile und aus, an diesen auf beiden Seiten anschliessenden Flügeln, die mit dem mittleren Theil bei 120 Grade bilden, gegen Norden gerichtet sind, und wovon jeder 1350 Fuss lang ist. Die Kronenbreite war mit 50 Fuss angenommen, die seeseitige Böschung sollte eine $4\frac{1}{2}$fache und die entgegengesetzte eine 3fache Anlage erhalten. Die Tiefe, in welcher der Damm gebaut wurde, betrug durchschnittlich bei 40 Fuss unter dem niedrigsten Wasserstande. Die Krone sollte 2 Fuss über den höchsten Springfluthen liegen. Nachdem während des Baues bedeutende Beschädigungen sich gezeigt hatten, die Krone ganz durchbrochen und die Steine von der seeseitigen Böschung über die Krone geworfen wurden, so dass diese bei 36 Fuss nach Norden rückte, wurde die Breite der Krone auf 45 Fuss ermässiget und die weitere Aenderung ge-

troffen, dass die seeseitige Dossirung die 5fache und die entgegengesetzte die 2fache Anlage erhalte. Jeder zu versinkende Stein solle wenigstens eine Tonne wiegen. Die äussere Böschung wurde, wie das Profil Fig. 562, Taf. LVI, zeigt, mit grossen behauenen Steinen, die in Cementmörtel versetzt wurden, gepflastert und weiter abwärts aber mit besonders grossen Steinen bedeckt. Damit das Steinpflaster einen möglichst festen und unverrückbaren Fuss erlange, wurde dieser gegen grosse, versetzte, behauene und verdübelte Steine gelehnt. Gegenwärtig soll der Damm das in Fig. 562 ersichtliche Profil haben. In neuerer Zeit hat man auf die Krone dieses Weltenbrechers starke Ketten gespannt, um die auf dieselbe hinaufgeschleuderten Steine aufzufangen und zu verhindern, dass sie auf die Binnenseite herabrollen. Bei jedem bedeutenden Sturme fängt man 50 bis 60 Steine auf, wovon jeder 12 bis 14 Tonnen wiegt.

Was die Dimensionen der Steine zu Schüttungen betrifft, so ist es gewiss, dass grössere und schwerere Steine sicherer liegen als kleinere, und wenn man ferner bedenkt, dass bei der Bewegung der Steine durch Stürme schon während des Baues auch weiter unten liegende Schichten auf die Oberfläche gelangen, so erscheint es gewiss gerechtfertigt, wenn man sagt, dass zu Steinschüttungen ausschliesslich möglichst grosse Steine zu verwenden sind.

Zu dem Wellenbrecher von Plymouth verwendete man nur die grössten Steine, die man aus den Brüchen erhalten konnte; zu Portland und Holyhead wurden grosse und kleine Steine vermengt angewendet, selbst der Abraum in den Brüchen wurde in der Absicht, die Zwischenräume damit auszufüllen, mit verschüttet. Die französischen Ingenieure hingegen halten jene Steinschüttungen für die besten, wo nicht grosse und kleinere Steine gemengt, sondern diese nach verschiedenen Klassen in eigenen Lagen abgesondert verbraucht werden, wie sie dies auch bei einem ihrer besten Hafendämme zu Marseille angewendet haben, dessen Beschreibung folgen wird. Bei Dämmen, wo ausschliesslich grosse Blöcke verwendet wurden, hat man ungeachtet der grossen Zwischenräume, die sich hier bilden, noch immer die grösste Festigkeit erreicht. Die Mengung grosser und kleiner Steine, wie man sie zur Consolidirung von Wasserbauten anwendete, hat oft den Erfolg, dass die grossen Stücke leichter von der Stelle gerückt werden können. Wenn indessen nur allein so grosse, schwere Blöcke verwendet werden, dass selbst die grössten und stärksten Wellenbewegungen sie nicht zu bewegen im Stande sind, so kann auch durch die Ausfüllung der Zwischenräume nichts mehr gewonnen werden.

Die Fig. 563, Taf. LVI, zeigt das Profil des Hafendammes von Algier. Nachdem die Franzosen den Hafen von Algier in Besitz genommen hatten, besserten sie zuerst den alten Steindamm aus und begannen hierauf den neuen Damm in einer Wassertiefe von 36 bis 70 Fuss zu bauen. Dieser Damm wurde ganz aus Bétonblöcken hergestellt, wovon jeder 10 Kubikmeter Inhalt hat. Diese wurden auf dem Lande erzeugt und, nachdem sie erhärtet waren, mittels Eisenbahnen auf den hergestellten alten Theil des Dammes gebracht und verstürzt. Die Böschung, welche diese Blöcke von selbst annahmen, hat auf der seeseitigen Dossirung das Verhältniss 1 : 1, auf der Hafenseite jedoch ½ (Basis) : 1 (Höhe), d. i. 57 Grade. Berechnet man den Kubikinhalt des Dammes aus dem sich nach der Schüttung ergebenden Profile und vergleicht diesen mit dem Kubikinhalt der versenkten Blöcke, so sieht man, dass die Zwischenräume nahezu ein Drittel des festen Körpers bilden, oder was dasselbe ist, dass die unausgefüllten Räume ein Viertel der ganzen Masse betragen. Bei der Verlängerung des Hafendammes seit 1847 haben die Franzosen ein wohlfeileres Bausystem angenommen, indem sie den Unterbau von der Meeressohle aus bis 33 Fuss unter dem kleinsten Wasser aus natürlichen Steinblöcken herstellten und diese aussen unter 1 : 1 abböschten. Der obere Theil wurde sodann ganz aus künstlichen Blöcken gebildet. In der Wasserlinie wurde der Damm 46 Fuss breit gemacht. Die Auslagen beliefen sich auf 10000 Francs für den laufenden Meter.

§. 74.

Die Vortheile der Hafendämme mit sehr steilen oder vertikalen Böschungen sind schon ausführlich besprochen worden. Die steilen Hafendämme oder die Mauern, die als solche bis zur Sohle herabreichen, müssen, damit der Grund, im Falle er nicht aus Felsen besteht, nicht angegriffen werde, eine gewisse Wassertiefe haben, und diese erschwert die Fundirung der Mauern. Reicht die Mauer als solche nicht bis auf den Grund, und ist sie auf eine lose Steinschüttung als Unterbau, die bis in die Höhe des kleinsten Wassers reicht, aufgesetzt, so unterliegt ihre Herstellung gar keinen Schwierigkeiten. Soll aber eine Mauer von Grund aus *im offenen Meere* oder auf einer Steinschüttung, die in einer gewissen Tiefe unter dem kleinsten Wasser aufhört, aufgebaut

werden, so kann sie nur mit der Taucherglocke fundirt werden. Die Anwendung von Fangdämmen im offenen Meere ist ganz unthunlich. Ist aber die Lage eine etwas gesicherte, so können, wie z. B. in Triest, die Umfangsmauern des Hafendammes mit grossem Vortheil aus Béton hergestellt werden.

Die Construction der gemauerten Hafendämme ist jedenfalls dann am zweckmässigsten, wenn sie eine solche ist, dass bei einer theilweisen Senkung des Untergrundes nicht gleich der Einsturz des ganzen Dammes zu besorgen ist, sondern dass einzelne Theile sich senken können, ohne sich zu lösen. In England werden die gemauerten Hafendämme in ihrer Umfassung aus trockenen Mauern, d. i. aus grossen Quadern hergestellt, die ohne jedwelche Verbindung lose auf einander liegen. Im Innern dieser Mauern wird der Raum durch rohe Bruchsteine ausgefüllt. Die Quadern, welche das Hemd der Umfassungsmauer bilden, müssen von sehr gutem Material und besonders gross sein, um dem Stosse der Wellen leichter zu widerstehen; die weiter in der Mitte verwendeten Steine können von geringerer Grösse und minderer Qualität sein. Die Benützung des Mörtels unterbleibt bei diesen Mauern, einestheils weil es sehr schwierig ist, unter Wasser mit solchem zu arbeiten, und anderntheils weil bei Verwendung besonders grosser Blöcke der Mörtel selbst entbehrlich wird; jene Theile der Mauer, die über dem Wasser liegen, sowie auch die Brustmauer, werden aber im Mörtel hergestellt.

Der bedeutendste Bau eines aus einer Mauer bestehenden Hafendammes ist der *Pier zu Dover*. Um einen Sicherheitshafen im Canale an der Südküste von England zu haben, in welchem die Schiffe unabhängig von Ebbe und Fluth einlaufen können und darin Schutz finden, war es, oder ist vielleicht noch immer die Absicht der englischen Regierung, bei Dover, wie es die punktirten Linien der Fig. 570, Taf. LVIII, zeigen, ein bei 7200 Fuss langes und bei 3600 Fuss breites Bassin anzulegen. Der in der Fig. 570 ausgezogene Theil des Hafendammes zeigt ihn in seiner dermaligen Ausdehnung. Dieses Bassin sollte zwei Einfahrten haben, und zwar eine auf der südlichen Seite von 700 Fuss und eine auf der östlichen Seite von 150 Fuss Weite, so dass man bei jedem Winde einzulaufen im Stande ist. Bei dieser Ausdehnung des Bassins würde die südliche Einfahrt beim niedersten über 40 Fuss, und die östliche bei demselben Wasserstande mehr als 30 Fuss Tiefe haben, und der grösste Theil des das Bassin umschliessenden Hafendammes würde in einer Tiefe von mehr als 40 Fuss unter Niedrigwasser auszuführen sein. Die Länge dieses Hafendammes soll gegenwärtig bei 1730 Fuss betragen, und an der Fortsetzung wird noch gearbeitet. Es kamen verschiedene Ansichten über die Constructionsart dieses Hafendammes zur Sprache, wobei auch die mit flachen Dossirungen ihre Vertheidiger fand. Man entschloss sich zu jener Constructionsart, die Rendel vorgeschlagen hat.

Das Profil des Piers nach diesem Vorschlage zeigt die Fig. 564, Taf. LVI. Er steht unmittelbar auf gewachsenen Kreidefelsen und ist wegen Mangel an entsprechenden natürlichen Steinen in seinem Innern aus künstlichen grossen parallelepipedischen Blöcken von 6 Fuss Länge, 4 Fuss Breite und 3 Fuss Höhe, die ohne Benützung des Mörtels übereinander im guten Verbande gelegt wurden, gebildet, während sein äusserer Mantel aus grossen Blöcken von sehr festem Granit besteht. Die künstlichen Blöcke wurden aus Béton von Portland-Cement erzeugt. Das Verhältniss des Bétons ist: 1 Theil Portland-Cement, 3 ½ Theile Sand und 3 ½ Theile Kies. Diese Masse wurde in hölzerne Formen gefüllt, und nach 24 Stunden ist sie so erhärtet gewesen, dass die Form abgenommen werden konnte, worauf die so erzeugten Blöcke 8 bis 14 Tage an der Luft trockneten und dann so fest waren, dass zie versetzt werden konnten. Die Krone des Piers ist 5 Fuss englisches Mass über die höchsten Fluthen oder 10 Fuss über die gewöhnlichen Springfluthen erhoben. Der Fluthwechsel der gewöhnlichen Springfluthen beträgt bei Dover 18 Fuss 3 Zoll. Die Krone des Dammes ist 45 Fuss breit; sie dient als Fahrweg und zwei Schienenstränge nehmen die Breite von 30 Fuss auf der östlichen Seite ein. Auf der entgegengesetzten Längenseite ist eine 15 Fuss breite und 10 Fuss hohe Brustmauer aufgeführt, welche wieder einen Fussweg auf ihrer Krone bildet, der auf der äusseren Seite dnrch ein eisernes Geländer, auf der inneren durch eine kleine Brustmauer abgeschlossen ist. Die Seitenwände des Piers haben eine Böschung von 4 : 1, d. h, auf je 4 Fuss Höhe springen sie 1 Fuss vor. Diese Anlage ist durch stufenartiges Zurücktreten der Granitblöcke gebildet. Das Versetzen der Blöcke geschieht mittels grosser Taucherglocken, die an Rollkrahnen hängen und worin ausser einem Blocke noch vier Arbeiter Platz haben. Die Rollkrahnen verschaffen den Taucherglocken eine leichte, freie Beweglichkeit und heben dieselben so hoch, dass man mit Fahrzeugen die Blöcke unter die Glocken bringen kann. Der Grund wird, bevor der unterste Block einer Schichte versetzt wird, derart gereinigt und abgearbeitet, dass

die Oberfläche entweder dieses oder des darauf zu legenden Blockes genau in eine Schichte des schon fertigen Theiles hineinpasst.

Gegenwärtig dient der Pier zum Anlegen der Dampfschiffe, welche zu bestimmten Stunden, unabhängig von Ebbe und Fluth, mit Passagieren ankommen. Nicht nur dass die Tiefe, in welcher er erbaut ist, das Anlegen selbst von Linienschiffen ersten Ranges gestattet, sondern es ist dieses bei jedem Wetter möglich. Bei Oststürmen wird nämlich an der westlichen und bei Weststürmen an der östlichen Seite angelegt. Um selbst bei dem niedrigsten Wasser bequem auf die Schiffe zu gelangen, befinden sich sowohl an der westlichen als östlichen Seite des Piers zwei 60 Fuss lange und 12 Fuss breite Ansätze, Fig. 565 a, b und c, Taf. LVI, wovon jeder vier Treppen fasst, die auf Ruheplätze führen, von welchen man auf die in verschiedener Höhe liegenden Decke der Schiffe gelangen kann. Um zu den an der westlichen Seite des Piers liegenden Treppen zu kommen, ist an diesen Stellen die Krone der Brustmauer mit mehreren überwölbten Oeffnungen versehen, welche bei starken Weststürmen geschlossen werden.

Dass durch diesen Hafendamm der Küstenstrom, welcher hier von Westen nach Osten geht, unterbrochen und in Folge dessen der Strand mit der Zeit weiter hinausrücken wird, dürfte wohl ohne allen Zweifel sein, auch ist schon neben dem Bahnhofe, d. i. an der westlichen Seite des Piers, der Strand ziemlich weit hinausgerückt, indem dieser Pier, wie jeder in das Meer eingebaute Damm, gegenüber der Küstenströmung sich ebenso verhält, wie die Buhne eines Flusses gegenüber der Strömung des Flusses. Wie bei einer Buhne, wird auch hier durch den Pier die Küstenströmung abgeleitet, wodurch der Hafen von Dover, der in Rücksicht der Strömung hinter dem Pier liegt, seit dem Bestehen des Dammes gegen Versandungen vollkommen geschützt ist. Es sind demnach die in §. 51 erwähnten, erst in letzterer Zeit hergerichteten Spülvorrichtungen entbehrlich geworden. Diese werden jetzt nur zur Entfernung des Schlammes aus dem Vorhafen benutzt. Im Pent und im Bassin benutzt man zu gleicher Reinigung einen Dampfbagger. Die durch den Pier in einer gewissen Strecke vom Strande ferngehaltene Uferströmung trifft wie bei einem Flusse weiter abwärts, und zwar hier am östlichsten und fast schönsten Theile der Stadt, den Strand und bedroht diesen sehr, weil die Strömung Kies von diesen wegführt, aber keinen zubringen kann, indem derselbe schon am westlichen Theile des Piers abgelagert wird. Es musste demnach von Seite der Regierung aus, die den Hafendamm erbaut hat, diese bedrohten Ufer durch eine massive Verkleidung geschützt werden. Der laufende Fuss des Piers kostet bei einer Tiefe von 40 Fuss gegen 300 Pfund Sterling.

§. 75.

Da Dämme aus flachen Steinschüttungen sehr viel Material benöthigen, und Mauern, die unmittelbar auf den Grund gestellt werden sollen, bedeutende Schwierigkeiten in der Ausführung verursachen, so vereinigt man bei Herstellung der Hafendämme vielfach diese beiden Constructionsarten und benützt hiebei die Vortheile beider. Flache, leicht herzustellende Steindämme bilden den Unterbau, und die Mauern den oberen Theil der Hafendämme. Die Vortheile einer solchen vereinten Construction sind bereits bekannt.

Da die Aufführung einer Mauer selbst bei einer geringen Tiefe unter der kleinsten Ebbe immer bedeutende Schwierigkeiten verursacht, so lässt man in den meisten Fällen die Steinschüttung bis zum kleinsten Wasser reichen und beginnt mit der Mauer von da oder nur wenig darunter. Die seeseitige Dossirung der Steinschüttung wird gewöhnlich bis zu jener Tiefe, zu welcher sich die Wirkung der Wellen erstreckt, sehr flach gehalten (was aber, wie aus einer späteren Bemerkung zu ersehen sein wird, nicht das Beste ist); für die Steinschüttung genügt in ihrem untersten Theile für alle Fälle die $1\frac{1}{2}$-, oft auch die $1\frac{1}{4}$fache Anlage. Sind die Steine nur mit grossen Kosten beizuschaffen, so vermindert man die Höhe, hiemit auch das Profil der Steinschüttung, und lässt sich lieber die Schwierigkeit gefallen, die Mauer in einer gewissen Tiefe unter dem kleinsten Wasser auf die Steinschüttung zu setzen, weil man in diesem Falle den Damm billiger zu Stande bringt. Wo das Anlegen der Schiffe eine Bedingung ist, müssen die Mauern so weit unter das kleinste Wasser reichen, dass selbst bei einem solchen die Schiffe die Steinschüttung nicht berühren.

Je nach der Höhe, in welcher die Steinschüttung als Unterbau aufgeführt wird, ist letzterer mehr oder weniger dem Wellenschlage ausgesetzt, und es muss also die seeseitige Dossirung der Steinschüttung bis auf eine grössere oder geringere Tiefe mit grossen Bétonblöcken bedeckt sein, um die schon vorbesprochene Bewegung der Steine vom Kopfe gegen die Wurzel des Dammes hin zu verhindern. Grosse Blöcke gewähren ohne Zweifel mehr Sicherheit als kleinere, und es tritt nach gemachten Erfahrungen bei ersteren

sehr bald eine so feste Ablagerung oder Stillstand ein, dass schon nach wenigen Jahren keine weitere Nachstürzung derselben nothwendig wird. Formt man diese Blöcke an den bedrohten Stellen selbst, so hat man die Bequemlichkeit, sie nur daselbst versenken zu dürfen, um eine bedrohte Stelle zu sichern. Theils um den Kopf eines Dammes mehr zu sichern, theils um ein nahes Vorbeifahren der Schiffe zu ermöglichen, müssen die Mauern daselbst sehr tief, oft nach der Grösse der Schiffe auch 20 bis 30 Fuss unter das niedrigste Wasser herabreichen.

Die Beschreibung einiger in dieser Art erbauten Hafendämme soll hier folgen.

Vor Allem gehört in diese Kategorie der Dämme der Wellenbrecher von Cherbourg, dessen nähere Beschreibung schon gegeben wurde.

Der *Seedamm von Alderney.* Die Insel Alderney in dem Canale la Manche, nur 2½ deutsche Meilen vom Cap la Hogue, 5 von Cherbourg, und nur einige 20 Meilen von der englischen Küste entfernt, ist mit ihren in neuester Zeit ausgeführten Befestigungen von hoher militärischer Wichtigkeit für England geworden. Indem diese Insel einen gesicherten, von den französischen Küsten nur wenige Meilen entfernten, vorgeschobenen maritimen Posten unmittelbar in der aus dem Ocean zu den britischen Inseln führenden Hauptzufahrt, so wie ein Gegengewicht gegen das nahe gelegene Cherbourg bildet, ja diesen Platz förmlich paralysirt, so machen es strategische Gründe begreiflich, dass man zu Alderney nebst der Befestigung auch die Herstellung eines Kriegshafens mit aller Energie betrieb.

Dieser Hafen wurde in der südöstlich vom Cap de Grosnez gelegenen, tief eingeschnittenen Bucht der Insel hergestellt, indem die offene Seite der Bucht mittels eines aus zwei Theilen, à 4500 und 1800 Fuss bestehenden, zusammen also 6200 Fuss langen Seedammes, Wellenbrechers, geschlossen und zwischen besagten zwei Dammtheilen eine 550 Fuss breite Oeffnung als Einfahrt belassen wurde. Man erlangte so gegen die Nordwest-Stürme sichernden Schutz für den Hafen.

Die eben besagten Stürme toben in dortiger Gegend so furchtbar, dass nicht selten 100 und mehr Fuss hohe Wellen über das 25 Fuss über dem Fluthwasser stehende Gemäuer des fertigen Dammes schlagen; daher denn auch das in Fig. 566, Taf. LVII, dargestellte Profil des Seedammes besonders stark gehalten ist. Der Unterbau besteht aus einer Steinschüttung, die sich bis in die Höhe der kleinsten Ebbe erhebt. Darauf steht der Oberbau durch starke Mauern begränzt. Die Fundirung der Mauer, welche aus in Mörtel gelegten Quadern hergestellt wurde, ist aussen 12 Fuss, innen aber 9 Fuss tief unter dem kleinsten Wasserspiegel der Ebbe in der Steinschüttung bewerkstelligt. Die seeseitige Böschung der Schüttung ist in ihrem unteren Theile im Verhältniss von 3 : 5, in ihrem oberen bei 60 Fuss langen Theile aber ganz flach gehalten. Hinter der rückwärtigen Mauer des Oberbaues befindet sich unter dem kleinsten Wasser eine etwas geböschte, bei 20 Fuss lange Risberme, der andere tiefer gelegene Theil der inneren Dossirung hat die Böschung von 3 : 4. Die Wassertiefe, in welcher der Damm erbaut wurde, vom Ebbewasser bis zum Boden des Meeres, wechselt zwischen 30 und 70 Fuss.

Bei dem ungemein kräftigen Dammprofile und der erwähnten, tief in die Steinschüttung des Unterbaues eingreifenden Fundirung des Dammkörpers hat derselbe wohl eine solche Festigkeit erlangt, dass nachträgliche Reparaturen hier nicht vorkommen dürften, wie sie zu Cherbourg und an andern Orten, wo die Fundirungen nur 1 Fuss unter das Ebbewasser, oder im Niveau desselben in den Unterbau hineinreichen, häufig nothwendig werden und ungeheure Kosten verursachen.

Der Bau zu Alderney wurde im Contractwege nach Einheitspreisen, welche zumal bei dem Bruchsteinmateriale sich auf das Gewicht der verwendeten Steine beziehen, bewirkt und seitens der Admiralität überwacht, von welcher auch das Hafen- und Damm-Projekt verfasst wurde. Der Hafen hat eine Ausdehnung von nahezu 190 Joch Flächeninhalt, wovon aber der grösste Theil nächst den Ufern mit Klippen besäet ist und blos eine geringe, nur für Kanonenboote und sonstige kleine Kriegsschiffe ausreichende Wasserfläche bietet. Kaum 40 Joch der Hafenfläche gewähren die für Kriegsfahrzeuge erforderliche Tiefe von 30 und mehr Fuss, so dass der Hafen wohl nicht mehr als 20 dieser Fahrzeuge aufnehmen kann.

Der Transport der Steine zur Schüttung konnte, weil hier das Meer sehr stürmisch ist, nicht sofort, wie später beschrieben wird, mittels Aufstellung von Jochen im Meere und darüber angelegte Eisenbahnen geschehen, sondern es wurden die Steine aus den auf etwa ¾ Stunden vom Bauplatze entlegenen Brüchen mittels Locomotiven und Eisenbahnen nur auf ein ziemlich weit in das Wasser eingebautes Landjoch beigefahren, dort aber mittels hölzerner Schläuche aus den Karren in Schiffe herabgelassen, durch letztere auf die Baustelle gebracht und endlich dort in das Wasser geshüttet. Nachdem auf diese Weise der

Unterbau nahezu bis in das Niveau des Ebbewassers heraufgebracht war, wurden auf demselben entsprechende, mit Löchern zur Aufnahme von Jochpfählen versehene Quaderstücke eingelegt und in jenen Löchern Jochpfähle aufgestellt, dann die Jochschwellen und Bahnen gelegt. Die so erlangten Bahnen dienten zur Beifuhr der Quader und Steine für das auf die Steinschüttung kommende Fundament der beiderseitigen, den Oberbau einschliessenden Verkleidungsmauern.

Die Vertiefung der Fundamentsohle von 12 Fuss und 9 Zoll unter das Ebbewasser machte hier auch noch die Anwendung der Taucherglocke nothwendig, welche zu Cherbourg, Cette und Holyhead, wo das Fundament höchstens nur 1 Fuss unter das Ebbewasser reicht, nicht gebraucht worden ist. Die Aussenseiten des Dammes wurden, selbst im Fundamente, aus Granitquadern und mit Portland-Cement gebildet. Die Quader wurden zum Theil auf der Insel selbst gebrochen, zum Theil aber und im Durchschnitte sogar wohlfeiler aus England und von der französichen Küste beigebracht. Die Stücke sind 6 bis 8 Fuss lang, 4 bis 5 Fuss breit und 3 bis 3 ½ Fuss hoch; so dass das Gewicht eines Stückes 140 bis 200 Centner beträgt. Das innere Mauerwerk wurde an der gegen die offene See gerichteten Seite des Dammes mit künstlichen quaderartigen Cementblöcken, von ähnlicher Grösse wie die Granitquadern, aus Medina-Cement hergestellt, welcher um die Hälfte wohlfeiler ist, als der Cement von Portland. Diese Blöcke wurden aus $^1/_{10}$ Cement, und in den übrigen 9 Theilen aus sehr röschem, reinem Kiessande, so wie aus Kieselstücken und Steintrümmern bereitet. Der Kiessand wurde aus verwitterten Granitstücken mittels einer besonderen Mahlvorrichtung erzeugt. Die besagte Mischung für die Cementblöcke wurde nach sehr sorgfältiger Durcharbeitung mittels hölzerner Kästen geformt, aus diesen nach mehreren Tagen herausgenommen und bis zur vollen Erhärtung noch lange auf dem Lande aufbewahrt.

Sowohl die Granit- als die Cement-Quader wurden mittelst der auf erwähnten Jochen hergestellten Eisenbahn und mittelst beweglicher Laufkrahnen bis an das jeweilige äusserste Ende des Baues beigefahren, in's Wasser herabgelassen, und dann, in so lange man an dem noch im Wasser befindlichen Mauertheile arbeitete, von den in der Taucherglocke befindlichen Arbeitern unten in ihre richtige Lage gebracht, und deren äussere Fugen mit Portland-Cement, deren innere Fugen aber mit hydraulischem Mörtel ausgefüllt. Der innere Dammkörper wurde über der Steinschüttung des Unterbaues vom Ebbewasser an aus Bétonmauerwerk mit hydraulischem Mörtel hergestellt.

Sowohl der Oeconomie wegen, als insbesondere um auf der 25 Fuss breiten und 6 Fuss über dem Fluthwasser angelegten Communication Zufluchtsorte gegen die über die Brustmauer heraufschlagenden Wellen zu erlangen, wurden auf 24 Fuss Entfernung von einander 12 Fuss breite, 8 Fuss tiefe, in dem Profile ersichtlich gemachte Nischen hergestellt, welche nicht mit einem Tonnengewölbe, sondern mittels dreier Kappen überwölbt wurden, wobei die auf der inneren Stirnseite der Nische ruhende Kappe der Mauer gegen den äusseren Wellenschlag mehr Festigkeit gewährt.

Die Fig. 567, Taf, LVII, zeigt das Profil der neuen *Hafendämme zu Marseille.*

Marseille, die bedeutendste Handelsstadt in Frankreich, hatte noch vor ungefähr 19 Jahren einen Hafen, der nur aus einem Bassin bestand und eine Ausdehnung von 45 Jochen hatte. Bei dem in letzterer Zeit eingetretenen grösseren Handelsverhekr trat hier, wie in den meisten Häfen, die Nothwendigkeit einer Vergrösserung einer Hafen-Anlage ein. Zu diesem Behufe wurde nördlich von dem alten Hafen ein neuer Hafen, das Bassin la Joliette von beiläufig 36 ½ Joch Ausdehnung und durchschnittlich mit 25 Fuss Tiefe angelegt. Diese Ausdehnung genügte jedoch nicht, demnach wurde in Verbindung mit dem Bassin la Joliette nördlich und anstossend an dieses der Eisenbahnhafen mit beiläufig 17 Joch Grösse, und noch nördlicher an den Eisenbahnhafen anstossend das Bassin Napoleon, welches an Grösse alle andern übertrifft, angelegt. Dieses Bassin hat bei 76 Joch Ausdehnung, seine Tiefe beträgt in der Nähe des Hafendammes 44, und an der Landseite 25 Fuss. An das Bassin Napoleon schliesst sich an der Nordseite ein Vorhafen von 91 Joch Grösse an. Die Verbindung zwischen dem nördlichen neuen Vorhafen und dem Bassin Napoleon ist 240 Fuss weit, jene zwischen dem genannten Bassin und dem Eisenbahnhafen 370, die zwischen letzterem und dem Bassin Joliette 64 Fuss, welche mit einer Drehbrücke überspannt ist, und endlich ist die Verbindung zwischen dem Bassin la Joliette und dem alten Vorhafen 127 Fuss. Nach Eröffnung des Canals von Suez denkt man die ganze Bucht bis zur Insel Ratonneau in einen geschlossenen Hafen zu verwandeln, der bei 3000 Joch fassen dürfte. Zu diesem Zwecke würde der hiezu nothwendige Hafendamm bei ¾ deutsche Meilen lang

werden und auf zwei Drittel seiner Länge in einer Wasserfläche von 159 Fuss zu erbauen sein.

Die Kaimauern des Hafenbassins la Joliette sind bis 0.30 Meter unter dem niedersten Wasserstand aus Bétonblöcken mit sich überdeckenden Fugen gebildet und haben durch das Zurücktreten der oberen Schichten der Blöcke eine schwache Böschung erhalten. Auf diesen Blöcken ist sodann gewöhnliches Bruch- oder Werkstein-Mauerwerk aufgeführt.

Der ausgeführte Hafendamm des Bassins la Joliette wurde in einer Tiefe zwischen 44 und 70 Fuss erbaut. Wie das Profil Fig. 567, Taf. LVII, des Hafendammes zeigt, ist der innere Theil aus Bruchsteinen von sehr mässiger Grösse gebildet, welche nach der Oberfläche zu grösser werden; sie sind jedoch nicht von der Art, dass sie an der Seeseite dem Wellenschlag widerstehen könnten. Um nun die äusseren Böschungen der Hafendämme gegen die Wellen zu schützen, hat man Blöcke von Béton gebildet, welche wenigstens 10 Cubikmeter Inhalt haben. Die seeseitige Böschung der Bétonblöcke hat in ihrem unteren Theile das Verhältniss 1 : 1, in ihrem oberen Theile jedoch jenes von $2\frac{1}{2}$: 1. Die Bétonblöcke wurden auf dem Ufer angefertigt und nach ihrer Erhärtung, welche in 12 bis 14 Tagen erfolgte, mittels Eisenbahnen und geneigten Rüstungen auf die seeseitige Böschung, ganz irregulär und ohne alle Rücksicht auf ihre Lage versenkt. Um das Anlegen der Schiffe auf der inneren Seite zu ermöglichen, wurde die Böschung daselbst in der nothwendigen Tiefe abgeglichen und auf diese Gleiche bis in die Höhe des kleinsten Wassers eine Bétonmauer gestellt, auf welche dann die weitere Aufmauerung bis in das Niveau der Dammkrone in gewöhnlicher Weise erfolgt ist. Hinter dieser Bétonmauer wurde der Damm mit Gerölle angeschüttet. An der vorderen Seite befindet sich auf dem Damme eine vertikale Mauer, und vor dieser eine gemauerte Risberme. Dieselben stehen unmittelbar auf der Steinschüttung, und wo die vorgeworfenen Bétonblöcke die Mauerrichtung trafen, sind sie als Mauermasse mit benutzt. Um die Krone des Dammes gegen das Ueberstürzen grosser Wassermassen möglichst zu schützen, befindet sich auf der inneren Seite der Hafenmauer noch eine kleine Brustmauer. Die Krone des Hafendammes ist am Bassin la Joliette 60 Fuss breit; sie dient nicht nur zur zeitweisen Aufstellung von Materialien und Waaren in grossen Quantitäten, sondern es fahren auch daselbst Wägen nach den Anlegeplätzen der Dampfschiffe, und an anderen Stellen hat man darauf sogar Schuppen, Schmieden und andere Werkstätten errichtet.

Bei diesem Damme kamen bezüglich der Grösse vier Gattungen von Steinen in Verwendung: Steinschutt von $\frac{1}{20}$ bis 1 Kubikfuss zur Bildung des untersten Theiles des Dammes und zur Schüttung hinter der Bétonmauer; kleine Steine von 1 bis 16 Kubikfuss und mittlere Steine von 16 bis 50 Kubikfuss bilden gemengt mit einander den mittleren Kern des Dammes; und endlich grosse Steine von 50 bis 100 Kubikfuss bilden die äussere Umhüllung des Dammes sowohl auf der Hafen- als auf der Seeseite. Auf diese kamen erst die Bétonblöcke zu liegen. Diese letzteren wurden von Kalk aus dem Rhonethale von Theil, aus Sand und kleinen Steinen gebildet, und der Mörtel bestand dem Rauminhalte nach aus 3 Theilen Kalkmehl und 5 Theilen Sand, und zum Béton nahm man 1 Theil solchen Mörtels und 2 Theile Steintrümmer, wovon jeder Stein durch einen Ring von 2 Zoll Durchmesser gehen musste. Die Auslagen beliefen sich bei 6500 Francs für den laufenden Meter.

Bei den Hafendämmen von Marseille, sowie auch bei einigen andern im Mittelländischen Meere erbauten, als bei jenen von Cette, la Ciotat, Cassis und Port Vendres, hat sich die Ansicht bestätigt: dass gerade die ungeregelte Lage der Steinwürfe für das Brechen der Wellen sehr günstig, und dass es bei hinlänglich grossen Blöcken unnütz ist, die Hafendämme, welche mit einer vertikalen Mauer auf ihrer Krone versehen sind, nach geebneten Linien abzupflastern, und zu diesem Ende die in ihrem rohen Zustande mächtigen Blöcke zuzurichten, um sie mit grossen Kosten viel kleiner zu glattem Pflaster zusammen zu fügen, welches oft aussergewöhnlichen Stürmen auch nicht widersteht und mit grossen Kosten wieder hergestellt werden muss. Auch glaubt man bei Betrachtung des Profiles dieses Hafendammes, sowie noch einiger oben erwähnter, die Bemerkung machen zu dürfen, dass Hafendämme aus Steinschüttungen, die mit einer Mauer auf ihrer Krone versehen sind, in ihrer seeseitigen Dossirung steiler gehalten, viel weniger Beschädigungen unterworfen sind, als jene, welche von ihrer Brustmauer eine dem Seestrande ähnliche flache Dossirung haben, wie z. B. der Hafendamm von Cherbourg, dessen flache Dossirung fortwährende Reparaturen benöthigt. Bei flachen Dossirungen werden die Wellen mit viel grösserer Gewalt gegen den Fuss der Mauer getrieben, als bei steilen Böschungen, und hiemit ist dieser auch bei ersteren grösseren Beschädigungen ausgesetzt, als bei

letzteren. Die 1½-, höchstens die 2fache Anlage dürfte unter allen Umständen genügen. Der Bau kömmt hiedurch auch viel billiger zu stehen. Eine Bewegung der Steine nach der Seeseite zu muss aber jedenfalls durch grosse aufgelegte Bétonblöcke verhütet werden, weil sonst die Mauer nur zu bald ihre Unterstützung verlieren würde.

Cette besitzt mit Ausnahme von Marseille und Toulon den bedeutendsten Hafen an der französischen Küste des Mittelländischen Meeres. Bei Cette mündet der Canal du Midi in das Meer. Zum Schutze dieser Canalmündung ist schon vor zwei Jahrhunderten, wie die Fig. 571, Taf. LVIII, zeigt, der westliche über 2000 Fuss lange Hafendamm, Molo St. Louis, aufgeführt worden. Zum Schutze des Ancien-Bassins gegen die Wellen bei östlichen Winden wurde erst am Anfang dieses Jahrhunderts der Damm von Frontignan in einer Länge von 2280 Euss bis in die Richtung des Molo St. Louis geführt; die Entfernung der beiden Moloköpfe beträgt 950 Fuss. Bis vor wenigen Jahren hatte Cette im Innern der Stadt nur den gleichnamigen Canal, der den See von Thau, in welchen der Canal du Midi ausmündet, mit dem Hafen verband, und in nordöstlicher Richtung zweigte sich von diesem der Canal de la Peyrade ab. Dermalen befindet sich, an den Damm Frontignan anschliessend, ein grosses neues Bassin, das durch den breiten Canal maritime eine zweite Verbindung mit dem Canal de la Peyrade herstellt. Von diesem geht die Verlängerung des Canals maritime ab, welche ausserhalb der Stadt in den Canal von Cette einmündet; an diesem letzteren Canal liegt der Bahnhof. Seitwärts dieser Verlängerung befindet sich das neu angelegte Dockbassin. Der Canal von Cette ist nur in seinem äusseren verbreiteten Theile den Seeschiffen zugänglich.

Da in den von den Molen St. Louis und Frontignan gebildeten Häfen die Schiffe keinen Schutz gegen Südwinde hatten, so wurde in den Jahren 1820 bis 1830 vor dessen grosse 950 Fuss breite Mündung ein Wellenbrecher erbaut, der den wichtigsten Bau des Hafens von Cette darstellt.

Seine Situation zeigt die Figur. Er ist 1800 Fuss lang, seine Flügel sind nach Norden zurückgebogen und er ist in einer mittleren Wassertiefe von 24 aufgeführt. Die an seiner Westseite liegende Einfahrt ist 900, die an der Ostseite 600 Fuss weit. Der Wellenbrecher, dessen dermaliges Profil die Fig. 568, Taf. LVII, zeigt, wurde anfänglich nach den zu jener Zeit geltenden Anschauungen aus einer Steinschüttung mit flacher seeseitiger Dossirung gebildet. Die Steine wurden auch hier, und zwar noch in grösseren Massen, als bei dem Cherbourger Damme, sowohl über die Krone des Dammes, als auch um die beiden Köpfe desselben geworfen, weil die Wellenwirkung bei Cette eine viel stärkere, als dort ist. Neben jedem der beiden Dammköpfe sieht man in Folge dieser Wirkung Steinbänke von grosser Ausdehnung über das Wasser vortreten, und zwar an Stellen, wo früher eine Tiefe von 24 Fuss war. Mit Recht behauptet man, dass die Unhaltbarkeit dieser Constructionsart der Hafendämme sich an keinem Orte so auffallend zeigte, wie hier. Um weiteren Beschädigungen des Dammes vorzubeugtn und diesen zum Stehen zu bringen, wurde, wie das Profil des Dammes zeigt, eine 9½ Fuss breite und 19 Fuss über den mittleren Wasserspiegel sich erhebende Mauer auf seine Krone gestellt und die äussere, schon vorhandene sehr flache Böschung mit grossen Bétonblöcken bedeckt. Der hier so heftige Wellenschlag hat die gewöhnlich mit 10 bis 15 Kubikmeter Inhalt geformten Blöcke bewegt, und diese mussten demnach hier mit 20 Kubikmeter Inhalt geformt werden. Welche immense Kraft der Wellenschlag hier ausübt, mag daraus entnommen werden, dass bei einem überaus heftigen Sturme am 20. August 1857 ein Block von 7 Meter Länge, 5 Meter Breite und 2 Meter mittlerer Höhe, d. i. von 70 Kubikmeter Inhalt, einen Meter weit auf die Dossirung hinaufgeschoben wurde; die Welle hat hier eine Kraft ausüben müssen, welche wenigstens einem Drucke von 1000 Pfund auf den Quadratfuss entsprach. In Folge der Wellenwirkungen häuften sich in einiger Zeit nach Herstellung der besagten Mauer vor derselben so sehr Steinablagerungen an, dass sie fast die Krone der Mauer erreichten; man entschloss sich demnach, den Raum vor der Mauer, wie die Figur zeigt, nach einer cylindrischen Form zu vermauern. Der Weg an der Innenseite der Mauer erhebt sich bei einer Breite von 17 Fuss 4½ Fuss über den mittleren Wasserspiegel. Die Mauer reicht nur wenig unter den mittleren Wasserstand hinab. Vor dem östlichen Kopfe wurde nach und nach die Steinschüttung fortgetrieben, und es wurde hier durch Herstellung einer Futtermauer unter Wasser der Unterbau gegen Unterspülung gesichert. Der Mörtel der Bétonblöcke bestand aus einem Theil gelöschten Kalkes von den Brüchen bei Theil und 2 Theilen Sand; der Béton wurde, wie bei Marseille, aus 1 Theil dieses Mörtels und 2 Theilen Steine gebildet.

Fig. 569, Taf. LVII, zeigt das Profil des neuen Hafendammes des Hafens la Ciotat. Die Mauern stehen hier auf Bétonschüttungen. Durch letztere

wurde die Steinschüttung zu beiden Seiten luftdicht abgeschlossen und unter dem Drucke der hohen Wellen wurde die in der Schüttung befindliche Luft so comprimirt, dass der Kai an mehreren Stellen aufbrach. Man hat daher in Entfernungen von 36 Fuss unmittelbar über dem Wasser, wie die Figur zeigt, Luftröhren von einem Fuss Durchmesser angebracht; diese sind aus Bruchsteinen gebildet und münden in kreisförmigen Oeffnungen durch die Bétonschüttung nach der Hafenseite aus.

In Triest, Venedig, wie auch in andern Häfen im Adriatischen Meere werden mit gutem Erfolge die Hafendämme mittels Bétonmauern gebildet, welche auf Steinschüttungen gesetzt werden. Das Material, welches zum Béton verwendet wird, ist die Santorin-Erde.

Die Steinschüttungen werden, um eine feste Basis zu erhalten, nur bis zu einer verhältnissmässig geringen Höhe über die Meeressohle aufgeführt, und die Bétonmauern reichen tief unter den Wasserspiegel hinab. Da diese Mauern nur eine sehr geringe Böschung bedürfen und die Herstellungsart derselben eine sehr einfache ist, so kommen solche durch Bétonmauern gebildete Hafendämme bedeutend billiger zu stehen, als wenn man die Constructionsart mit Steinschüttungen allein wählt, welche immer flachere Dossirungen bedürfen. Sie besitzen, da Santorinbéton im Seewasser nicht leidet, eine grössere Widerstandsfähigkeit, als lose aufeinandergestellte Béton- oder Steinquader. Im offenen Meere ist es jedoch gewagt, die zur Herstellung der Bétonmauern erforderliche Umschliessung aufzustellen, indem diese, wie auch der noch nicht erhärtete Béton durch den Wellenschlag sehr der Zerstörung ausgesetzt ist. Diese Herstellungsart der Hafendämme ist demnach nur in mehr oder weniger geschützten Buchten gerathen, in welchen der Wellenschlag sich mässiget. In dem Hafen von Triest, der zu Zeiten einem sehr heftigen Wellenschlag ausgesetzt ist, bestehen dennoch viele derlei Dämme; zur Herstellung derselben hat man die Zeit gewählt, in welcher der Wellenschlag daselbst muthmasslich entweder gar nicht, oder nur in sehr geringem Masse eintritt.

Fig. 572 a, Taf. LVIII, zeigt das Profil des Molo St. Carlo zu Triest, der vorzüglich zum Anlegen der Lloyd-Dampfschiffe bestimmt ist. Bei Triest bildet das Meeresufer eine flache Bucht, welche auf der Nordseite von dem Quarantainehafen begrenzt wird. Südlich und anschliessend an den Quarantainehafen befindet sich der Eisenbahnhafen. An der Südseite, vom alten Lazareth angefangen, ist auf eine kurze Strecke diese Bucht durch einen Hafendamm eingeschlossen, an dessen Spitze sich der Leuchtthurm befindet. Etwa in der Mitte der Bucht befindet sich ein bei 1300 Fuss langer und bei 80 Fuss breiter Binnenhafen, der Canal grande genannt. Die Tiefe der Bucht an den Ufermauern ist 6 bis 12 Fuss, weiter seewärts nimmt sie auf 60 bis 80 Fuss zu. Die Sehne der Bucht beträgt bei 6000 Fuss und ihre Pfeilhöhe bei 2500 Fuss. Um eine grössere Uferlänge zu erhalten und ein Anlegen der Schiffe auch im tieferen Wasser zu ermöglichen, ist eine Anzahl von Molos senkrecht gegen das Ufer in das Meer eingebaut, welche im Hafen auch den Wellenschlag etwas mässigen. Der bedeutendste dieser Molos ist der Molo St. Carlo, welcher über 950 Fuss lang ist. Die Tiefe, in welcher er erbaut ist, nimmt von seiner Wurzel bis zu seinem Kopfe zu, und an letzterer Stelle ist sie bei 46 Fuss. Die Steinschüttung, welche seine Basis bildet, liegt tief unter dem Wasser, theils damit die Steine vom Wellenschlag nicht mehr bewegt werden können, theils um die Steinschüttung selbst und daher ihre Kosten auf ein geringes Mass zu reduciren und endlich, um selbst tief tauchenden Schiffen ein Anlegen zu ermöglichen. Auf dieser Schüttung, welche ein bis zwei Jahre ruhen gelassen wurde, stehen die zwei, den Molo einfassenden Bétonmauern, welche bis zum niedersten Wasserstand reichen, und auf diesen Bétonmauern sind Bruchsteinmauern aufgeführt, die an der Aussenseite und auf ihrer Krone mit Werksteinen verkleidet sind und bei 3 Fuss das höchste Wasser überragen.

Am Meeresboden befindet sich eine weiche Schlammschicht, und bevor man die Steine verschüttete, wurden einige Pfähle eingerammt, welche zur Erleichterung der Aufstellung und zur Verankerung der Bétonkästen dienen, welche die in Fig. 572 b, Tafel LVIII, dargestellte Form und Construction erhielten. Das Nähere über Ausführung solcher Bétonmauern wurde bei den Fundirungen beschrieben.

Dass bei einem weichen Untergrunde, wie z. B. in Triest, dieses besonders der Fall ist, die Constructionsart solcher Hafendämme eine gewagte ist, ist nicht zu läugnen, und in der That sind bei manchen Molos nicht nur bedenkliche Bewegungen in Folge der Setzungen eingetreten, wie z. B. bei dem Molo St. Carlo, sondern es ist im Jahre 1857 bei dem Molo del Sale sogar vorgekommen, dass der vordere Theil desselben bis unter Wasser versank.

§. 76.

Schliesslich werden hier noch die schon erwähnten Murazzi von Venedig beschrieben. Diese Murazzi sind Dämme zum Schutze der langen und schmalen Inseln vor Venedig, welche selbst wieder der Lagune Schutz gewähren. Es wird bemerkt, dass der Fluthwechsel bei Venedig 3 Fuss beträgt, dass durchgehends vor diesen langgestreckten Inseln auf eine weite Strecke in das Meer hinaus die Tiefe eine sehr unbedeutende ist, und dass hiemit schon die Wellen, die im Adriatischen Meere überhaupt mit jenem grosser Meere nicht zu vergleichen sind, schon durch diese geringe Tiefe abgeschwächt werden.

Die Construction der Murazzi ist folgende: der Aufwurf ist von wohl zusammengestampften Schotterlagen gebildet, die entweder auf den Boden selbst aufgeschüttet sind, oder, wo dessen Nachgiebigkeit dies nicht gestattete, auf einen Unterbau von Pfahlwerk (stipita palafitta). Hierüber sind ganz ungeheure Mauern aus mächtigen Marmorquadern mit Puzzollanmörtel verbunden, an manchen Stellen von 13 bis 14 Meter Dicke und von 4 ½ Meter über dem gewöhnlichen Wasserstande errichtet. Auf der Seite der Lagunen erheben sich diese Marmordämme fast vertikal mit geringer Böschung, auf der andern Seite sind sie in Absätzen mit horizontalen, etwas geneigten Flächen abgestuft, worüber ein oberer Absatz eine Art von Brustwehr bildet. Die Figuren 574 a und b, Taf. LVIII, zeigen die Profile dieser Dämme. Eine kurze Strecke an den murazzi dei condannati ist das Profil einigermassen geändert; die punktirte Linie in Fig. 574 b deutet diese Abweichungen an. An verschiedenen Stellen, wo die Natur des Küstenlandes es erlaubte, sind anstatt abgestufter Bollwerke nur starke Mauern errichtet. Ihr Material besteht, wie bei jenen, aus Marmor in Puzzolancement versetzt, Fig. 574 c. Um diese Dämme besser gegen die Heftigkeit der Wellen zu schützen und um das Unterwaschen zu verhüten, ist ihr Fuss an verschiedenen Stellen, wo dies nöthig schien, durch einen Steinwurf gesichert worden, Fig. 574 b. An ihnen bricht sich der erste Andrang der Fluthen.

So sind die kolossalen Marmordämme gebaut, die aus den venezianischen Gewässern hervorragen. Da sie an den Küsten von Pelestrina und Chioggia eine Länge von 5267 Meter einnehmen und jeder Meter auf 2000 östr. Lire geschätzt wurde, so kann man ihre Kosten auf mehr als 10 ½ Millionen Lire angeben.

Auf dem übrigen Theile des Litorals ist, sei es, dass man eine ungewöhnlich starke Wehr nicht für nöthig hielt, sei es, dass die Republik der Kosten wegen nur allmählich die durchgehende Ausführung der Murazzi vornehmen wollte, ein Damm von anderer Art gebaut. Auf einem Pfahlrost erhebt sich ein Erdwall von der Breite und Höhe der Marmordämme; an der Meerseite, gegen die er eine flache Neigung hat, ist er nach Art der hier bestandenen antiken Dämme mit Steinschichten bedeckt. Um ihm jedoch mehr Halt zu geben, so ist sein Fuss mit einem in Puzzolanmörtel gemauerten Sockel von Marmorquadern und mit einem Steinwurfe befestigt, Fig. 574 d, Taf. LVIII.

Alle diese Arbeiten wurden in dem Zeitraume vom Jahre 1744 bis 1782 ausgeführt. Inschriften, die fast von Jahr zu Jahr die Länge der vollendeten Strecken bezeichnen, sind die Belege davon. Von jener Zeit an wurde nichts mehr hinzugebaut; die unvollkommenen Erdwälle mit dem Steinsockel und die noch unvollkommeneren alten Dämme von Malamocco blieben ohne Verbesserung und die vollendeten Marmordämme ohne Unterhaltung. Der Fall der Republik und die langjährigen Kriege in Italien erlaubten nicht, an jene, wenn auch nothwendigen Arbeiten zu denken. Aber zu lange vernachlässigte man die Reparaturen, die an den Wehren des Lido nöthig waren, bis endlich die gefahrvollen Einbrüche des Meeres zwangen, Sorge dafür zu tragen. Es war im Dezember 1825, als der venezianische Golf von den furchtbarsten Stürmen durchwühlt wurde. Das wilde Meer beschädigte die Uferdämme, besonders diejenigen, deren Fuss nicht durch einen Steinwurf gesichert war, stürzte die Steinsockel um, zerriss die Erdwälle von Pelestrina, zerstörte die alten Dämme von Malamocco, drang in die Lagunen ein und warf sich mit der Wuth des Sturmes bis in die Kanäle der Stadt Venedig.

Da überzeugte man sich von dem Schaden, den die Sorglosigkeit für die Eindämmungen der Lagunen verursacht hatte, und man begann dem noch grössern zu begegnen, der die Folge davon sein könnte. Die ersten Arbeiten galten der Küste von Malamocco. Die Stärke des neuen Dammes wurde daselbst von 13 ½ Meter auf 22 ½ Meter vermehrt, die Höhe von 4 ½ Meter aber beibehalten und eine Krone von 4 Meter Breite angelegt. Die Seiten wurden abgeböscht, nach den Lagunen in einem Winkel von 45 Graden, nach dem Meere in einem Winkel von 9 Graden. Der Kern dieser Dämme wurde aus dem Schlamm der Lagunen aufgeworfen, und ihre Oberfläche an der Meerseite aus grossen möglichst

regelmässigen Steinblöcken gebildet, die in Verband gelegt und da, wo der Böschungswinkel grösser als neun Grade sein musste, in Puzzolane versetzt sind. Um zu verhüten, dass dieser Steinbelag durch Wellenschlag nicht unterwaschen werde, wurde er auf eine Schotterschicht gebettet. Am Fusse dieser Böschung brachte man zu grösserer Haltbarkeit ein Pfahlwerk an und bedeckte den Strand in einer grossen Breite mit einem Steinwurf, wodurch die Uferböschung um so viel verlängert wurde. Die Fig. 574 e, Taf. LIX, zeigt das Profil dieser Dämme. Nach Fig. 574 f sind die Küsten von Pelestrina, Sotomarina und Chioggia befestigt. Nicht auf allen Stellen von Pelestrina waren die neuen Profile anwendbar, weil man sich häufig an vorhandene Uferbauten anzuschliessen hatte. Durch das Zurückziehen dieses Profils auf den bebauten schmalen Erdstreif würden den Bewohnern die wenigen Schollen, die sie besitzen, noch verringert worden sein; durch Vorrücken in's Meer aber hätten sich beim Anschluss an die alten Murazzi Versandungen gebildet, und ausserdem wäre man des an vielen Stellen noch vorhandenen Steinsockels verlustig geworden, der den neuen Arbeiten einen guten Schutz leisten konnte. Daher gab man dem veränderten Profil die Breite des alten Dammes und benützte die Ueberbleibsel des Sockels mit seinem Steinwurf, um den fortwährend bespülten Fuss des Dammes zu verstärken. Die Höhe und die Lagunenböschung blieben dieselben, wie bei den Bauten von Malamocco, die Krone aber machte man nur 3 Meter breit und die seeseitige Dossirung wurde nach Maasgabe der Stärke der alten Dämme meistens auf das Dreifache der Höhe angelegt. Ein Theil dieser Böschung wurde, wie Fig. 574 g, Taf. LIX, zeigt, mit grossen Blöcken, durch Mörtel aus Kalk und Puzzolane unter einander verbunden, in der Art bekleidet, dass die kleinen Steine gegen die Krone, die grössern aber nach unten gelegt wurden. Die steilern Böschungen aber wurden blos gepflastert.

Die Fig. 573, Taf. LVIII, zeigt das Profil der bereits erwähnten Diga di Nord vor dem Hafen von Malamocco bei Venedig.

§. 77.

Zum Steintransport für Steinschüttungen eignet sich der Wassertransport weniger als der Transport mittels Eisenbahnen. Es ist zwar der Wassertransport an und für sich billiger, als der Transport auf Eisenbahnen, aber das hiebei nothwendige und bei grossen Steinen besonders schwierige Umladen derselben von dem Wagen in die Schiffe, so wie auch die schwierigere Art der Versenkung der Steine aus den Schiffen vertheuert zu diesem Zwecke den Wassertransport, indem durch Bodenklappen an den Schiffen grössere Steine nicht leicht zu versenken sind, sondern dieses meistens nur mittels Hebemaschinen geschehen muss. Dieses, so wie auch der Umstand, dass der Wassertransport wegen unruhiger See häufig unterbrochen wird, machen den Transport der Steine zu Schüttungen in grossen Massen durch Eisenbahnen im Allgemeinen schon einfacher, leichter und auch billiger, besonders aber wenn die Schüttung bereits so hoch ist, dass man die Schiffe nicht mehr darüber stellen kann und die Ladung auf die Schüttung erst hinaufzuschleppen wäre. Bei weiter zu verführenden Steinmassen sind Locomotive der Pferdekraft vorzuziehen. Ist der zu erbauende Damm mit dem Lande verbunden, so ist die Herstellung einer Eisenbahn auf der Krone der nach und nach verlängerten Steinschüttung leicht; ist aber der Damm nicht mit dem Lande verbunden, wie zu Cherbourg und Cette, da wird es wohl nie oder nur in den allerseltensten Fällen möglich sein, auf irgend eine Art eine provisorische Holzplattform herzustellen, welche die Verbindung des Dammes mit dem Lande herstellt.

Interessant und trefflich war in dieser Beziehung die Einrichtung, welche Rendel bei den Dammschüttungen zu Holyhead, die mit dem Lande verbunden sind, gewählt hatte und die hier in aller Kürze beschrieben folgt.

Zu diesem Behufe wurden die Bahnen, nach Massgabe der Verlängerung des Baues, allmählich in der See mittelst hölzerner, etwa 18—20 Fuss über das Fluthwasser reichender, 150 Fuss breiter, 30 Fuss von einander abstehender Joche errichtet. Jedes der Joche besteht aus 5 ungeheuren Pfählen und der auf die Pfähle aufgezapften Jochschwelle, welche aus doppelten Balken gebildet und mit entsprechenden Sattelhölzern versehen wurde. Von einem Joche zum andern wurden auf die Jochschwellen Längenbalken und auf diese die Eisenbahnschienen für 5 mit einander parallele, mit Locomotiven befahrene Bahnen, und zwar jede über einem der erwähnten 5 Jochpfähle angebracht. Auf diesen Bahnen nun werden die Steine, welche an einer etwa 1500—2000 Schritte vom Anfang des Dammes entfernten Felswand gebrochen werden, in grossen, mit Kästen zum Umkippen versehenen Waggons beigebracht und von den Bahnen herab in's Meer geworfen.

Das Merkwürdigste und Eigenthümlichste aber

ist die Art, in welcher, wenn die Steinschüttung zwischen den vorderen zwei Jochen nahezu vollendet ist, ein weiteres neues Joch im Meere aufgestellt, und wenn solches zum Feststehen gebracht ist, die Fortsetzung der Bahnen und der Weiterbau überhaupt bewirkt wird. Die Jochpfähle, 86—92 Fuss lang und 28 Zoll dick, aus mehreren entsprechend gezimmerten, mittelst starker eiserner Schraubenbolzen verbundenen Holzstücken, wurden nämlich an ihrem Fusse, oder vielmehr 1½—2 Fuss oberhalb desselben, mit einem etwa 11 Fuss langen, im Lichten 4 Fuss breiten, 1¼ Fuss hohen Kasten verbunden, welcher zur Aufahme von 40—45 Zentner Steine diente. Die Pfähle wurden für ein neu aufzustellendes Joch von der Erzeugungsstätte in die Nähe des bereits stehenden Joches schwimmend, mittels eines kleinen Dampfers der Ordnung nach remorquirt; während auf dem letzten feststehenden, schon mit den Bahnen belegten Joche, 5 mit starker Hinterwucht versehene, bewegliche Krahne in der Art aufgestellt wurden, dass das Ende ihrer Ausschussbäume frei über dem Wasser 30 Fuss weit vorragte. Die Stellung dieser Krahne wurde gleichfalls vom letzten stehenden Joche her mittelst einer Chablone so geregelt, dass die Ausschussbäume genau über die für die Aufstellung der Pfähle des neuen Joches bestimmten Punkte trafen, zu welchem Behufe ein kleines bewegliches Ausschussgerüst angebracht wurde. Dann wurden die für das neue Joch bestimmten, im Wasser schwimmenden Pfähle unter die Ausschussbäume geführt und sofort mittels der Krahne gehoben, wobei der erwähnte, mit Steinen beschwerte Kasten das Einsenken der Pfahlspitzen gegen den Meeresgrund förderte, der Krahn aber und die Chablone die richtige Stellung des oberen Theiles der Pfähle vermittelte. Sobald die 5 Pfähle in dieser Weise im Wasser aufgestellt waren, wurden die Sattelhölzer der Jochschwelle und auf diese die Schwelle selbst mit Hilfe der jede Drehung gestattenden Ausschussbäume der Krahne, vom letzten Joch her, beigebracht und aufgelegt, dann aber provisorische Längenbalken von dem letzten Joche zu dem neuen in der Aufstellung begriffenen vorgeschoben, und auf diesen Balken über jedem neugestellten Pfahle gefüllte Steinkarren aufgestellt, wodurch, so wie durch den Druck der eigenen Schwere, die Pfähle bald 18—24 Zoll tief in den Meeresgrund einsanken. Durch weiteres Hinabstürzen von Steinen wurde den Pfählen, mittelst des um ihren Fuss sich aufhäufenden Steinkegels, bald ein ziemlich fester Stand verschafft, so dass Jochschwelle und Längenbalken definitiv fest und richtig gelegt werden konnten, wornach mit der Verlängerung der Eisenbahnen fortgefahren wurde.

Wenn in solcher Weise die Schüttung einige Fuss über das Ebbewasser gebracht wurde, blieb sie bis zu ihrer vollen Consolidirung liegen und der Aufbau wurde erst nach 2 Jahren bis zur weiteren Höhe fortgesetzt. Zum Behufe desselben wurden auf der Oberfläche der Steinschüttung, also über dem Ebbewasser, Hilfsbahnen errichtet und darauf sowohl Steinkarren, als kleine von Dampfmaschinen bewegte Krahnen, mittelst locomobiler Maschinen, nach Bedarf bewegt. Diese Arbeit geschah natürlich nur bei niedrigem Wasser, so lange nämlich dasselbe die noch nicht auf die volle Höhe gebrachte Dammschüttung nicht überfluthet; daher auch Karren und Krahne bei höher steigendem Wasser stets zurückgezogen, während die Bahnen selbst, ohne Schaden zu leiden, vom Wasser bedeckt wurden.

Es mag hier im Allgemeinen angeführt werden, dass die so ungemein schwierige Ausführung solcher Dämme in neuerer Zeit durch die Vervollkommnung der Taucherglocke und der Lauf- und sonstigen Krahne, dann durch die Anwendung der Dampfmaschinen und Eisenbahnen, so wie der künstlichen Cementquader grosse Hilfsmittel zu rascherer und wohlfeilerer Förderung erlangt hat.

§. 78.

Zum Schlusse der Hafendammbauten soll hier noch Einiges über die Bereitung und über den Transport der Bétonblöcke, mit welchen die seeseitige Dossirung der Schüttungen bedeckt wird, gesagt werden. Was die Bereitung des Bétons betrifft, so verweisen wir lediglich auf die bei den Fundirungen hierüber gegebenen Andeutungen, dem nichts Wesentliches darüber mehr hinzuzufügen ist. Bemerkt muss übrigens werden, dass die Mischungsverhältnisse zur Bereitung des Bétons in den verschiedenen Orten nicht die gleichen sind, indem sich dieselben nach den vorhandenen Materialien, so wie auch nach ihrer Qualität richten. Die Bereitung des Mörtels zu solchen grossen Bétonmassen geschieht mittels eigener Maschinen; die des Bétons aber meistens durch Handarbeit. Wie überhaupt bei Erzeugungen von Mörtel und Béton, so ist es auch hier von besonderer Wichtigkeit, die Mengung und Durcharbeitung des Bétons vollständig zu bewirken, denn je vollständiger diese Arbeit vorgenommen wird, um so besser wird bei gleichen Materialen die Qualität des Bétons. Die Durcharbeitung des Bétons wird nicht nur an der Stelle seiner Erzeugung vorgenommen, vielmehr wird

solche beim Einfüllen desselben in den Transportwagen fortgesetzt, besonders aber beim Füllen der Formkästen.

Alle Transporte erfolgen in solchen Fällen auch auf Eisenbahnen in eigenen Wagen, deren Kästen aus Holz, oft auch aus Eisenblech bestehen. — Die Formkästen bestehen gewöhnlich aus vier Wänden, die mittels Schrauben entsprechend mit einander verbunden werden. Diese Wände sind durch Rahmen gebildet, welche an der inneren Seite mit schwachen Brettern verschalt sind; die Längenwände müssen wegen ihrer grösseren Länge etwas stärker sein und erhalten demnach einige vertikale Stiele, die in die Ober- und Unterschwelle der Rahmen verzapft sind. Sobald diese vier Wände zu einem Kasten verbunden werden, legt man auf den Boden desselben zwei Stücke Holz, die etwa 6 Zoll hoch, oben 5 und unten 8 Zoll breit sind. Sie dienen, um in der untern Fläche des Bétonblockes zwei Querrinnen zu erzeugen, durch welche, um den Block bewegen und heben zu können, starke Ketten gezogen werden. Besser ist es, statt mittels eines solchen Holzstückes, diese Rinnen aus dünnen Brettern zu bilden, die man auf den Boden des Kastens legt, indem man sodann den erhärteten Block nicht zu lüften braucht, um die Holzprismen zu entfernen und durch diese Rinnen sogleich Ketten durchziehen kann.

Der Platz, auf welchem die Blöcke regelmässig in mehreren Reihen geformt und bis zum Gebrauche aufbewahrt werden, muss sorgfältig geebnet sein, so dass man sowohl beim Wegführen der erhärteten Blöcke, als auch beim Formen derselben nach Nothwendigkeit die Geleise legen kann. Nach einigen Tagen, deren Zahl von der Gattung und Qualität der verwendeten Materialien abhängt, sind die Blöcke gewöhnlich schon so erhärtet, dass man die Formkästen abnehmen und bei einem andern Blocke verwenden kann. Die Blöcke müssen jedoch sodann noch vier bis sechs oder auch mehr Wochen auf der Stelle, auf welcher sie geformt wurden, ruhig liegen bleiben, bis sie so fest sind, dass sie sich sicher heben und transportiren lassen. Nach dieser Zeit kann man sie zur Bedeckung einer Dossirung verwenden, jedoch dürfen sie noch nicht verstürzt, sondern mittels Windenvorrichtungen von Flössen langsam herabgelassen werden, weil sie sonst noch zerbrechen würden. Sollen sie aber den Fuss einer Hafenmauer sichern und von der Risberme hinabgestürzt werden, so darf dies erst nach etwa drei Monaten, nachdem sie geformt sind, geschehen.

Soll ein Block an einer Küste, die gar keinem oder nur einem geringen Fluthwechsel ausgesetzt ist, transportirt werden, so zieht man unter denselben durch die Rinnen starke Ketten und stellt über ihn eine Rüstung, durch welche er entweder mittels oben angebrachter Schraubenspindeln oder sonstiger Maschinen gehoben wird. Alsdann wird die auf einen Holzrahmen befestigte Eisenbahn darunter geschoben, auf diese ein niedriger Wagen geführt und auf diesen der Block niedergelassen. Da die Bewegung eines beladenen Wagens wegen der in solcher Weise etwas unregelmässig hergestellten Eisenbahn doch immer sehr schwierig sein wird, so kann man zu diesem Zwecke auch in die Verlängerung der Bahn eine Erdwinde anbringen. Senkrecht auf diese Richtungen, d. i. parallel mit dem Ufer, von welchen die Blöcke über eine schiefe Ebene in das Wasser zum Weitertransporte herabzulassen sind, muss ein Quergeleise hergestellt werden. Der Uebergang von einer Richtung in die andere geschieht, weil gewöhnliche Drehscheiben hier füglich nicht zu benutzen sind, am besten, wenn die Querbahn um eine Wagenhöhe tiefer liegt und der erste Wagen sammt dem Block auf den zweiten tiefer liegenden Wagen der Querbahn geführt wird; soll von hier aus der Block wieder nach der ersten Richtung auf die besagte schiefe Ebene weiter transportirt werden, so wird das auf dieser befindliche Geleise um eine Wagenhöhe höher, d. h. so hoch als das erste gelegt, worauf dann der obere Wagen diese neue Richtung verfolgen kann. Auf der schiefen, in das Wasser reichenden Ebene wird der Wagen mittels einer Erdwinde herabgelassen. Diese geneigte Ebene besteht aus Langbalken, auf welchen Schienen genagelt und welche mittels Querriegel verbunden sind. Dieser Rahmen ruht auf zwei Reihen eingerammter Pfähle, die ein jeder 3 Fuss von einander entfernt sind und deren Köpfe in passender Höhe unter Wasser abgeschnitten werden. Der Rahmen, der die Bahn bildet, wird am Ufer gegen zwei Pfähle befestigt, und während er im Wasser schwimmt, am vorderen Ende beschwert, wodurch er auf die eingerammten Pfähle herabsinkt. Durch Taucher kann man sodann seine Lage untersuchen und über alle jene Pfahlköpfe, die er nicht berührt, Holzkeile einschlagen lassen. Nimmt man das Gewicht, womit der Rahmen belastet wurde, weg, so fängt er sogleich zu schwimmen an. Der Block wird auf dieser schiefen Ebene nur so weit in das Wasser gelassen, dass er an dem Apparat, mittels dessen er an die Stelle, über welcher er versenkt werden soll, gebracht wird, aufgehangen werden kann. Dieser Senkapparat kann verschieden construirt werden. Zuweilen besteht er

aus zwei grossen hölzernen Tonnen von etwa 7 Meter Länge und 2.4 Meter Durchmesser; diese tragen eine starke Rüstung mit Winden oder sonstigen Maschinen, mittels welcher man den Block fassen, etwas heben und beliebig versenken kann. Oder er besteht aus zwei fest mit einander verbundenen, flachen Fahrzeugen, zwischen welchen die Blöcke mit Tauen entweder, wenn ein bedeutender Fluthwechsel stattfindet, blos entsprechend befestigt, oder im Falle des Gegentheils auch gehoben werden.

Wesentlich anders gestaltet sich die Operation des Versenkens der Blöcke an solchen Küsten, an welchen ein grosser Fluthwechsel stattfindet, wie z. B. in Cherbourg. Die schiefe Ebene, um die Blöcke in das Wasser zu lassen und sie mit dem Senkapparat weiter transportiren zu können, ist hier ganz entbehrlich. Gewöhnlich liegen die Blöcke in solchen Fällen auf einem Banket auf der inneren Seite des Dammes oder an einer sonst passenden Stelle, die ebenfalls nur beim niedersten Wasser zugänglich ist; während der Fluth wird der Senkapparat darüber geführt, die Blöcke daran befestigt und bei wachsender Fluth durch diesen gehoben, worauf der Transport und die Versenkung vorgenommen werden kann.

Leuchtthürme.

§. 79.

Die Lage der Küste und die eines jeden Hafens muss sowohl bei Tage, besonders aber zur Nachtzeit, dem ansegelnden Schiffe genau kenntlich gemacht werden. Dies geschieht durch Land- oder Tagemarken während des Tages, durch Leuchtthürme während der Nacht; letztere können aber auch gleichzeitig als Tagemarken dienen. Die Land- oder Tagemarken sind thurmähnliche Bauwerke von bedeutender Höhe und auffallender Form. die in den Seekarten, welche auch eine grosse Anzahl von Ufer-Ansichten enthalten, eingetragen, so wie auch beschrieben sind, in welcher Art ihr Feuer besteht, wodurch selbst der fremde Schiffer in der Lage ist, sich zu orientiren. Der erfahrene Seemann hat diese Marken, wie auch die Formation der Küsten seinem Gedächtnisse treu eingeprägt.

Leuchtthürme sind das sicherste und vollendetste Mittel für die Orientirung der Schiffe bei Nachtzeit. Stellen sie *Feuer erster Klasse* dar, so bezeichnen sie schon von weitem die Lage der Küste. Solche Feuer gehören zu den wichtigsten und erreichen die grösste Höhe, denn sie sollen durchschnittlich bei 40,000 Meter weit leuchten. Die Höhe eines Leuchtthurmes ist abhängig von der Entfernung, in welcher das Feuer noch sichtbar sein soll und von der Höhenanlage der Baustelle. Die Bestimmung der Höhe erfolgt mit Rücksicht auf die Krümmung der Erde, da unter Voraussetzung eines hinlänglich starken Leuchtapparats die Krümmung der Erde schliesslich die Verdeckung des Feuers bedingt. Auf dem Leuchtthurme zu Hâvre sollen die Lampen sogar 380 Fuss hoch liegen; auf dem Bremer sind sie 107, auf dem Triester 112, und auf dem von Salvore 122 Fuss hoch über die gewöhnlichen Fluthen angebracht. Diese Bauwerke, welche nicht nur den heftigsten Stürmen, sondern auch häufig dem Wellenschlage ausgesetzt sind, werden von Stein ausgeführt und erhalten eine kreisrunde Querschnittsform, weil sie sodann den Winden und Wellen den geringsten Widerstand darbieten. Stehen die Leuchtthürme an den Köpfen der Hafendämme, so erfolgt ihre Fundirung meist auf Steinschüttungen, stehen sie auf isolirten Felsen und sind sie den Wirkungen der Wellen ausgesetzt, so ist zu bemerken, dass je zwei einander berührende, horizontal durchlaufende Mauerschichten mit einander verbunden werden müssen. Solches geschieht theils durch vertikal stehende eiserne Anker, theils durch steinerne Dübel, welche in zwei sich berührenden Schichten eingreifen. Der Leuchtthurm von Eddystone, bei dessen Bau fast alle Schwierigkeiten sich vereinigten, die bei Leuchtthürmen vorkommen können (die einzige des schlechten Baugrundes ausgenommen, denn dieser bestand dort aus Felsen) und der dem aussergewöhnlichsten Wellenschlage ausgesetzt ist, hat wie alle Leuchtthürme im horizontalen Durchschnitt eine kreisrunde Form und sein vertikaler Durchschnitt durch die Achse wird durch zwei krumme Linien begrenzt, theils um die Gewalt der anschlagenden Wellen zu mindern, theils um die Grundfläche zu vergrössern. Der Durchmesser des horizontalen Schnittes ist oben 15 Fuss, und da, wo der Thurm aus dem Felsen emporsteigt, 26 Fuss.

Wenn aber die runde Form in vorerwähnter Beziehung vortheilhafter ist, als die eines Prisma's mit quadratischer Grundfläche, so ist sie doch in Beziehung auf Oekonomie in der Ausführung weniger gut und verträgt sich nicht mit einer zweckmässigen inneren Einrichtung. Die Magazine und Wohnungen der Wächter lassen sich nicht so gut eintheilen. Man gibt daher der letzteren Form in solchen Fällen den Vorzug, wenn die Leuchtthürme auf einen so hoch gelegenen Punkt erbaut werden können, dass man nicht nöthig hat, ihnen eine grosse Höhe zu geben, um dem Leuchtfeuer eine Tragweite zu sichern.

Leuchtthürme, die gegen Wellenschlag gesichert sind, erhalten zuweilen einen quadratischen Unterbau, in welchem die erforderlichen Räume enthalten sind. Auch gibt man den Leuchtthürmen, wenn sie den Wellen entzogen sind und eine grosse Höhe haben, die Form einer abgestutzten achtseitigen Pyramide; man vermeidet dadurch die bei der runden Querschnittsform bezeichneten Nachtheile und sichert sich den Stürmen gegenüber die Vortheile derselben. Befindet sich an der Stelle, wo ein Leuchtfeuer erforderlich ist, eine über dem Meeresspiegel hinreichend hohe Anhöhe, so bedarf man keines Thurmes und das Feuer kann auf dieser erhalten werden.

Ein berühmtes Beispiel ist der schon erwähnte Leuchtthurm zu Edystone, 10 Meilen von Plymouth, auf einer Felsklippe im Meere, von Smeaton 1756 bis 1759 erbaut. Er dient zur Bezeichnung der dort befindlichen Felsen. Vor diesem war daselbst seit 1700 ein steinerner Thurm, der im Jahre 1703 von den Wellen fortgerissen wurde, dann ein hölzerner seit 1709, der 1755 abbrannte. Bemerkenswerth ist die solide Ausführung des erstgenannten, indem die Steine durch sorgfältigste Verschränkung und Verdübbelung nach allen Richtungen verbunden sind, so dass gegen die Angriffe des Meeres ein möglichst zusammenhängendes Ganzes besteht.

Das dermal berühmteste Beispiel ist der Leuchtthurm von Bréhat, 5000 Meter vor dem nördlichsten Vorgebirge der Bretagne, fast Edystone gegenüber, auf einem Porphyrfelsen im Meere in den Jahren 1835 — 39 erbaut. Die Kosten desselben belaufen sich auf $^1/_2$ Million Francs. Sein innerer Durchmesser ist $4.^2$ Meter, seine Höhe vom Fuss bis zur Laterne 47 Meter. Der äussere untere Durchmesser beträgt $13.^7$ Meter und der obere 8 Meter. Im Inneren befinden sich 8 überwölbte Geschosse. Eine Wendeltreppe verbindet dieselben. Er ist von Granit erbaut und kein Stein, ausser jenen der Gewölbe, ist unter 1000 Kil. Es kommen hier aber nicht die Verschränkungen und Eisenverbindungen wie bei jenem von Edystone vor, sondern nur Dübbel von Stein.

Diese Feuer erster Klasse müssen so weit tragen, dass, bevor der Schein eines solchen Feuers verschwindet, schon das nächste sichtbar wird. Die französischen und englischen Küsten sind meist so vollständig erleuchtet, dass man bei günstigem Wetter in ihrer Nähe zwei, oft auch drei Feuer erblickt. In ähnlicher Weise ist die istrianische Küste beleuchtet. Um Irrthümern und Unglück zu begegnen, ist es ein dringendes Bedürfniss, dass die Feuer von einander verschieden sind, um nicht verwechselt werden zu können. Am häufigsten unterscheidet man die Feuer dadurch, dass einige immer das volle Licht geben, während dieses bei andern zuweilen verschwindet, was durch Blenden, die durch Uhrwerke in der Laterne um das Licht bewegt werden, geschieht. Die verschiedenen Perioden und Abwechslungen, die man dabei wählen kann, gestatten schon eine grosse Anzahl von Unterscheidungen, die sich noch dadurch vervielfältigen, dass man das Licht bei den katoptrischen wie auch bei den dioptrischen Apparaten allmählich schwächen und wieder verstärken kann. Auch kann die Verschiedenheit so getroffen werden, dass das Licht entweder vollständig verschwindet, oder dass während seiner Verfinsterung ein schwacher Schein desselben zurückbleibt. Selten kommt es vor, dass zur Unterscheidung zwei Leuchtthürme neben einander, oder auf einem Thurme zwei Feuer u. z. eines über das andere gestellt werden, wodurch sich die Kosten sehr mehren.

Leuchtthürme, welche *Feuer zweiter Klasse* darstellen, dienen zur Bezeichnung für die Schifffahrt gefährlicher oder sonstiger besonderer Stellen, die zwischen den Feuern der ersten Klasse enthalten sind, als: der Klippen, Felsriffe, der Hafendammköpfe oder anderer Untiefen u. s. w. Ihre Tragweite erstreckt sich bei 20000 Meter wohl auch mehr oder weniger, je nach lokalen Verhältnissen. Man nennt sie auch *Hafenfeuer*, weil sie Lage und Einfahrten der Häfen bezeichnen. Zur Unterscheidung von den Küstenfeuern haben sie meistens ein rothes Licht, während man dem erstern Feuer fast immer ein gewöhnliches festes, weisses Licht gibt. Die Feuer zweiter Klasse befinden sich auf kleineren Leuchtthürmen, indem, wie schon erwähnt, sie nicht weit sichtbar zu sein brauchen.

Leuchtfeuer sind *Feuer dritter Klasse*, man nennt sie auch *Richtbaaken*; sie dienen um das Fahrwasser zwischen den Untiefen zu bezeichnen. Sie sind meistens einfache hölzerne Rüstungen und so gelegen, dass die durch sie bezeichnete Linie in die Mittellinie des Fahrwassers fällt. In neuester Zeit stellt man diese kleinen Leuchtthürme auf Schraubenpfähle die über dem Wasser fest mit einander verbunden werden und hiemit dem Wellenschlage keinen Widerstand darbieten. Statt dieser Feuer der dritten Classe benutzt man auch *Leuchtschiffe*. Diese sind aber bei weitem nicht so sicher und verlässlich, als kleine Leuchtthürme, weil sie bei Stürmen leicht von der Stelle getrieben werden können, das Feuer leicht auslöscht, und gerade in jenem Augenblicke, wo sie

am nothwendigsten sind, versagen sie entweder ganz den Dienst, oder was noch schlechter ist, sie zeigen falsch.

Um Schiffe auf Untiefen während starker Nebel bei Tage oder Nacht aufmerksam zu machen, hat man die sogenannten *Lärmmaschinen;* es sind dies meistens kräftige Glocken, die man auf Seetonnen anbringt und die von Wellen oder von der Strömung in Schwingung versetzt, von selbst läuten.. Bei ruhigem Wetter hört aber das Läuten auf und die Schiffe werden durch diese Art Lärmmaschinen nicht gewarnt. Aus dieser Ursache sind jene besser, die durch einen künstlichen Mechanismus entweder läuten, oder Hämmer in Bewegung setzen, die auf Scheiben schlagen. Von beiden Arten darf man sich aber nicht zu viel versprechen. Eine Lärmmaschine letztbeschriebener Art ist bei Venedig am Lido bei Quatro fontane aufgestellt gewesen und leistete nichts Vorzügliches.

Inhalts-Verzeichniss

der

III. Abtheilung des Wasserbaues.

Entwässerungen und Bewässerungen, Kanal- und Kammerschleusenbau, Fundirungen, Seebau.

Mit 257 Seiten „Text“ und LIX Tafeln „Zeichnungen“.

I. Abschnitt.

Entwässerungen.

Seite 5 bis 28.

Einleitung, Seite 5—8. — Zweck der Entwässerungen und Ursachen der Versumpfungen; Begriff eines Sumpfes, eines §. 1. Torfes, Seite 5. — Besondere Erscheinungen bei Bildung von Sümpfen und hoher Werth der Entwässerungen, Seite 6. — Allgemeine Betrachtungen, welche Entwässerungen vorangehen, hiezu nothwendige locale Kenntnisse und Einfluss der bestehenden Verhältnisse auf das Verfahren bei der Entwässerung; ***Entwässerungs-Methoden*** (Senkung des Wasserspiegels, Erhöhung des Geländes oder Colmation), S. 7 u. 8.

Entwässerung durch Senkung des Wasserspiegels, Seite 8—25.

Entwässerung durch Senkung des in der Nähe befindlichen natürlichen Wassers, Seite 8—10. — Correction der §. 2. das Sumpfgebiet berührenden Flüsse durch Senkung ihres Wasserspiegels, Beispiele von »Durchstichen und Geradeleitungen«, am Ober-Rhein unweit Carlsruhe, der Linth zwischen Wallenstädter und Züricher See S. 8; — Massregeln, wenn fliessende Bäche die Abzugsgräben kreuzen S. 9; — Vorkehrungen gegen Hochwasser und gegen das Eindringen derselben durch die Abzugsgräben in die zu entwässernde Gegend, Anlage von Sielen; Ort der Ausmündung des Abzugsgrabens in den Fluss; Beseitigung natürlicher und künstlicher Wehre (Mühlenanlagen) in den Abzugsgräben S. 9; — Tieferlegen von Gebirgsseen, die durch Bergrücken umschlossen sind, Anlage von Ableitungs-Stollen, Sprengen von Kiesbänken, Felsen u. s. w.; ein Beispiel »Ableitung des Lugern-Sees in der Schweiz« S. 9.

Entwässerung durch Entfernung des fremden Wassers, Seite 10—11. — Ableitung der von höheren Geländen der §. 3. Niederung zufliessenden Gewässer und Bäche durch „***Umleitung***“, d. h. Auffangen der Gewässer am Fusse der Niederung und Hinleitung längs des Sumpfes bis zu dessen tiefster Stelle, oder durch „***Durchleitung***“, d. h. Durchführung des Baches durch die Niederung S. 10; — Anlage von Dämmen und Deichen zur Abhaltung des fremden Wassers bei Ueberschwemmungen S. 10; — Vorkehrungen gegen Ueberschwemmungen und Versumpfungen von Flüssen, welche stellenweise durch Geschiebe ihre Sohle und Ufer erhöht haben, namentlich in Gebirgsgegenden oder an den Mündungen grösserer Ströme, mit einem Beispiel »Regulirung der Linth« S. 10 u. 11; — Berechnung und Messung der abzuleitenden Wassermenge bei derartigen Arbeiten und Bestimmung der hiemit in Verbindung stehenden Profile der neuen Fluss- oder Bachbette S. 11.

Entwässerung durch Anlage von Entwässerungs-Kanälen, Seite 11—13. — Allgemeine Bestimmungen für die An- §. 4. lage und Eigenschaften solcher Kanäle, Vorkehrungen gegen Hochwasser »Anlage eines Hochwasserbettes durch Vorland und Dämme oder eines besondern Nothkanals« S. 11 u. 12; — Tiefe des gewöhnlichen Wasserspiegels eines Entwässerungsgrabens unter einem Wiesengrunde, unter der Ebene eines Ackerfeldes, unter einem Obstbaumgute S. 12; — Rücksichten und Anlage-Verhältnisse bei mehreren Entwässerungsgräben mit Nebengräben, bei einem ***Entwässerungs-Netze*** S. 12 u. 13.

Entwässerung durch die Drainage, Anlage von Sickergräben, Seite 13—18. — Vorzüge der verdeckten Leitungen §. 5 (Unterdrains oder Sickergräben) vor den offenen Kanälen und Grundidee der Drainirungen (verdeckter Leitungen aus gebranntem Thon) S. 13; — Eigenschaften der Thon-Röhren »Maase, Länge, Weite, Wandstärke« S. 14; — Verbindung der Röhren einer geraden Leitung (eines Stranges) durch Muffe oder bloses Aneinanderstossen; Verbindung zweier Drainirungs-Stränge S. 14; — Anbringen von Lichtröhren in den Leitungen S. 14; — Anfertigen der Drainirungs-Röhren »auf zweierlei Arten durch Maschinen mit unterbrochener und ununterbrochener Arbeit« S. 14 u. 15; — Tief-Lage der Drainirung je nach der Kulturart, Bodenbeschaffenheit und Wassermenge, Minimal-Dicke der über der Drainirung liegenden Erdschicht S. 15; — Verfahren beim Legen der Röhren, Beschaffenheit der Gräben, Zeit der Ausführung u. s. w. S. 15 u. 16; — Grenzen des Gefälles solcher Leitungen S. 15; — Entfernung der Drains und Richtung derselben S. 15; — Hohlziegel oder blose Sickergräben statt der Thonröhren S. 16 u. 17, dessgl. Röhren von Holz, wo dasselbe wenig Werth hat, Röhren aus Torf bei Trockenlegung von Torf- und sumpfigem Boden, dessgl. Sickergräben ohne jede Füllung oder über Formhölzer gestampft oder Rasen-Sickergräben S. 17; — Beispiele von Drains-Anlagen auf Terrains von verschiedener Gestalt und Beschaffenheit S. 17 u. 18.

Entwässerung durch Wasser-Hebemaschinen, Seite 18—20. — Anwendung verschiedener Wasser-Hebemaschinen §. 6. »Wurf- oder Schaufelräder, Wasserschrauben, Pumpen, namentlich die Centrifugalpumpe« unter Einwirkung des Windes, der Wasserkraft und des Dampfes S. 18; — Construction und Wirkung der Wurf- und Schaufelräder S. 18; — Anwendung und Beschaffenheit der Wasserschraube S. 19; — Anwendung der Kastenpumpen S. 19; — die Centrifugal- oder Kreiselpumpe S. 19 u. 20.

Entwässerung der Städte durch Abzugskanäle, Seite 20—25. — Werth solcher Abzugskanäle und wesentlichste §. 7. Anforderungen an deren Leistungen S. 20; — Gefälle der Städtekanäle, der Hauptabzugs- und Zweigkanäle, Lauf und Richtung derselben, Maasregeln und Einrichtungen zur Reinhaltung derselben S. 20; — Allgemeine Bauart und Construction solcher Kanäle S. 21; — Construction älterer und neuerer Kanäle mit Beispielen, namentlich aus Paris, das Kanalnetz von London nebst Details von anderen englischen Städten, von belgischen Kanälen, von Wien S. 21—25; — Verschluss der Einsteigschachte und Einfallöffnungen zur Verhütung des Aufsteigens verderblicher mephitischer Gase; Erhaltung der Luftcirculation in den Kanälen S. 25.

Trockenlegung durch Erhöhung des Geländes (Colmation), Seite 25—29. — Bedingungen zur Anwendung dieser §. 8. Art Trockenlegung, verschiedene Methoden hiebei „*Auffüllung* oder *Aufschwemmung*“ S. 25; — Verfahren und Massregeln bei der Auffüllung, Vor- und Nachtheile S. 26; — Arten der Aufschwemmurg: »1) die Schwemmung, 2) die Auflagerung, 3) die Verlandung« S. 26; — Verfahren bei der Schwemmung, Bedingungen ihrer Anwendung und technische Anordnungen und Anlagen zu diesem Zwecke S. 26 u. 27; — Verfahren bei der Auflagerung, vorzugsweise Colmation genannt, Bedingungen ihrer Anwendung, technische Details hiebei S. 27 u. 28. — Verlandung, siehe den Strombau.

II. Abschnitt.

Bewässerungen.

Seite 29 — 34.

Einleitung. — Culturhistorische Bedeutung der Bewässerungen, Anwendung derselben im Allgemeinen, nothwendige Anlagen §. 9. hiezu, das beste Wasser u. s. w. S. 29; — Bewässerungs-Methoden „*Ueberstauung* (Ueberschwemmung) und *Ueberrieselung*“ S. 29.

Bewässerung durch Ueberstauung (Ueberschwemmung), S. 29 u. 30. — Allgemeine Anordnungen bei der Ueberstauung, Bedeckung des ganzen Anbau-Gebietes, der Stauwiesen mit der Wasserfläche, Perioden und Dauer der künstlichen Ueberschwemmungen, Höhe derselben S. 29 u. 30; — Technische Vorkehrungen, namentlich bei Wiesen S. 30; — Anwendung dieser Bewässerungs-Methode im alten und heutigen Egypten, dessgleichen in der Lombardei S. 29 u. 30.

Bewässerung durch Ueberrieselung, S. 31—34. — Anwendung derselben besonders bei der Wiesenkultur, Bedingungen und Vortheile ihrer Anlage S. 31; — Ueberrieselungs-Methoden „*natürliche* und *künstliche Ueberrieselung*“, Unterscheidung derselben S. 31; — Arten der künstlichen Ueberrieselung „*Hangbau*, *Rückenbau* und *zusammengesetzter Bau*“ S. 31.

Der Hangbau, Seite 31 u. 32. — Gefälle der zu berieselnden Fläche, Einrichtung eines Hangbaues mit seinem Hauptzuleitungsgraben, den inundirenden Wässerungsgräbchen, den Transport- oder Längengräbchen und dem Entwässerungsgrahen S. 31; — Einrichtung eines Hangbaues zur wiederholten Benutzung des Wassers S. 31 u. 32; — Zweck, Anlage, Beschaffenheit und Dimensionen der einzelnen beim Hangbau vorkommenden Gräben und Gräbchen S. 32.

Der Rückenbau, Seite 33 u. 34 — Bedingungen seiner Anwendung, Unterscheidendes zwischen Hang- und Rückenbau mit Bezug auf die örtlichen Verhältnisse S. 33, auch S. 34; — Gefälle eines Hanges (halben Rückens), Begriff eines schmalen Rückenbaues S. 33; — Beispiel eines schmalen Rückenbaues von 2 Terrassen S. 33; — Anwendung des Rückenbaues mit wiederholter Benützung des Wassers S. 33; — Der breite Rückenbau (Rückenflächen über 6 Meter) und dessen Einrichtung S. 33.

Der zusammengesetzte (Hang- und Rücken-) ***Bau***, Seite 34. — Beispiel eines zusammengesetzten Baues mit genauer Durchführung der Details S. 34; — Erhaltung der Ueberrieselungs-Anlagen, Repariren der Beschädigungen an allen Anlagen und Schleusen, periodisches Reinigen der Gräben, Verwendung des gewonnenen Schlammes u. s. w., alles unter Aufsicht eines Wiesenaufsehers S. 34; — Allgemeine Vorschriften für eine richtige Wässerung S. 34.

III. Abschnitt.

Die Kanäle im Allgemeinen.

Seite 35 – 42.

Begriff und Zweck der Kanäle, Seite 35 und 36. — Eingeschnittene, in den natürlichen Horizont vertiefte Gräben §. 10. oder durch Erd- oder Mauerwerke über dem Erdhorizont eingedämmte Wasserstrassen S. 35; — Allgemeiner Zweck der Kammerschleusen S. 35; — Verschiedene Bestimmungen der Kanäle S. 35; — Vergleichung der Kanal- und Flussschifffahrt und Vortheile des Wassertransportes überhaupt vor dem Landtransport S. 35; — Uebelstände und Nachtheile der Kanalschifffahrt S. 36; — Verminderter Werth der Kanal- und Binnenschifffahrt seit Einführung der Eisenbahnen S. 36.

Geographisches und allgemein Constructives über Kanäle, Seite 36—42.

Die englischen Kanäle, Seite 36 u. 37. — Der Bridgewater-Kanal, der Leeds-Liverpool-Kanal, der Lancaster-Kanal, der Chesterfield-Kanal, der Ellesmere-Kanal, der Montgomery-Kanal, der Grand-Trunk oder Trent-Mersey-Kanal, der Straffordshire-Worcestershire-Kanal, der Gloucester- und Leominster-Kanal, der Coventry-Kanal, der Oxford-Kanal, der Grand-Junction-Kanal, der Paddington- und Regents-Kanal, der Kennet-Awon-Kanal, der Wey-Arun-Kanal, der Forth- und Clyde-Kanal, der Caledonische Kanal S. 36 u. 37.

Die französischen Kanäle, Seite 37 u. 38. — Der Kanal du Midi (Kanal von Languedoc), der Kanal du Centre, der Kanal von Bourgogne, der Rhone-Rhein-Kanal, die Kanäle von Nivernais, du Loing, Orléans und Briare, der Ardennen- und Sambre-Kanal, der Crozat-Kanal, der Kanal von St. Quentin, der Ourcq-Kanal, die Kanäle von St. Martin und von St. Denis, der Marne-Rhein-Kanal.

Die belgischen, holländischen und norddeutschen Kanäle, Seite 38, 39 u. 40. — Die Kanäle an der Nordseeküste im Anschluss an Calais und Dünkirchen über Furnes, Nieuport, Ostende und Brügge bis Sluys, und in Verbindung mit der Schelde bei Gent und von hier nach Terneuzen an der Mündung der Wester-Schelde; dann die Kanal-Anlage von Maasstricht nach Herzogenbusch S. 38; — Die holländischen Kanäle vorzugsweise in den Niederungen der weit verzweigten Mündungen des Rheins, der Maas und der Schelde, namentlich der nordholländische Kanal und der Kanal von Voorne S. 38; — die deutschen Kanäle zwischen Maas und Rhein, ein alter Kanal verbindet Rheinberg und Geldern, ein zweiter »der Nordkanal« verbindet Venloo an der Maas mit Grimlinghausen am Rhein, der Max-Clemens oder Münstersche Kanal, der Schleswig-Holsteinische (Eyder-) Kanal, der Lippe-Kanal (Schiffbarmachung der Lippe), Schiffbarmachung der Ruhr und der Lahn, der Donau-Main- oder Ludwigs-Kanal S. 39 u. 40; — Die Schiffbarmachung der Saale, Havel und Spree, der Mühlroser- oder Friedrich-Wilhelms-Kanal, der Bromberger-Kanal, der Kanal zwischen Danzig und Elbing, der Kraffohl-Kanal, das Kanalsystem am Pegel, der Elbing-Oberländische-Kanal, der Finow-Kanal, der Ruppiner-Kanal, der Plauensche-Kanal, der Stecknitz-Kanal vom Jahr 1391 S. 40 u. 41.

Kanäle in Oesterreich und Ober-Italien, S. 41. — In den gebirgigen Theilen Oesterreichs meist nur Fluss-Regulirungen Entwässerungs- oder Flossgräben, bedeutendere Bauten in Ungarn und Venedig. — Der Neustädter-Kanal, der Sarvitz-Kanal, der Franzens-Kanal, der Beza-Kanal, der Kanal des Tartaro, der Kanal Castagnaro, Kanal bianco, der Po di Levante; der Kanal Adigetto, der Gorzone-Kanal, der Kanal von Battaglio, Monselice und Este, Canal di Pontelungo, der Brenta-Kanal, der Kanal Taglio nuovissimo, die Lagunen-Kanäle u. s. w., S. 41.

Nordeuropäische Kanäle, Ste 41 u. 42. — Die Russischen Kanäle, die Leichtigkeit ihrer Herstellung und die Vorzüge dieses Reiches für Kanal-Anlagen, kolossale Effekte mit geringen Mitteln S. 41. — Die künstlichen Wasserstrassen Schwedens, darunter namentlich der Trollhätta-Kanal S. 42.

IV. Abschnitt.

Der Kammerschleusenbau.

Seite 43 – 79.

Von den Kammerschleusen im Allgemeinen, Seite 43—46. — Begriff einer Kammerschleuse und Zweck derselben,
§. 11. Unterscheidung zwischen ***Fallschleusen*** und ***Fluthschleusen*** S. 43; — Allgemeine Einrichtung und Benützung einer Kammer, Historisches über Kammerschleusen S. 43; — Haupttheile einer Kammerschleuse: die ***Häupter*** (Ober- und Unterhaupt) und die ***Kammer*** S. 43 u. 44; — Allgemeine Eigenschaften der Häupter und deren Abschluss durch Thore (Stemmthore), Bestandtheile der Häupter: die Thorkammern mit den Thornischen, die Vorböden, die Thorkammerböden, die Hinterböden mit den Drempel- oder Schlagschwellen, der Abfallboden (blos beim Oberhaupt) S. 44; — Allgemeine Eigenschaften der Thore S. 44; — Allgemeines über die Schleusenkammern, Unterscheidung zwischen einfachen und Doppelschleusen, Eigenschaften der letzteren S. 44 u. 45; — Schleusen mit 2 Unterhäuptern, neben einander liegende (zwei) Schleusen S. 45; — Höhe der Schleusenmauern, überhaupt richtige Anordnung der Höhenlage sämmtlicher Theile einer Schleuse S. 45 u. 46; — Anbringen von Sturmthoren und Fluththoren und Bestimmung derselben S. 46; — Gefälle bei Schleusen, gekuppelte Schleusen S. 46; — Skizze einer amerikanischen Schleuse von Benj. Wright für den James River und Kanawha-Kanal in Virginien konstruirt S. 46.

Die Schleusenkammer, Constructives hierüber, S. 47-50; — Die Haupttheile einer Schleusenkammer: ***Kammerwände***
§. 12. und ***Kammerboden*** S. 47; — Allgemeine Eigenschaften hölzerner Kammerwände, Nachtheile derselben, constructive Beschaffenheit derselben S. 47; — Anwendung hölzerner Kammerböden, Wasserdichtigkeit derselben S. 47; — Constructive Details über Kammerböden, derartige Einrichtungen bei den holländischen Schleusen, solche bei deutschen S. 47 u. 48; — Massive Kammermauern, Bauart und Construction derselben, passendes Material hiezu, Profile derselben mit einigen Beispielen S. 49; — Massive Kammerböden, allgemeine Form derselben, deren nothwendige Solidität, Untermauerung, Stärke, Ausführung überhaupt, Anwendung eines Pfahlrostes S. 49 u. 50; — Natürliche Schleusenkammern in Erdböschungen eingeschlossen S. 50.

Die Schleusenhäupter, S. 50—56. — Hauptbedingungen der Schleusenhäupter: Festigkeit und Wasserdichtigkeit S. 50;
§. 13. — Allgemeine Anforderungen an deren Bauart: Häupter mit massiven, Häupter mit hölzernen Böden und Wänden, Häupter mit hölzernen Böden und massiven Wänden S. 50; — Ein Beispiel mit hölzernem Boden für kleinere (höchstens 15 Fuss weite) Schleusen S. 50; — Holländische Schleusenböden aus Holz, Construction derselben S. 50 u. 51; — Herstellungsart hölzerner Böden in Norddeutschland (Construction nach Eytelwein), wichtigste Unterscheidung von der holländischen, genaue Angabe der norddeutschen Construction S. 51 u. 52; — Schleusenhäupter mit massiven Böden, norddeutsche Herstellungsart S. 52; — Herstellungsart massiver Böden in den Häuptern holländischer, französischer und englischer Schleusen S. 53; — Eigenschaften und Unvollkommenheit hölzerner Wände, ein Beispiel hiefür S. 53 u. 54; — Construction ganz massiver Wände S. 54; Schleusen ganz aus Béton mit dem Beispiel der Franz-Joseph-Schifffahrts-Schleuse von Mihalik 1855 und 1856 erbaut S. 54 u. 55; — Eiserne Schleusen, wie solche von Telford auf dem Ellesmere-Kanal in der Nähe von Breston Castle erbaut wurden S. 55; — Umläufe, als Theile der Wände der Schleusenhäupter, ihr Zweck und ihre Anwendung S. 55; — Constructives über solche Umläufe mit verschiedenen Beispielen S. 55 u. 56.

Die Schleusenthore, Seite 56–68. — Allgemeine Beschaffenheit der Schleusenthore S. 56; — Thore aus Holz, Gusseisen
§. 14. und gewalztem Eisen S. 56.

Hölzerne Schleusenthore S. 56–63. — Construction eines hölzernen Schleusenthores mit Angabe aller Details S. 56 u. 57; — Anbringen von Laufbrücken, um zu den Aufzugs-Vorrichtungen zu gelangen, Anbringen von Schützenöffnungen in dem untersten Felde der Thore S. 57; — Vorschriften für Anwendung geeigneten Holzes zu den Thoren, so wie für das genaue Zuschneiden und Verbinden der einzelnen Stücke S. 57; — Vorkehrungen, um die Thore gegen den Wasserdruck, namentlich in deren unteren Theilen zu verstärken und zu sichern, Verhältniss der Höhe des Drempel-Dreiecks zur Schleusenbreite bei Stemmthoren S. 57 u. 58; — Leichtes Oeffnen und Schliessen der Thore (Drehen um die Wendesäule) mittels der Pfannen, Halsbänder und zugehörigen Zapfen S. 58; — Constructive Vorschriften für Pfannen, Zapfen und Halsbänder mit verschiedenen Beispielen und genauen Details S. 58 u. 59; – Perronet's, Hagen's und Anderer Ansichten über die Stellung der Thore (geschlossen) gegenüber den Wendenischen S. 59 u. 60; — Näheres über Beschaffenheit der Halsbänder, namentlich mit Beziehung auf das Ausheben und Einhängen der Thore, verschiedene Constructionen und Beispiele hierüber S. 60; — Mittel gegen das Sacken der Thore, Anwendung eiserner Zugbänder, des Drehbaums (mittels rückwärtiger Verlängerung der Oberschwelle des Thores über die Wendesäule), Anwendung von Rollen und Rädern, Anwendung wasserdichter, mit doppelter Verkleidung versehener Thore gegen das Sacken und andere Massregeln S. 60, 61 u. 62; — Construction der englischen Schleusenthore S. 62 u. 63; — Construction von Schleusenthoren, die sich um eine horizontale Achse drehen (in neuerer Zeit bei amerikanischen Schleusen häufig angewendet) S. 63; – Vergleichung der Vor- und Nachtheile hölzerner und eiserner Thore S. 63.

Eiserne Schleusenthore, Seite 63—65. — Schleusenthore aus Gusseisen wie aus gewalztem Eisen S. 63; — Eiserne
§. 15. (gusseiserne) zuerst angewendet von Telfort am Ellesmere-Kanal, deren Construction S. 63; — Gusseisernes Thor am Kanal de Berry in Frankreich S. 63; — Uebelstände gusseiserner Thore S. 63 u. 64; — Construction von Schleusenthoren aus Holz und Gusseisen (aus letzterem die Wendesäule und die Querriegel), die Bekleidung aus Holz oder gewalztem Eisen S. 64; — Thore ganz aus gewalztem Eisen (Eisenblech), das Oberthor einer Schleuse des Rhein-Rhone-Kanals S. 64; — Genaue Beschreibung des Schleusenthors bei Meulan (Seine-Schleuse) aus Eisenblech S. 64 u. 65.

Ponton- oder ***Schwimmthore***, Seite 65 u. 66. — Begriff und allgemeiner Zweck derselben S. 65; — Construction eines solchen Thores S. 65 u. 66.

Oeffnen und Schliessen der Thore, Seite 66—68. — Widerstände beim Oeffnen und Schliessen der Thore: Reibung
§. 16. am Zapfen und Halsband, Reibung der Wendesäule gegen die Wendenische, Widerstand des Wassers S. 66; — Vergleichung der Grösse dieser Widerstände, auch mit Rücksicht auf verschiedene Constructionen der Thore S. 66; — Begegnung der Widerstände im Allgemeiuen, deren Beschränkung auf ein bestimmtes Mass S. 66; — Anwendung mechanischer Vorrichtungen als bewegende Kraft, zunächst der Erdwinde und des Drehbaums S. 66; — Einrichtungen zum Oeffnen und Schliessen am Ill-Kanal (Strassburg) S. 66; — Die Zugstange als Vorrichtung zur Bewegung der Thore, in Verbindung mit einer Winde oder einem gezahnten Rad S. 67; — Anwendung eines gusseisernen Quadranten in Verbindung mit der Stange (wie bei der Schleuse zu Villemur) S. 67; — Gewöhnliche Einrichtung bei Dockschleusen in England zum Oeffnen und Schliessen der Thore S. 67; — Rücksichten auf die Befestigung von Ketten am Mittelpunkte des Widerstandes zum Vermeiden des Durchbiegens der Thore und andere hierauf bezügliche Anordnungen (namentlich der Ketten-Kanäle) S. 67 u. 68.

Füllen und Leeren der Kammer, Seite 68—70. — Hiezu dienen Schützenöffnungen und Umläufe S. 68; — Allge-
§. 17. meine Vorzüge der Schützenöffnungen und deren vielseitige Anwendung S. 68; — Nachtheile der Schützenöffnungen S. 68; — Verschiedene Constructionen von Schützen zur Beseitigung der verschiedenen Mängel derselben: Schützen blos zum Heben eingerichtet, Schützen zum Heben und Niederdrücken, gusseiserne Schützen bei eisernen wie hölzernen Thoren, grosse Schützenöffnungen ohne Vergrösserung der Hubhöhe und ohne Schwächung des Thores, Oeffnungen mit mehreren über einander befindlichen Schützenöffnungen, Schützen an Schleusenthoren kleiner Kanäle in England u. s. w. S. 68 u. 69; — Vorzüge der Umläufe vor den Schützen namentlich in den Oberhäuptern S. 69; — Verschiedene Constructionen von Umläufen: gewöhnliche Einrichtung, Anordnung in den Oberhäuptern der französischen und englischen Kanalschleusen mit Beispielen, Umläufe bei grösseren See- und Docks-Schleusen S. 69 u. 70.

Schiffsschleusen zur Verminderung des Wasserbedarfs, Seite 70—80. — Mittel zur Ermässigung des Wasser-
§. 18. verbrauchs beim Durchschleusen der Schiffe in wasserarmen Kanälen: Schiffsschleusen mit Seitenbassins, Schleusen mit beweglichen Kammern, Geneigte Ebenen S. 70.

Schiffsschleusen mit Seitenbassins, Seite 71—72. — Allgemeine Wirkung von Schleusen mit Seitenbassins S. 71; — Einrichtung und Gebrauch einer Schleuse mit ein, zwei und mehr Seitenbassins und verschiedene Leistung derselben mit Bezug auf die reservirte Wassermenge S. 71; — Vorschläge zur Erhöhung der Wirksamkeit der Seitenbassins, Vergrösserung derselben S. 41; — Schleusen mit zwei neben einander liegenden Kammern, besonderer Nutzen dieser Einrichtung namentlich bei einem lebhafteren Verkehr S. 71 u. 72; — Sorgfältiger Verschluss der Seitenbassins oder der neben einander liegenden Kanäle durch Anbringen doppelter Schützen in deren Verbindungen S. 72.

Schiffsschleusen mit beweglichen Kammern, Seite 72—74. — Allgemeine Einrichtung der beweglichen Kammern; hiebei zu Grunde liegende physikalische und mechanische Ideen S. 72; — James Anderson als Schöpfer dieser Ideen schon im vorigen Jahrhundert, zuerst jedoch in neuerer Zeit am Grand-Western-Kanal ausgeführt S. 72; — Genaue Beschreibung der Einrichtung im Grand-Western-Kanal und Gebrauch derselben S. 72—74.

Geneigte Ebenen, Seite 74—80. — Grundidee dieser Einrichtung S. 74; — Anwendung dieses Systems auf dem Montland-Kanal bei Glasgow S. 74; — Beschreibung der Anordnung und Einrichtung auf dem Montland-Kanal S. 74 u. 75; — Verbesserung dieses Systems durch Bewegung der Schiffe allein (auf Wagen) statt der Kammern S. 75; — Erste Anwendung dieser sinnreichen Erfindung in England auf einem kleinen Kanale in der Grafschaft Shrapshire, Beschreibung dieser und Gebrauch-Einrichtung derselben S. 75 und 76; — Einführung dieser praktischen Idee in einzelnen nordamerikanischen Kanälen S. 77; — Höchst zweckmässige Anwendung dieser Einrichtung bei Anlage einer Wasserstrasse zwischen dem Drausen-See bei Elbing mit den Oberländischen Seen bei Mohrungen und Osterode, vollständige Beschreibung der hier getroffenen Anordnungen S. 77—79.

V. Abschnitt.

Der Kanalbau.

Seite 80 — 100.

Allgemeines über Kanalbau, Seite 80—86. — Feststellung eines Kanal-Projekts durch die Endpunkte S. 80; —
§. 19. Haupttheile eines Kanals: »Kanalstrecke« (Haltung), bei Ueberschreitung einer Wasserscheide »Theilungshaltung oder Scheitelstrecke« S. 80; — Bestimmnng des Längenprofils eines Kanals im Allgemeinen S. 80; — Einflüsse auf die Wahl der Kanallinie, verschiedene Erwägungen hiebei besonders mit Rücksicht auf die Bodenbildung und Beschaffenheit des Terrains S. 80 u. 81; — Allgemeines über Fallhöhe, Lage u. s. w. der Schleusen bei einem Kanale S. 81; — Wahl zwischen mehreren Kanallinien, Ort der Einmündung eines Kanals in einen Fluss S. 81; — Vollendung sämmtlicher Entwurfs-Arbeiten: Bestimmung des Längenprofils, des Querprofils des Kanals, Aufnahme des Nivellements u. s. w. vor Beginn der Erdarbeiten S. 81; — Ausführung der Erdarbeiten wie bei den Deichen S. 81; — Bestimmungen über die Tiefe der Kanäle, die Sohle, die Breite (das Querprofil) derselben S. 81 u. 82; — Vorkommen von Verengungen und Verbreiterungen der Kanäle, allgemeine Anordnungen hiefür, so wie für die Erweiterungen der Kanäle zu Kanalhäfen S. 82 u. 83; — Herstellung der Böschungen der Kanalwände, die Anlage, Beschaffenheit derselben überhaupt, Anbringung von Banketen oder Bermen, Erhöhung der Krone der Kanaldämme S. 83; — Ueber Einrichtung der Ziehwege oder Leinpfade S. 83 u. 84; — Verschiedene Beispiele von Kanalprofilen S. 84; — Wasserverlust der Kanäle durch Filtration und allgemeine Norm für die hinreichende Wasserdichtigkeit einer Haltung (Kanalstrecke) S. 84; — Erkennen und Erforschen der undichteren und undichtesten Stellen eines Kanals S. 84; — Mittel zur Verdichtung der Kanäle: Zulassen von trübem schlammigem Wasser, vortheilhafte Anwendung von Sand statt Thon, Ueberdeckung der Sohle und Dossirungen eines Kanals mit einem Thonschlage, englisches Verfahren »Anwendung des Puddl« (eine Mengung von Thon, Sand und Kies), Uebermauerung oder besser Bétonirung der Sohle in klüftigem Felsboden oder auf grobem Kies, Anwendung von Asphalt bei Brückenkanälen, Verdichtung des Kieses durch Sand, wenn kein Grundwasser vorhanden, Verdichtung gegen Grundwasser, namentlich das Verfahren, wenn das Grundwasser zu gewissen Zeiten sich über den Horizont der Kanalsohle erhebt S. 85 u. 86.
§. 20.

Wasserbedarf der Kanäle, Seite 86—90. — Ursachen der Verminderung des in den einzelnen Kanalstrecken ruhenden
§. 21. Wassers S. 86; — Schwierigkeiten den Wasserbedarf für den Kanal zu schaffen bei Passirung einer Wasserscheide, dagegen Vortheile in dieser Beziehung bei Kanälen längs der Flüsse S. 86; — Kenntnisse über den Wasserbedarf eines Schifffahrts-Kanales S. 86; — Wasserverlust durch Verdunstung, Erfahrungen hierüber S. 86; — Wasserverlust durch Filtration, bedingt durch die Höhendifferenz zwischen dem Wasserspiegel des Kanals und dem des Grundwassers, d. i. die Druckhöhe, und durch die Beschaffenheit des Bodens; Beobachtungen und Erfahrungen hierüber S. 87; — Wirkungen der Filtration bei der ersten Füllung der Kanäle, ebenso in den Speisekanälen und Speisebassins S. 87; — Verlust durch den unvollkommenen Verschluss der Schleusenthore S. 87; — Verluste durch das Durchschleusen der Schiffe erzeugt, Berechnungen hiefür: beim Aufsteigen eines Schiffes in die Kammer, beim Hinabfahren desselben, bei abwechselndem Durchschleusen der Schiffe in einer und der andern Richtung, bei leeren Schiffen aufwärts und beladenen Schiffen abwärts S. 88; — Anwendung dieser Berechnungen auf den Wasserbedarf, der zur Speisung der Scheitelstrecke eines Kanals erforderlich ist S. 89; — Wasserbedarf bei gekuppelten Schleusen, Nachtheile derselben bei Kanälen mit mässigem Zuflusse S. 89 u. 90; — Bestimmung des ganzen Wasserbedarfs eines Kanals, Beispiel hiefür S. 90.

Speisung und Entlastung der Kanäle, S. 90—94. — Zuführung der nöthigen Wassermenge durch Bäche, Anlage
§. 22. von Reservoirs zu diesem Zwecke oder gar in einzelnen Fällen Anwendung kräftiger Wasserhebungsmaschinen S. 90; — Anordnungen, wenn Bäche zur Speisung verwendet werden, Anlage von Speisekanälen an der Einmündung der Bäche S. 90 u. 91; — Vorschriften für den Bau der Speisekanäle S. 91; — Einrichtungen und Anordnungen, wenn der Kanal Bäche kreuzt, die man zur Speisung benützen will, mit einem Beispiel S. 91; — Entlastung der Kanäle bis zum normalen Wasserstande S. 92; — Verschiedene Entlastungs-Einrichtungen: Erbauung von Freiarchen neben den Schleusen, wie in dem Schleswig-Holsteinischen Kanal, brunnenartige Ueberfälle, wie auf manchen englischen Kanälen, Heber-Vorrichtungen wie bei dem Kanal du Midi, Grund-Ablässe, Sicherheitsthore (Stemm- und einfache Thore), Theilung einer Kanalstrecke S. 92 u. 93.

Speisebassins, Seite 94—96. — Begriff und Zweck der Speisebassins S. 94; — Herstellung derselben durch Absperrung
§. 23. von Thälern mit Hilfe von Erddämmen oder hohen Mauern S. 94; — Eigenschaften von Thälern, die sich zu Anlage von Speisebassins eignen S. 94; — Höhe der Abschlussdämme, Ableitungsvorrichtungen gegen das Ueberstürzen des Wassers S. 94; — Abschliessen des Speisebassins durch eine Mauer, Vor- und Nachtheile, constructive Bestimmungen hiefür, Angabe verschiedener Mauerprofile S. 94; — Abschliessen der Speisebassins durch einen Erddamm, Vor- und Nachtheile dieser Einrichtung und Verfahren bei der Ausführung S. 94; — Beispiel eines Abschlussdammes am Reservoir Torcy, Kanal du Centre S. 95. — Verbindung von Erddämmen und Mauern, Vor- und Nachtheile dieser Construction S. 95; — Ableitung des Wassers aus den Reservoirs

durch überwölbte Gallerien, durch gusseiserne Ableitungsröhren, durch eine heberförmige gusseiserne Röhrenleitung S. 95 u. 96.

Unterirdische Kanalstrecken, Seite 96 u. 97. — Anwendung unterirdischer Kanalstrecken statt der Einschnitte S. 96; §. 24. — Grenzen der Tiefe der Einschnitte S. 96; — Beschwerden und Gefahren bei Ausführung und Benützung eines Kanal-Tunnels, desshalb möglichste Vermeidung einer solchen Anlage S. 96; — Bestimmungen für das Profil einer unterirdischen Kanalstrecke S. 96; — Leinpfade oder gewöhnlich andere Einrichtungen in Kanaltunnels zum Durchziehen der Schiffe, als: Anbringen eiserner Handhaben oder starker Taue an beiden Seitenwänden oder unter der Decke, Anwendung von Dampfschleppschiffen, wie auf dem Regens-Kanal in London, Einrichtung eines Leinenzugs, Einfluss desselben auf die Form und Höhe des Gewölbes S. 96 u. 97.

Durchlässe und Brückenkanäle, Seite 97—100. — Fälle der Anwendung von Durchlässen und Brückenkanälen bei §. 25. Durchkreuzungen S. 97; — Verfahren in früheren Zeiten bei Kanälen, die seitwärts von Bächen liegen und deren Zuflüsse durchkreuzen S. 97; — Kreuzung eines Kanals mit selbst schiffbaren Flüssen S. 97; — Kreuzung eines Kanals mit einem Strome, dessen Wasserspiegel eine verschiedene Höhe hat S. 97; — Durchführung des Baches oder Flusses unter dem Kanale, Aehnlichkeit mit einer gewöhnlichen Strassenbrücke, auf deren Gewölbe ein Kanalbett ruht S. 97; — Einrichtung sogenannter Durchlässe, verschiedene Constructionen S. 97; — Anwendung von Mauerwerk, Holz, gusseisernen Röhren bis zu 3 Fuss Durchmesser und in mehreren Lagen neben einander S. 97 u. 98; — Umgehung einer Durchlass-Einrichtung, wenn der kreuzende Bach verlegt oder vertieft werden kann S. 98; — Aquäducte oder Brückenkanäle, Einrichtung und Bau derselben, Beispiel eines gemauerten Brückenkanals mit bétonirten Brückenbögen S. 98; — Brückenkanäle von Holz namentlich in früheren Zeiten, Vor- und Nachtheile derselben S. 99; — Brückenkanäle aus Eisen S. 99.

VI. Abschnitt.

Die Fundirungen.

Seite 100 — 161.

Einleitung, Seite 100—104. — Hoher Werth einer sicheren, festen Grundlage der Bauwerke »einer guten *Fundirung*« §. 26. S. 100. — Begriff eines guten *Baugrundes*, Einflüsse der Bodenbeschaffenheit, des Climas, der Jahreszeit und der Temperatur-Verhältnisse hierauf S. 100; — Unterscheidung zwischen *Baustelle* und *Baugrund* S. 100; — Beziehungen der Fundirungsmethode zum Baugrund und Untersuchung des letzteren: durch Aufgraben, durch Abteufen eines Schachtes, durch Grabung eines ohnedies erforderlichen Brunnens, durch Herabtreiben enger Bohrlöcher, durch Hinabstossen des Sondireisens S. 100; — Herstellung der Bohrlöcher durch Erdbohrer, Beschaffenheit und Wirkung eines solchen Bohrers in verschiedenen Bodenbildungen S. 101; — Tiefe der Untersuchung des Baugrundes mit Rücksicht auf dessen Tragfähigkeit S. 101; — Eintheilung der Baugründe in 3 Hauptklassen: Stein- oder Felsgrund, Sandgrund, Erdgrund und allgemeiner Begriff und Grenzen derselben S. 101; — Weitere Details über die Beschaffenheit der Baugründe in den verschiedenen Bodenbildungen S. 101 u. 102; — Anwendung einfacher Fundamentgräben oder Gruben bei Fundirungen oder anderer künstlicher Mittel bei weniger gutem Baugrunde S. 102; — Bedindungen und nähere Bestimmungen für die Anwendung besonderer künstlicher Mittel bei Fundirungen als: Comprimiren der Sohle der Baugrube durch Belastung, Abrammen der Sohle derselben und Einschlagen von Pfählen 102 u. 103.

Die Roste, Seite 104—108.

Der liegende Rost, Seite 104 u. 105. — Zweck des liegenden Rostes und allgemeine Anforderungen an die Be- §. 27. schaffenheit desselben S. 104; — Unterscheidung zwischen *Bohlenrost* und *Schwellrost* S. 104; — Herstellung eines einfachen Bohlenrostes S. 104; — Herstellung eines Schwellrostes, verschiedene Abänderungen desselben S. 104; — Anwendung einer Spundwand gegen Unterspülung eines liegenden Rostes S. 104; — Construction des Schwellrostes an einer Ecke, rechtwinklicher wie schiefer S. 104 u. 105; — Abweichende Construction der Schwellroste in Frankreich, dann in England S. 105; — Uebergang vom Schwellroste zum Pfahlrost je nach der Bodenart S. 105.

Der Pfahl- oder Pilotenrost, Seite 105—108. — Begriff, Zweck und Anwendung desselben S. 105; — Verschiedene §. 28. Constructionen des Pfahlrostes S. 105 und folgende; — Verschiedene Richtung der Pfähle eines Rostes, vertikal oder schräge, überhaupt in der Richtung der Resultirenden aus den auf das Fundament wirksamen Pressungen S. 106; — Construction eines Pfahlrostes: Entfernung der Pfahlreihen, Verbindung der Pfähle mit den Langschwellen, Rücksichten auf den Stoss zweier Langschwellen, Verbindung der Langschwellen durch Querschwellen, Ausheben des Grundes zwischen den Pfählen nach Einrammen derselben, Verkleidung des Rostes mit einem starken Bohlenbelag und Befestigung desselben auf den Schwellen, auch Anwendung eines doppelten Bohlenbelags S. 106; — Versetzung der Pfähle eines Rostes in den einzelnen Reihen, Vortheile dieses Verfahrens

S. 106 u. 107; — Der Pfahlrost der Pfeiler der Londonbrücke S. 107; — Anwendung einer Spundwand zum Schutze eines Pfahlrostes S. 107; — Fundirung des Mauerwerks auf die Pfahlköpfe ohne Anwendung eines Rostes, Vor- und Nachtheile dieses Verfahrens, Anwendung desselben bei Béton- oder Santorin-Mauern, wie bei den Ufermauern der Werfte zu Muggia bei Triest S. 107; — Nachtheile des Hervorstehens der Pfähle über das Flussbett, sogenannte ***Stelzfundamente***, Anwendung derselben bei dem Baue der Brücke zu Rouen nebst dem Beispiel der Kaimauer zu Rouen, welche 30 Fuss über dem Strombette fundirt wurde S. 107 u. 108.

Von den Pfählen, Seite 108—127.

Von der Beschaffenheit und Anwendung der Pfähle überhaupt, Seite 108—110. — Verschiedene Gattungen von
§. 29. Pfählen: ***Spitz-*** (Grund- und Langpfähle) und ***Spundpfähle*** S. 108; — Taugliche Holzarten zu den Pfählen S. 108; — Länge der Pfähle, Wichtigkeit der genauen Bestimmung derselben vor dem Einrammen, schädliche Wirkung des Aufpfropfens derselben und verschiedene Arten der Aufpropfung S. 108 u. 109; — Stärke der Pfähle, besonders mit Rücksicht auf deren Länge und andere Umstände S. 109; — Einrammen der Pfähle mit dem Zopf- oder Wipfel- (dünneren) Ende, Verschiedenheit bei Lang- und Grund- (Rost-) Pfählen S. 109; — Versehen der Pfähle mit einer Spitze, Beschaffenheit derselben, deren Verstärkung mit dem Pfahlschuhe in steinigem Boden oder Gerölle, verschiedene Stärke, überhaupt Anwendung von Pfahlschuhen S. 109 u. 110; — Vorkehrungen gegen das Aufspalten des Pfahlkopfes S. 110: — Die Schraubenpfähle, in neuester Zeit zuerst vom Ingenieur Mitchell in England angewendet, geeignete Bodenarten hiezu und nähere Details über das ganze Verfahren S. 110.

Spundwände, Seite 110—114. — Zweck der Spundwände und Erhöhung deren Dichtigkeit durch eine Thonwand
§. 30. S. 110 u. 111; — Unterscheidung zwischen ***Spund-*** und ***Pfahlwänden*** S. 111; — Beschaffenheit der Pfähle, geeignetes Holz zu Spundpfählen, Länge, Stärke und andere Details S. 111; — Einrichtung der Spundung der Spundpfähle »Keilspundungen und Quadratspundung« S. 111; — Näheres über das Verfahren bei der Spundung S. 111; — Anwendung von Schuhen bei den Spundpfählen wie bei den Rost- oder Grundpfählen S. 112; — Vorarbeiten beim Einrammen einer Spundwand, eigenthümliches Verfahren hiebei, Anwendung der festen und losen Zwingen oder Lehren S. 112; — Aufsetzung eines Holms auf die eingerammte Spundwand oder Anwendung von Zangen oder Gurthölzern auf beiden Seiten der Wand S. 112 u. 113; — Anwendung der Nuth- oder Leitpfähle zu Erzielung einer grösseren Festigkeit einer Spundwand S. 113; — ***Stülpwände*** statt Spundwände bei geringer Tiefe S. 113; — Spundwände zu vorübergehenden Zwecken aus Nuthpfählen und Bohlen hergestellt S. 113; — Anwendung gusseiserner Spundwände in neuerer Zeit, namentlich in England, Construction und Näheres über die Arbeiten bei Ausführung solcher Wände S. 113.

Einrammen der Pfähle, Seite 114—122. — Die Rammen, Hauptbestandtheile und über die Anwendung derselben
§. 31. im Allgemeinen S. 114; — Die Handramme als die einfachste Ramme, Construction und Verwendung derselben S. 114; — Die Zugramme, Einrichtung derselben im Allgemeinen S. 114; — Construction und Anwendung einer gewöhnlichen, einfachen Zugramme S. 114 u. 115; — Zugrammen mit 2 Läufern für schwere Rammklötze S. 115; — Näheres über Rammklötze, deren Beschaffenheit und Anwendung S. 115; — Die Rolle oder Rammscheibe und deren Details S. 115; — Das Rammtau und die Zugleinen S. 116; — Schräge Rammen, deren Construction und Verwendung S. 116; — Besondere Vorschriften für die Arbeiter beim Rammen, Begriff einer Hitze, Stellen und Halten des Pfahles, Aufhören mit dem Rammen bei gehöriger Tiefe »das Tanzen des Rammklotzes«, Leitung der Arbeiten durch einen Obmann S. 116 u. 117; — Anwendung des Aufsetzers oder Rammknechtes bei tief einzurammenden Grundpfählen, oder Anwendung von Rammen mit verlängerten Läufern S. 117; — Aufstellung der Rammen, Gerüste, Bedielungen, Kähne oder Flösse hiezu S. 117; — Kunstrammen, deren Einrichtung im Allgemeinen und Anwendung gewöhnlich durch Menschenkraft, doch auch durch Pferde-, Wasser- und Dampfkraft S. 117; — Construction der Kunstramme, welche Perronet beim Bau der Brücke von Neuilly anwendete S. 117 u. 118; — Construction einer einfacheren Kunstramme für einen Rammklotz von mittlerem Gewicht und noch weitere Varietäten S. 118 u. 119; — Vauvillier's Untersuchungen zwischen der Leistung der Zug- und Kunstramme S. 119; — Die Dampframme, ihre Vorzüge und Bedingungen für ihre Anwendung S. 119; — Construction einer Dampframme (der Dampfmaschine und der Dampframme) mit allen Details, deren Gebrauch (Operationen) und deren Wirkung S. 119—122.

Tragfähigkeit der Pfähle, Seite 122—124. — Wovon ist die Tragfähigkeit der Pfähle abhängig? S. 122; — Theorie
§. 32. und Praxis hierüber, praktischer Massstab für die Tragfähigkeit S. 122; — Beobachtung der letzten Hitzen und Regeln der Erfahrung hiefür, mit besonderen Beispielen, Versuchen und hieraus abgeleiteten Normen, wie beim Bau der Brücke von Neuilly, bei der Brücke zu Orléans und die hieraus abgeleiteten Ansichten Perronet's, Ansichten Sganzin's hierüber, Erfahrungen bei einem Bau in Berlin, in Holland, beim Bau der Junction-Docke in Hull, beim Bau der Endwiderlager der Szegediner Brücke S. 122 u. 123; — Resultate (unsichere) dieser Erfahrungen S. 123; — Die Rammregister, praktischer Werth derselben, ihre Eintheilung S. 123; — Tragfähigkeit von Pfählen, die in mehreren Reihen neben einander stehen, Vorschriften hiefür S. 123; — Eintreiben von Pfählen in Felsen, Vorbohren mit dem Steinbohrer; — schief oder nicht tief eindringende Pfähle auszuziehen S. 124.

Ausziehen der Pfähle, S. 124 und 125. — Ausziehen alter Pfähle im Baugrunde, dann schief oder nicht tief einge-
§. 33. drungener Rost- oder Spundpfähle, auch unnützer Gerüst- oder Fangdammpfähle nach Beendigung eines Baues S. 124; — Anwendung der Zugramme zum Ausziehen S. 124; — Der Wuchtbaum zum Ausziehen der Pfähle S. 124; — Ausziehen mittels einer Schraube und durch Hebelwirkung auf die Schraubenspindeln S. 124; —

Gewöhnliche horizontale Winden mit starkem Vorgelege und Flaschenzügen S. 125; — Verfahren verschiedener Art beim Ausziehen von Pfählen, die im Wasser eingeschlagen sind S. 125.

Abschneiden der Pfähle unter Wasser, Seite 125–127. — Schwierigkeiten dieser Operation, namentlich in nicht
§. 34. trocken gelegtem Baugrunde S. 125; — Instrumente und Apparate zum Abschneiden der Pfähle als: die Grundsäge in verschiedener Anwendung und Form, gewöhnlich als Horizontal-Säge, dann die Kreis- oder Circular-Säge, Details über deren Beschaffenheit und Anwendung S. 125 u. 126; — Einfachere Verfahren beim Abschneiden nur einzelner Pfähle oder in nicht zu grosser Tiefe unter dem Wasserspiegel S. 126.

Von den Fangdämmen, Seite 127–132. — Zweck der Fangdämme und Unterscheidung derselben nach »gewöhnlichen
§. 35. Fangdämmen« und »Grundfangdämmen« S. 127; — Allgemeine Eigenschaften eines Fangdammes S. 127; — Näheres über die Beschaffenheit gewöhnlicher Fangdämme: Höhe derselben, Rücksichten auf die verschiedenen Wasserstände, Bauzeit, Stärke u. s. w. S. 127; — Einfachste Construction solcher Dämme als: in Form gewöhnlicher Erddämme bei geringer Wassertiefe, oder in Form einer Spundwand durch einen Thonschlag gedichtet, oder durch Anlehnen einer Anschüttung gegen eine schräge Wand S. 127; — Die Kastenfangdämme allgemeine Beschaffenheit derselben S. 127 u. 128; — Verschiedene Constructionen von Fangdämmen: gewöhnliche in Deutschland angewendete, eine in Frankreich übliche Construction, Anordnungen bei sehr hohen Fangdämmen, Anwendung von Pfahlwänden statt Spundwänden bei grossen Fangdämmen S. 128 u. 129; — Der Fangdamm bei den Docksbauten zu Great-Grimsby S. 129; — Ein solcher Fangdamm für eine noch grössere Wassertiefe S. 129 u. 130; — Der Fangdamm bei dem Bau der Victoria-Brücke über den St. Lorenzostrom S. 130; — Der Fangdamm bei sehr grosser Wassertiefe und felsigem Boden wie bei dem Kriegshafen von Cherbourg S. 130; — Anschluss der Fangdämme an die Ufer, an Mauerwerk, Felsen u. s. w S. 130; — Füllen der Fangdämme und Wasserdichtigkeit derselben durch eine feine, gleichmässige Erde, zähen Thon, Vermengung von Lehm mit Steinen wegen des Aufblähens des ersteren, gewöhnliche Ackererde, reinen Sand mit Thon, sandige Erde mit Kalk vermischt, reinen Thon, Kreide und Kies, sogar Anwendung von Béton S. 131; — Vorkehrungen und Arbeiten gegen Wasseradern oder Lecke in den Fangdämmen S. 131; — Allgemeine Anwendung der Grundfangdämme S. 131.

Trockenlegung der Baugrube, S. 131–136. — Grösse der Baugrube, Einflüsse hierauf und allgemeine Vorschriften
§. 36. bei Aushebung derselben S. 131; — Tiefe der Baugruben, Böschungen und Bermen zur Sicherung der ersteren
§. 37. S. 131 u. 132; — Ausschöpfen (Trockenlegen) der Baugrube und allgemeines Verfahren hiebei S. 132; — Besondere Vorschriften für diese Arbeiten (des Ausschöpfens) nach Zeit (Jabreszeit, Tages- und Arbeitszeit), mit Rücksicht auf den Wasserstand des zunächst liegenden Flusses und den Wasserzudrang, ferner mit Rücksicht auf Vergrösserung der verwendeten Arbeitskraft durch Verminderung der Hubhöhe u. s. w. S. 132; — Einrichtung der Wasserschöpfvorrichtungen im Verhältniss zum Wasserzudrang, Erfahrungen hierüber S. 132 u. 133; — Anwendung verschiedener bewegender Kräfte beim Trockenlegen der Baugrube, Vortheile bei Anwendung der Menschenkraft S. 133; — Verschiedene Vorrichtungen zum Wasserschöpfen und deren Construction und Leistungen S. 133—136; — Die ***Handeimer***, ***Wurfschaufeln, Schwungschaufeln***, ***Kettenpumpe*** (Scheibenkunst, Paternosterwerk) S. 133; — Die ***Schaufelwerke***, ***Kastenwerke*** (Eimerketten oder Norien), ***Schöpfräder***, ***Schneckenräder*** S. 134; — Der ***Wippentrog*** (Wasserwippe), die ***archimedische Wasserschnecke***, die ***Pumpen*** S. 135; — Vergleichung der Wirkungen der wichtigeren Wasserschöpfvorrichtungen nach Gauthey S. 136; — Ueber Anwendung von Menschen-, Wasser- und Dampfkraft beim Trockenlegen einer Baugrube S. 136.

Vertiefung der Baugrube unter Wasser, Seite 136—139. — Verfahrungsweise bei solchen Arbeiten überhaupt, be-
§. 38. sonders mit Rücksicht auf den Baugrund: ***Baggern*** in thonigem Boden, Sand, Kies oder Gerölle, Brechen oder Sprengen mit Pulver im Felsengrund, Anwendung einer den Baugrund einschliessenden Spundwand in Flüssen und Strömen, die starkes Geschiebe mit sich führen S. 136; — Verschiedene Arten von Baggerungen und Bagger-Vorrichtungen als: ***Baggersäcke***, ***Handbagger*** oder ***Kratzer***, ***Bagyermaschinen*** und ***Dampfbagger*** S. 136 u. 137; — Steinsprengungen unter Wasser, Anwendbarkeit derselben oder Anwendung von Brechstangen S. 137; — Gewöhnliches, einfaches Verfahren beim Steinsprengen unter Wasser S. 137; — Anwendung der blechenen Patronenhülse S. 137 u. 138; — Sprengung der Granitblöcke an der Mündung der Dange S. 138; — Sprengarbeiten im Rheine S. 138; — Verfahren bei Felsen, der mit Kies bedeckt ist, Vertiefung des Flussbettes der Saverne S. 138; — Sprengungen am Strudel in der Donau S. 138 u. 139; — Ausheben der losgesprengten Steine S. 139; — Untersuchen des Grundes mittels des Wasserfernrohrs S. 139.

Fundirung auf Béton, Seite 139—152. — Anwendung des Bétons zu verschiedenen Zwecken: zur Sicherung der Sohle
§. 39. der Baugrube gegen Wasserzudrang, zu den Seitenwänden eines Fangdammes, zu ganzen Mauern über und unter dem Wasser S. 139 u. 140.

Begriff des Bétons, Zusammensetzung und allgemeine Eigenschaften desselben Seite 140; — Die hydraulischen Kalke S. 140; — Unterscheidung zwischen hydraulischem Kalk und Cement, Unterscheidung zwischen natürlichen und künstlichen hydraulischen Kalken und Cementen S. 140; — Mengungsverhältniss des hydraulischen Kalkes, Procent-Zusatz des Cements zum gewöhnlichen Luftkalk S. 140; — Chemische Stoffe, welche die Hydraulicität eines Kalkes bedingen, und Einfluss der Dichtigkeit und Form der einzelnen Theilchen seines Pulvers hierauf S. 140; — Brennen der hydraulischen Kalksteine, dann Pulvern und Sieben derselben S. 140; — Aufbewahren des hydraulischen Kalks vor seiner Verwendung, Nachtheile davon S. 140; — Erscheinungen

beim Anmachen der hydraulischen Kalke mit Wasser S. 140 u. 141; — Der ***Roman-Cement***, im Londoner Becken der Themse, als Repräsentant der künstlichen hydraulischen Kalke; der ***Portland-Cement***, von Pasley in Chatam entdeckt und durch Abstin in London vervollkommnet, als Repräsentant der künstlichen hydraulischen Kalke; Analysen des Roman- und Portland-Cementes, weitere chemische und technische Eigenschaften und Unterscheidungen S. 141 u. 142; — Die natürlichen Cemente, meist vulkanischen Ursprungs: ***Puzzolane***, ***Trass*** und ***Santorin-Erde*** S. 142; — Zusammensetzung der Puzzolane, des Trass und der Santorin-Erde S. 142; — Die Puzzolane, Näheres über deren Bestandtheile und Beschaffenheit, Fundorte, Arten und vorzüglichste Verwendung S. 142; — Der Trass, Vorkommen, besondere Eigenschaften und Verwendung S. 142 u. 143; — Die Santorin-Erde, Erscheinung und begrenzte Verbreitung S. 143; — Absonderung der Santorin-Erde durch Schlämmen in 3 getrennte Massen und Eigenschaften derselben S. 143; — Erscheinungen an der Bruchfläche eines gut erhärteten Santorin-Mörtels; Schlussfolgerungen hieraus für den praktischen Werth der Santorin-Erde S. 143; Weitere Vorzüge der Santorin-Erde S. 144; — Bereitung des Mörtels aus Santorin-Erde mit gebranntem und gelöschtem Kalk und Verwendung dieses Mörtels zu Mauerwerk, oder Bildung von Gussmauerwerk unter Wasser aus Santorin-Mörtel mit Steinstücken vermengt S. 144; — Versuche und Resultate über die rückwirkende Festigkeit des Santorin-Mörtels nach Heider S. 144 u. 145; — Mischungs-Verhältniss des Santorin-Mörtels beim Bau des Slip- und Trocken-Docks zu Triest und Verbesserung desselben durch spätere Versuche nach Heider, ebenso dessen Mischungs-Verhältniss zum Béton-Mauerwerk und die Vorschrift hierüber bei der K. K. Kriegsmarine S. 144; — Gebrannter Thon und Ziegelmehl als künstliche Cemente S. 144 u. 145; — Dessgleichen Steinkohlenasche, Hochofenschlacken und andere Cemente S. 145 u. 146; — Einhalten des richtigen Verhältnisses zwischen Kalk und Cement bei Bereitung des hydraulischen Mörtels, verschiedene Erfahrungen hierüber S. 146; — Versuche über die Erhärtung der hydraulischen Kalke nach Pasley S. 146; — Bestimmung des relativen Werthes der Cemente S. 147; — Beschaffenheit der Steine, welche zum Béton verwendet werden, Schwierigkeiten und Verfahren bei der Vermengung S. 147.

Verwendung des Bétons zu Fundirungen, seine Zusammensetzung beim Bau der Franz-Josephs-Schleuse in Ungarn
§. 40. Seite 147; — Verfahren bei der Anwendung des Bétons ohne Zutritt von Wasser und versenkt im Wasser S. 147; — Das Versenken des Bétons mittels Trichter oder eigens construirter Kasten S. 147; — Verwendung von Trichtern bei der Versenkung des Mörtels, Constructives über Trichter und Verfahren beim Bau S. 148; — Versenkungskästen zum Bétoniren, Constructives hierüber und deren Gebrauch S. 148 u. 149; — Stärke eines Bétonbettes, Rücksichten hiebei auf den Druck der Quellen und auf die Ausdehnung S. 149; — Eine Formel zur Berechnung der Stärke einer Bétonlage nach Hagen S. 149; — Verschiedene Durchschnitte der gebräuchlichsten Bétonfundamente und Fundirung der Pfeiler der Dirschauer Brücke S. 149; — Näheres über Bétonfundirung in einem Grunde, der aus Sand oder Kies besteht S. 150; — Anwendung von Bétonfangdämmen und Herstellung derselben S. 150; — Bétonirung auf losem Felsen mit Klüften und Spalten bei heftigem Wasserzudrang S. 150; — Fundirung der Pfeiler der Rheinbrücke bei Mainz S. 150; — Verfahren, wenn an einzelnen Stellen der Bétonfundirung Quellen durchtreten S. 150 u. 151; — Vermeidung des Wasserschöpfens bei Maurerarbeiten durch Erhöhung der Bétonfundirung bis zum kleinsten Wasser S. 151; — Herstellung einer Kaimauer mittels Santorin-Gussmauerwerk S. 151; — Anwendung eigens am Lande construirter Kästen zur Herstellung von Gussmauern, wie bei den Santorinmauern in Pola, Triest und Venedig S. 151; — Verwendung des Bétons zur Herstellung von grossen Steinblöcken, wie solche zum Schutze der See-Hafendämme gebraucht werden S. 151 u. 152.

Fundirung im hölzernen Kasten (Caissons), S. 152 u. 153. — Verfahrungsweise im Alterthum, auf versenkten Schiffen
§. 41. zu fundiren S. 152; — Erneuerte Anwendung der Kasten- oder Senkschiff-Fundirung bei der Westmünsterbrücke zu Londou 1738—1750 S. 152; — Allgemeines über die Eigenschaften und die Verwendung solcher Kasten S. 152; — Construction der Seekasten, nähere Details eines solchen Kastens S. 152 u. 153; — Vorschriften für den Bau der Seekasten, für das Ablassen und Versenken S. 153; — Abmessungen der Seekasten, Abtheilung derselben bei längern Mauern, wie bei Kai-Mauern und Vorsorge für die Stellung und Verbindung der einzelnen Kästen und des Mauerwerks am Stosse zweier Kästen S. 153; — Verfahren beim Bau der 660 Fuss langen Kais im Hafen von Rouen, Verfahren bei sehr mächtigen kolossalen Brückenpfeilern S. 153: — Gründe zur Anwendung von Senkkästen statt der Fangdämme und Ausschöpfungen S. 153.

Fundirung auf Sandbettungen, Seite 153 u. 154. — Erbreiterung der tragenden Fläche eines Fundamentes und
§. 42. gleichmässigere Vertheilung der Last durch Anwendung von Sandschüttungen S. 153; — Näheres über die Eigenschaften und Wirkungen einer Sandschüttung S. 153; — Verschiedene Anwendungen und Beispiele von Sandschüttungen, Anwendung derselben statt des liegenden Rostes, sogar statt des Pfahlrostes S. 154.

Fundirung mit eisernen Leit- und Spundpfählen, Seite 154 u. 155. — Anwendung von gusseisernen Spund- und
§. 43. Leitpfählen bei der Fundirung der Chelsea-Brücke über die Themse durch den Ingenieur Page S. 154; — Genaue Beschreibung dieser Fundirungs-Methode S. 154 u. 155; — Vorzüge der Fundirungsart mit gusseisernen Pfählen S. 155.

Fundirung mit Hilfe comprimirter Luft, Seite 156—162. — Ingenieur Pott als Erfinder dieses Verfahrens, die
§. 44. demselben zu Grunde liegende Idee und deren Anwendung bei Fundirung des Viadukts der Insel Anglesia S. 155. — Das verbesserte Pott'sche Verfahren durch Triger, Anwendung dieser Methode beim Durchdringen

einer Alluvion von 20 Meter Mächtigkeit S. 155; — Nähere Beschreibung des Triger'schen Verfahrens und der hiezu gehörigen Einrichtungen und Anwendung derselben S. 156.

Erfahrungen und Beispiele von Fundirungen mit Hilfe comprimirter Luft, Seite 156—162:

Fundirung der Theissbrücke bei Szegedin, von Cesanne erbaut, S. 156 u. 157.

Fundirung der Brücke von Rochester über die Medway, S. 157 u. 158.

Fundirung der Brücke bei Kowno über den Niemen, von Cesanne, S. 158—160.

Fundirung der Rheinbrücke zwischen Kehl und Strassburg, von Fleur-St. Denis, S. 160 u. 161.

VII. Abschnitt.

Der Seebau.

Seite 162 – 256.

Erscheinungen am Meere, Seite 162—168. — ***Wellen***, ***Ebbe***, ***Fluth***, ***Strömungen***, Wirkungen derselben im Allge-
§. 45. meinen S. 162.

Die Wellen; der Wind, als deren gewöhnlichste Ursache, Beschaffenheit (physikalische und mechanische) der Wellen, Erscheinungen hiebei (Sturzseen, hohle See u. s. w) S. 162 u. 163; — Wie kann man sich Wellen entstehen denken? — S. 163 u. 164; — Grundwelle, Brandung S. 164; — Wirkung der Wellen gegen Küsten, vor steilen Ufern und gegen flaches Küstenland, Erfahrungen in letzterer Beziehung beim Bau des Wellenbrechers von Cherbourg und andere S. 164; — Resultate für die Construction der Mauern, den Wirkungen der Wellen zu widerstehen S. 164; — Messen des Stosses der Wellen durch Beobachtungen S. 164; — Die Strandbildung S. 164 u. 165; — Bildung von Riffen, Dünen S. 165.

Ebbe und Fluth, Entstehung derselben S. 165; — Verschiedene Erscheinungen bei Ebbe nnd Fluth, namentlich in
§. 46. verschiedenen Meeren S. 165; — Periodische Aenderungen der Ebbe und Fluth: tägliche, monatliche, jährliche S. 165 u. 166; — Springfluthen, Nippfluthen (todte Fluthen), Fluthwechsel, Fluthhöhe (Hoch- und Niederwasser), Hafenzeit und andere Erscheinungen S. 165 u. 166; — Bildung von Strömungen aus dem durch Ebbe und Fluth und deren Aenderungen verursachten Wasserstandswechsel, die Wirkungen solcher Strömungen S. 166; — Die Grösse des Fluthwechsels bei gewöhnlichen Springfluthen für einige Seestädte S. 166; — Tägliche zweimalige Aenderung des Wasserstandes an den europäischen Küsten des Atlantischen Oceans und der Nordsee, Erscheinungen im Mittelmeer, im Adriatischen Meer S. 166; — Näheres über Hafenzeit, über halbmonatliche Zeitungleichheit, die letztere für Triest und Venedig S. 167; — Strommündungen, deren Beschaffenheit und die Wirkungen des Wellenschlags, der Ebbe und Fluth auf dieselben S. 167; — Verschiedene Erscheinungen hiebei S. 167.

Die Strömungen, Entstehung derselben im Allgemeinen und deren Wirkung auf die Anlage von Häfen S. 167 u.
§. 47. 168; — Zwei Hauptarten von allgemeinen Strömungen: die Polarströmung, die Aequatorialströmung, der mexikanische Golfstrom in seinen verschiedenen Verzweigungen und Fortsetzungen S. 168.

Wasserstandsbeobachtungen und Tiefenmessungen, Seite 168—170. — Fluss- und Strom-Pegel, nur als Wasser-
§. 48. messer in Meeren anwendbar, welche dem Einfluss der Ebbe und Fluth wenig oder gar nicht ausgesetzt sind S. 168; — Allgemeine Eigenschaften und Aufgabe der See-Pegel S. 168 u. 169; — Die selbstregistrirenden Pegel S. 168; — Der selbstregistrirende Fluthmesser am äussersten Ende des Molos Sartorio zu Triest S. 169; — Die in England gebräuchliche Einrichtung selbstregistrirender Pegel S. 169; — Der Pegel im Kriegshafen zu Cherbourg S. 169 u. 170; — Tiefenmessungen im Meere und deren Schwierigkeiten S. 170; — Anwendung des gewöhnlichen Lothes hiebei S. 170; — Einrichtung des Lothes zum Messen grösserer Meerestiefen S. 170; — Der gegenwärtig als der zweckmässigst angesehene Apparat zu Tiefenmessungen von Brocke S. 170.

Von den Seehäfen im Allgemeinen, Seite 170—173. — Begriff eines Hafens S. 170; — Wichtigste Anforderungen
§. 49. an einen Hafen S. 170; — Zugänglichkeit der Häfen, grössere oder geringere, je nach dem Fluthwechsel, Fluthhäfen S. 171; — Hauptbestandtheile der Seehäfen: Rhede, Vorhafen, Docks, Flotthäfen, Bassins S. 171; — Verschiedene Arten von Häfen, als: Kriegshäfen, Handelshäfen, Nothhäfen S. 171; — Näheres über Rheden, deren Beschaffenheit und Zweck, mit Beispielen; offene und beschlossene Rheden S. 171; — Besondere Eigenschaften der Handelshäfen S. 171; — Noth-, Zufluchts- oder Bergungshäfen, deren Eigenschaften und Bestimmung S. 171 u. 172; — Quarantaine-Häfen S. 172; — Begriff und Werth der Vorhäfen, allgemeine Einrichtung derselben S. 172; — Offene Ankerplätze und deren Bedeutung S. 173; — Der Ankergrund, Eigenschaften derselben S. 173.

Erhaltung der Hafentiefe, Seite 173—180. Ursachen der Abnahme der Wassertiefe in den Häfen, Mittel zur Begeg-
§. 50. nung dieses Uebelstandes: durch Baggerung, vorzugsweise aber durch Spülung S. 173.

Künstliche Spülung, Anwendbarkeit und eigentlicher Zweck derselben S. 173; — Allgemeines Verfahren, eine künst-
§. 51. liche Spülung zu erzeugen S. 174; — Nähere Beobachtungen und Vorschriften über künstliche Spülungen, namentlich mit Rücksicht auf die Zeit der Anwendung und ihre Geschwindigkeit S. 174; — Einmündende Flüsse und Bäche zu Spülungen, besondere Vorsicht und Einrichtungen hiebei S. 174; — Die Spülbassins und Einrichtung derselben S. 174; — Anwendung der gewöhnlichen Bassins oder Docks als Spülbassins S. 174; — Wirkungen der Spülungen durch die Docks, der Handelshafen von Cherbourg als Beispiel hiefür mit genauer Angabe seiner Einrichtung und der vorkommenden Erscheinungen S. 175 u. 176; — Frühere und jetzige Einrichtungen im Hafen von Dover S. 176; — Spülvorrichtungen, um Ablagerungen an den Anlage-Stellen der Kaimauern zu beseitigen S. 176.

Natürliche Spülungen durch Strömung einmündender Flüsse, oder solcher Seen, welche nahe am Meere in Nie-
§. 52. derungen liegen S. 176; — Allgemeine und besondere Vorschriften, solche Strömungen zu verstärken und zu reguliren S. 176 u. 177; — Als Beispiel einer natürlichen Durchströmung: der Hafen von Malamocco bei Venedig, genaue Beschreibung davon, Anlage kolossaler Dämme S. 177—179; — Der Hafen von Nieuwe-Diep als ein interessantes Beispiel einer natürlichen Durchströmung S. 179.

Die Bagger als unentbehrlich, die erforderliche Tiefe des Hafens zu erhalten S. 179; — Dampfbagger, Pferd- und
§. 53. Handbagger S. 179; — Verführen des gehobenen Materials und Wiederversenken desselben, verschiedenes Verfahren hiebei S. 179 u. 180; — Construction der Fahrzeuge zum Verführen und Versenken des gebaggerten Materials S. 180; — Anwendung von Karren statt Baggerungen zur Zeit der Ebbe bei Häfen mit grossem Fluthwechsel T. 180.

Grösse der Häfen, Bequemlichkeit der Einfahrt, Sicherung gegen Wellenschlag, Seite 180—183. —
§. 54. Bedingungen und Grenzen für die Grösse der Häfen S. 180; — Länge und Breite der Häfen S. 180; — Ein-
§. 55. fahrteu in die Häfen, sogenannte Hafenstrassen mehr bei den natürlichen Häfen, Hafenmündungen zwischen den Köpfen zweier Hafendämme bei den künstlich angelegten Häfen S. 180; — Häfen mit Rheden, ausserdem oft noch mit Vor- oder Bassinhafen S. 180; — Grosse Sicherheit eines tief in das Binnenland sich erstreckenden Hafens, dagegen schwierigere Einfahrt S. 180; — Breite einer Hafenstrasse oder einer Hafenmündung S. 181; — Richtung der Hafenmündung oder die der Hafenstrasse S. 181; — Häfen mit zwei Mündungen, Vortheile derselben, ebenso eines Hafenbassins S. 181; — Ungleiche Länge der Hafendämme, Erleichterung der Einfahrt hiedurch S. 181; — Bezeichnung der Einfahrten, namentlich in engem Fahrwasser, Anwendung von Tonnen
§. 56. oder eingerammten Pfählen hiezu S. 182; — Sicherung der Häfen gegen Wind und Wellenbewegung, nachtheilige Wirkung derselben in den Häfen S. 182; — Mässigung des Wellenschlags im Hafen durch eine entsprechende Breite der Hafenmündung S. 182; — Vortheile der Häfen mit Buchten oder Hafenstrassen mit Rücksicht auf den Wellenschlag S. 182; — Vortheile von Einweichungen in Meeresbuchten S. 182; — Werth einer Rhede gegen die Wellenbewegung oder Anlage eigens zu diesem Zweck construirter Wellenbrecher, mit Beispielen an den Häfen zu Dieppe, Dünkirchen, Boulogne, Hâvre, Cherbourg S. 182 u. 183.

Uferlänge, Kais und Vorrichtungen zum Befestigen der Schiffe, Seite 182 u. 183. — Anlegen der Schiffe im
§. 57. Hafen, Raum hiezu, Vor- und Nachtheile von Molos S. 183; — Construction der Molos in den Grundzügen S. 183; — Die Kais, allgemeine Anforderungen an dieselben, Einrichtungen auf ihnen, als Krahnen, Strassen, Eisenbahnen S. 183: — Beschaffenheit des Ufers wegen des bequemen Anlegens der Schiffe, Höhe und äussere Form der Ufermauern, Treppen u. s. w. S. 184; — Befestigen der Schiffe an den Ufermauern oder in der Mitte
§. 58. der Häfen S. 184; — Die *Buoien* S. 184; — Schiffshalter (Pali); — Ringe, gusseiserne Cylinder, Kanonenröhren in den Kaimauern zum Befestigen der Schiffe S. 184; — Vorzüge der Buoien vor den Schiffshaltern S. 184; — Ankern der Schiffe auf der Rhede S. 184.

Dock-, Stau- oder Fluthschleusen, Seite 184—192. — Allgemeiner Zweck solcher Schleusen, Construction, Breite,
§. 59. Absperrung (Abschliessung) derselben S. 184 u. 185; — Beispiele von Dockschleussen mit genauer Angabe ihrer Construction S. 185 u. 186:

Die Schleuse im Hafen von Nazaire an der Mündung der Loire S. 185 u. 186; —

Die Schleuse St. Jean zu Hâvre S. 186; —

§. 60. Einrichtung der Absperrungen der Schleusen, der *Stemmthore;* Construction der englischen Thore, der Schleusenthore in den französischen Häfen, der Thore der grossen Schleuse im Hafen von St. Nazaire S. 187—189.

Spülschleusen, Zweck derselben, deren Bauart und Construction im Allgemeinen S. 189; — Näheres über den Bau
§. 61. und die Beschaffenheit derselben S. 189; — Nothwendige Länge einer Spülschleuse S. 189; — Abschluss der Spülschleusen durch Spülthore, Drehthore S. 189; — Construction solcher Thore, zunächst wenn sie eigene Spülbassins abschliessen, dann wenn die Spülung von den Docks unmittelbar bewirkt wird S. 190—192; — Beschreibung des Spülschleusenthores im Hafen von Hâvre S. 190 u. 191; — Anwendung von Schützen statt der Thore S. 191; — Anwendung von Doppelthoren für weitere Oeffnungen der Spülschleusen S. 191; — Nachtheile der schrägen Stellung der Thore (nicht parallel zur Achse der Schleuse), wenn sie geöffnet sind S. 191; — Eine besondere Construction einflügliger Spülthore S. 191 u. 192; — Spülung der Hafeneinfahrt durch Spülkanäle wie im Hafen von St. Nazaire S. 192.

Anstalten zur Ausbesserung, wie auch zum Neubau der Schiffe, Seite 192—227. — Verschiedenes Verfahren,

§. 62. die Ausbesserung und den Bau von Kriegs- und Handelsschiffen zu bewirken: 1) Schwimmend, 2) auf Werften und Stapeln, 3) in Docks S. 192.

Herstellung und Ausbesserung der Schiffe in schwimmender Lage, diess geschieht zunächst durch das ***Kielholen***, Zweck und Bedeutung dieses Verfahrens S. 192; — Das Kielholen mit Hilfe eigens vorgerichteter Fahrzeuge, Pontons S. 192 u. 193; — Einrichtungen in den Antwerpener Docks zum Kielholen S. 193; — ***Kielhol-Werften*** S. 193.

Werften und Stapeln, Seite 183—199. — Das ***Banken*** der Schiffe, Erscheinungen hiebei S. 193; — Werften mit
§. 63. Stapeln, Beschaffenheit und Abscheidung derselben in Land- und Seestapel S. 193; — Allgemeines Verfahren beim Bau oder der Reparatur eines Schiffes auf dem Stapel, die ***Stapelklötze***, und Ablaufen vom Stapel S. 193; — Theile und Benennungen der Stapel-Einrichtungen: der ***Helling*** (Land- oder Hinter-, See- oder Vorder-Helling), der ***Stapelschlitten*** und seine Bestandtheile, die ***Geleitbalken*** S. 193 u. 194; — Richtung der Achsen der Stapeln, von Süden nach Norden, Gründe hiefür S. 194; — Beispiele von Stapeln mit Figuren S. 194; — Bau der Schiffe unter Dach, Anwendung von Nothdächer, besser von permanenten und Construction der letzteren im Allgemeinen S. 194; — Das Längenprofil der Stapel, verschiedene Neigung des Land- und Seestapels, Nachtheile davon und zweckmässigster Fall und Form derselben S. 194; — Uebliche Tiefen des Fusses der Seestapel unter dem Wasserspiegel S. 194 u. 195; — Bestimmung der Länge der See- und Landstapel aus dem Vorangehenden S. 195; — Nothwendige Neigung des Bodens vor dem Stapelkopf, Erscheinungen beim Ablaufen der Schiffe und Rücksichten hierauf S. 195; — Breite der Stapel S. 196; — Festigkeit des Bodens bei Erbauung von Stapeln, der Unterbau von Land- und Seestapeln S. 196; — Ausführung des Unterbaues: entweder auf dem natürlichen Boden, oder durch Vertiefen in denselben, oder durch Erhöhung, Rücksichten hiebei auf Form und Beschaffenheit des Terrains S. 196; — Schwierigkeiten, welche sich manchmal beim Bau der Seestapel zeigen, Anwendung von Fangdämmen S. 196; — Erhaltung der Seestapel in diensttauglichem Zustande, Schutz derselben (des Vorstapels namentlich) gegen den Bohrwurm S. 197; — Anwendung einer beweglichen Plattform am Vorstapel zum Ablaufen und Aufziehen der Schiffe S. 197; — ***Beetingen*** an Stapeln für grössere
§. 64. Schiffe S. 197; — Schwierigkeiten beim Aufschleppen der Schiffe auf Stapeln, nachtheilige Wirkungen des Aufschleppens auf die Form der Schiffe, allmälige Verdrängung dieses Verfahrens durch den in neuerer Zeit sehr in Aufnahme gekommenen Dockbau S. 197; — Beispiele von Aufschleppung grosser Schiffe: des Algier mit 74 Kanonen zu Toulon, der österreichischen Fregatte Schwarzenberg in Venedig S. 197; — Widerstände, welche beim Aufschleppen zu überwinden sind, Nachtheile einer zu sanften Ansteigung des Stapels beim Ablaufen des Schiffes S. 198; — Die Einführung der ***Eisenbahn-Aufschleppen*** (Morton-Slip), Vortheile, Construction und Anwendung derselben S. 198.

Docks, Seite 199—227. — Begriff und allgemeiner Zweck der Docks, feste Docks, schwimmende Docks, Docks mit Hebung der Sehiffe durch hydraulische Pressen S. 199.

Feste Docks (Trocken-Docks), Seite 199—209. — Aufgabe der festen Docks, Beschaffenheit und Anwendung derselben
§. 65. im Allgemeinen S. 199; — Vortheile eines grossen Fluthwechsels bei Anlage von Trockendocks S. 199; — Form und Beschaffenheit der Umfassungswände: Treppen, Stiegen, Rutschen S. 199; — Verschiedenheit bei der inneren Gestaltung der Docks, der Dockform, ältere und neuere Dock-Anlagen, Verschiedenheiten in Frankreich, England, Amerika S. 199 u. 200; — Beschaffenheit des Bodens der Docks, Cunetten in denselben, abweichende Anordnungen hiefür S. 200; — Verschluss der Docks durch Stemm- oder gewöhnliche Schleusenthore, oder durch Schwimmthore, Näheres hierüber, namentlich über Schwimmthore, ihre Anwendung, Füllen und Leeren der Docks S. 200; — Beispiele von Trocken-Docks: der Dock in New-York, der Dock zu Woolwich S. 200 u. 201; — Erfahrungen über verschiedene Details der Trockendocks: Abrunden der Mauerkanten und Ecken, kleiner Fall der oberen Flächen der Stufenlagen nach Innen, bei der Dockkrone nach Aussen, Anbringen zweier Ringreihen von rothem Kupfer in der Verkleidung u. s. w. S. 201; — Einrichtung der Docks zum Docken grösserer oder kleinerer Schiffe durch verschiedene Abschluss-Vorrichtungen mit einem Beispiel: der Trockendock im Lloyd-Arsenal zu Triest S. 201 u. 202; — Sanfter Fall des Vorplatzes des Dockhalses, Tiefe der Sohle des Docks gegenüber der Sohle des Schlusses und innere Lichte der Schluss- oder Thoröffnung S. 202; — Anwendung von Dächern über den Docks, älterer und neuerer Gebrauch S. 202; — Vergleichung der Vor- und Nachtheile von Docks und Werften S. 202; — Art der Fundirung und Ausführung der Trockendocks, Verschiedenheiten, Beispiele: Die Docks in Orient, Cherbourg, Brest, die südliche Gruppe der Docks der Recouvrance S. 202 u. 203; — Weitere Beispiele über Ausführung von Trockendocks: die neuen Docks in Chatham und Sheerness, die Docks der französischen Ingenieure in Antwerpen vor 1814, der durch den berühmten Groniard zu Toulon erbaute Dock, die drei neuen Trockendocks zu Toulon, die fünf doppelten gedeckten Docks zu Carlscrona in Schweden, die im Jahr 1855 zerstörten, von Oberst Upton erbauten Trockendocks in Sebast-
§. 66. opol, der neue Dock im Kriegshafen zu Pola, der Trockendock zu Hâvre S. 203—206; — Umwandlung der Seestapel der Werften in Halbdocks und Verbindung mit dem Morton-Slip; ein Beispiel hierüber: der ***vereinigte Slip-*** und ***Trockendock*** im Lloyd-Arsenal zu Triest, Ausführung dieses Baues durch H. Eduard J. Heider, genaue Beschreibung der Arbeiten und Einrichtungen dieses Docks-Systems S. 206—209; — Eine neuere Idee, die Docks selbst mit Landstapeln zu versehen, Werth derselben S. 209.

Schwimmende Docks, Seite 210—222. — Deren Construction und Anwendung im Allgemeinen S. 210; — Ursprüng-
§. 67. liche Construction und Bestimmung derselben nach dem Systeme Pestel's S. 210; — Die ***Sections-Docks***, eine

besondere Art schwimmender Docks, aus mehreren Abtheilungen bestehend S. 210: — Der ***Balance-Dock***, von dem nordamerikanischen Ingenieur John Gilbert erfunden, allgemeiner Zweck desselben S. 270; — Beispiele der Anwendung des Systemes der Balance-Docks durch Gilbert selbst: in den Häfen von Pensacola, Portsmouth, New-York S. 210.

Der Balance-Dock sammt Bassin und Schleifbahnen im K. K. österreichischen Kriegshafen von Pola; genaue Beschreibung desselben: Construction, Bau, Anwendung, Kosten, Resultate u. s. w. S. 210—221. — Balance-Docks aus Eisen in den letzten Jahren in England für spanische Kriegshäfen erbaut S. 221; — G. Renie's System eiserner Balance-Docks in seinen Grundzügen und dessen Anwendung auf die Docks in den Häfen von Cartagena und Ferrol S. 221 u. 222.

Docks zur Hebung der Schiffe mit Hilfe hydraulischer Pressen, S. 222—227. — Zunächst in Amerika erfunden
§. 68. und angewendet unter dem Namen „***Screw-dock***" (Schraubendock) S. 222; — Construction und Anwendung eines Screw-dock S. 222 u. 223; — Eine neue Art von Docks dieser Gattung von Clark in den Victoria-Docks in London, Construction, Anwendung, Resultate dieser Docks S. 223—226; — Kurze Vergleichung der verschiedenen Dock-Systeme für ihre Anwendung S. 226 u. 227.

Kriegshäfen, Seite 227—233. — Zweck der Kriegshäfen, deren Entstehung und allgemeine Anforderungen an dieselben
§. 69. S. 227; — Lage, namentlich strategische der Kriegshäfen, nautische und taktische Rücksichten, Nachtheile ihrer Vereinigung mit Handelshäfen S. 227; — Zugänglichkeit und Schutz eines Kriegshafens gegen die feindlichen Geschosse, Werth einer geräumigen, von fortifikatorischen Anlagen umgebenen Rhede; die beste Lage eines Kriegshafens in Meeresbuchten S. 227; — Die Einrichtung zweckmässiger Arsenale in den Kriegshäfen mit allen dazu gehörigen Etablissements; Grundideen für die Anlage solcher Arsenale nach Herrn General Möring, Vergleichung alter und neuer Anlagen und Durchführung der Ansichten C. Möring's hierüber an einem Beispiele S. 227—231; — Allgemeine Schlussfolgerungen hieraus S. 231; — Der Kriegshafen von Cherbourg mit seinem riesigen Wellenbrecher und Beschreibung seiner Eintheilung und der dazu gehörigen Einrichtungen S. 231 u. 232; — Englands See-Arsenale und ihre Verbindung unter einander S. 233.

Hafendämme (Molen), Seite 233—255. — Begriff und Zweck der Molen, allgemeine Anforderungen an deren Bauart und
§. 70. Beschaffenheit S. 233; — Werth der Erhebung der Hafendämme über das höchste Wasser und Nachtheile zu niederer Dämme S. 233; — Dammböschungen, deren Neigung im Allgemeinen, um dem Wellenschlag zu widerstehen S. 233; — Aeltere Methode der Anlage der Böschungen (flachen), Nachtheile derselben S. 233.

Ein Beispiel aus früherer Zeit: der Bau des ***Wellenbrechers von Cherbourg*** vom ersten Bauvorschlag vom Jahr 1777
§. 71. bis zum Jahr 1791; Genaue Beschreibung der Ausführung dieses Baues sammt den daraus hervorgehenden Resultaten und Folgerungen, namentlich für steile oder flache Böschungen S. 233—240.

Anwendung des Holzes zur Ausführung der Hafendämme, Bedingungen hiefür S. 240; — Verschiedene Verfahrungs-
§. 72. und Constructionsarten bei solchen halbmassiven Hafendämmen S. 240 u. 241.

Ganz massive Hafendämme, entweder aus flachen Steinschüttungen, oder ganz aus Mauern, oder aus beiden zu-
§. 73. sammengesetzt S. 241; — Bedingungen für die Anwendung flacher Steinschüttungen, höchst nachtheilige Einwirkung der Wellen auf dieselben, die Kraft des Wellenschlags gegen grosse Fels- oder Steinblöcke, Herstellung grosser Bétonblöcke zu diesem Zwecke S. 241; — Weitere Vor- und Nachtheile flacher Steinschüttungen, deren Werth als Unterbau ausserhalb der Sphäre des Wellenschlages S. 242; — Versuche, die Nachtheile flacher Steinschüttungen zu verbessern, als: Pflastern der seeseitigen Dossirung, Aufsetzen einer starken vertikalen Brustmauer nach der Seeseite u. s. w. S. 242; — Der Bau des Hafendammes vor der Bucht bei Plymouth mit flachen Böschungen nach dem Projekt von John Rennie S. 242 u. 243; — Verschiedene Methoden bei Ausführung der Steinschüttungen, Ansichten englischer und französischer Ingenieurs S. 243, — Der Hafendamm
§. 74. von Algier S. 243; — Vortheile der Hafendämme mit sehr steilen Böschungen, welche aus Mauern bestehen, und Schwierigkeiten bei deren Ausführung im Allgemeinen, Anwendung der Taucherglocke hiebei S. 243 u. 244; — Allgemeine Anforderungen an derartige massive Bauten, namentlich in England S. 244; — Der ***Pier zu Dover***, der bedeutendste Bau eines aus einer Mauer bestehenden Hafendammes, Ausführung und Resultate
§. 75. des Baues S. 244 u. 245; — Vortheile einer Hafendamm-Construction aus der Verbindung der flachen Steinschüttungen (als Unterbau) mit Mauern S. 245; — Allgemeine Vorschriften für einen der Art zusammengesetzten Bau: Höhe der Steinschüttung, Dossirungen, Bedecken derselben mit grossen Bétonblöcken u. s. w. S. 245 u. 246.

Ausführliche Beispiele solcher zusammengesetzten Bauten nebst den hieraus entspringenden Folgerungen und Anwendungen:

Der Seedamm von Alderney, S. 246 u. 247.
Die Hafendämme zu Marseille, S. 247 u. 248.
Die Hafendämme von Cette mit dem neuen Wellenbrecher, S. 248 u. 249.
Der Hafendamm des Hafens la Ciotat, S. 249 u. 250.
Der Molo St. Carlo zu Triest nebst Anwendung des Santorin-Mauerwerks S. 250.
§. 76. ***Die Murazzi von Venedig***, S. 251 u. 252.
§. 77. Das Verfahren beim Steintransport für Steinschüttungen, verschiedene Manieren hiebei, sehr zweekmässige Einrichtungen von Rendel bei den Dammschüttungen zu Holyhead S. 252 u. 253; — Unterstützung dieser schwierigen

Arbeit (des Steintransports und Steinversetzens) durch die Vervollkommung der Taucherglocke, der Lauf- und sonstigen Krahne S. 253.

§. 78. Herstellung der grossen Bétonblöcke, Erzeugung und Durcharbeitung des Mörtels hiezu, die Formkästen, der Material- und Aufbewahrungsplatz u. s. w., zuletzt das Versenken eines Blockes an einer Küste mit geringem oder mit grossem Fluthwechsel S. 253—255.

Leuchtthürme, Seite 255 u. 256. — Bezeichnung der Küsten durch Land- oder Tagemarken bei Tag, durch Leuchtthürme

§. 79. vorzugsweise bei Nacht, aber auch als Tagemarken S. 255; — Die Leuchtthürme, Classification derselben, als: Feuer erster, zweiter und dritter Classe; die ***Leuchtthürme*** (Feuer) ***erster Classe***, Zweck, Höhe, Lage, Construction, Beleuchtung u. s. w. S. 155 u. 156; — Die ***Leuchtthürme*** (Feuer) ***zweiter Classe*** S. 256; — Die ***Leuchthürme*** (Feuer) ***dritter Classe*** oder Richtbanken S. 256; — Die Leuchtschiffe, die Lärmmaschinen S. 256.

Berichtigungen.

II. Abtheilung, Seite 14, links unten, sammt zugehöriger Figur 143 a: In der Figur 143a ist das über das halbmassive Pritschenwehr fliessende Wasser fehlerhaft (in verkehrter Richtung strömend) eingezeichnet.

II. Abtheilung, Seite 46, 1. Zeile links: lies Continent statt Contingent.

III. Abtheilung, Seite 80: lies §. 19 statt §. 15.

III. Abtheilung, Seite 206, 22. Zeile rechts: lies Slip- und Trockendock statt Slip- oder Trockendock.

Alphabetisches Verzeichniss

aller im ganzen Werke behandelten Gegenstände.

	Abth.	Seite	§
Abbruch der Flussufer	I	38	23
Abklärung des Wassers durch Ruhe	II	83	51
Abschneiden der Pfähle unter Wasser	III	125	34
Abzugskanäle in den Städten (siehe Strassenkanäle).			
Aequatorialströmung	III	168	47
Ankergrund	III	173	49
Ankerplätze	III	173	49
Anlandung oder Anhögerung	I	37	23
Ansammeln des Wassers zu Wasserleitungen	II	78	48
Aquaducte	II	71	46
Arsenale für die Kriegsmarine	III	227	69
Artesische Brunnen (siehe Brunnen).			
Atmidometer (Admometer)	I	9	3
Auflagerung	III	27	8
Aufschleppen der Schiffe	III	197	64
Aufschwemmung	III	27	8
Ausbesserung und Neubau der Schiffe	III	192	62
Ausziehen der Pfähle	III	124	33
Bach- und Flussbette, unterirdisch	I	12	4
Bäche	I	14	6
Baggermaschinen	III	137	38
Baggersäcke	III	137	38
Baggerung der Häfen	III	179	53
Balance-Dock aus Eisen	III	221	67
Balance-Dock zu Pola	III	210	67
Banken der Schiffe	III	193	63
Bau der Deiche	I	87	50
Bau eines Wehrs	II	15	7
Bau, zusammengesetzter (Bewässerung)	III	31	9
Baugrube	III	131	36
— Vertiefung derselben	III	136	38
Baugrund	III	100–102	26
Befestigung der Kammerschleusenthore	III	58	14
Béton	III	139–147	39 u. 40
— —	III	253	78
Bewässerungen	III	29–31	9 u. 10
Bewegliche Wehre (siehe Wehre).			
Bohlwerke	I	47	27
Brandung	III	164	45
Bruchufer	I	38	32
Brückenkanäle	III	98	25
Brunnen	II	42	32
Brunnen, absorbirende	II	48	34
Brunnen, absorbirende, in Paris	II	49	34
Brunnen, absorbirender, zu Villetaneuse	II	49	34
Brunnen, artesische	II	46—69	33–45
Brunnen (öffentliche)	II	132	80
Brunnen als natürliche Filter	II	85	52
Brunnengraben	II	43	32
Brunnenkessel zum Themsetunnel	II	45	32
Brunnen mit weiten Kesseln	II	42	32
Brunnen zum Spülen der Strassen	II	133	80
Buhnen	I	53	31
Cabeosche Stab	I	27	19
Caissons	III	152	41
Centrifugal-Pumpe	III	19	6
Cemente	III	142	39
Circular-Säge	III	126	34
Cirknizer See	I	12	4
Cisternen	II	37—41	31
Colmation	III	27	8
Compensationsstücke bei Wasserleitungen	II	114	68
Compressibilität der Baugründe	III	102	26
Confluenz zweier Flüsse	I	105	57
Construction der Wehre	II	17	8
Coupirungen	I	101	56
Coupirung — Anlage	I	102	56
Coupirung — Bau	I	103	56
Coupirungen aus Senkstücken	I	104	56
Dammbalken statt der Schützen	II	21	15
Dampframme	III	119	31
Deichbau	I	84—91	48—52
Docks, feste	III	199	65
Docks, schwimmende	III	210	67
Docks, um mit Hilfe hydraulischer Pressen Schiffe vertikal aus dem Wasser zu heben	III	222	68
Doppelsschleusen	III	45	11
Drainage	III	13—14	5
Drehschütze	II	23	17
Durchstiche	I	94—101	54 u. 55

	Abth.	Seite	§
Ebbe und Fluth	III	165	46
Ebenen, geneigte, (Schiffsschleusen)	III	74	18
Eimerketten	III	134	37
Einbaue, Construction der	I	61	34
Einbaue in Flüssen	I	53	30
Einlagsbalken statt der Schütze	II	21	15
Eisbildung in Flüssen	I	17	7
Eisschollen	I	40	23
Eisstopfungen in Flüssen	I	39	23
Eiserne Röhren (siehe Wasserleitungsröhren).			
Elbings — oberländische Kanal	III	75	18
Entwässerungen	I	94	53
— —	III	5—18. 25	1—6. 18
Erscheinungen am Meere	III	162	45
Fangbuhnen	I	58	32
Fangdämme	III	127	35
Faschinenbau	I	65—78	37—43
Filter (Filtriren)	II	82—96	51—55
Flächeninhalt des Querprofiles eines Stromes	I	23	14
Flossfahrt	I	115	61
Flussbett, Veränderung desselben	I	15	6
Flüsse	I	14	6
—, Tiefenmessungen	I	19	9
Flussdeiche	I	84	48
Flussgebiet	I	14	6
Flussgefälle	I	22	12
Flussprofile	I	35	22
Fluss-Regulirung u. s. w. (siehe Stromregulirung.)			
Flussschifffahrt	I	115	61
Fluth	III	165	46
Fluthwechsel, Fluthhöhe	III	166	46
Fluthmesser zu Triest	III	169	48
Fluthmesser, in England gebräuchliche	III	169	48
Fluthhäfen, Flotthäfen	III	171	49
Fluthschleusen	III	184	59
Freiarche oder Schleusenwehre	II	6	1
Freiarchen	II	17—21	9—14
Frost	I	40	23
Fundirungen	III	100—160	26—44
Futtermauern	I	42	26
Geiser auf Island	I	12	4
Geschwindigkeit, mittlere, eines Flusses	I	31	20
Geschwindigkeit, mittlere, einer Perpendikularen des Flussprofils	I	32	20
Geschwindigkeit, mittlere, eines Flussprofils	I	32	20
Geschwindigkeitsmessungen des Wassers	I	26	19
Geschwindigkeits-Berechnung des Wassers in Flüssen	I	33	21
Gewässer etc. (siehe Wasser).			
Gilbert's Balance-Dock zu Pola	III	210	67
Gletscherbäche	I	14	6
Golfstrom	III	168	47
Grundeis	I	39	23
Grundfangdamm	III	147	40
Grundsäge	III	125	34
Grundwehre	II	6	1
Hafen, Hafenbau etc.	III	170—251	49—76
Häfen und Küsten, Bezeichnung derselben	III	255	79
Hangbagger	III	137	38
Hangbau	III	31	9
Helling	III	193	63
Hochwasser	I	17	7
Hydraulische Kalke	III	140	39
Hydraulische Schnellwage	I	29	19
Hydrometer	I	18	8
Hydrometrisches Rad	I	28	19
Hydrometrischer Flügel	I	29	19
Kai-Mauern	I	42	26
Kais in Häfen	III	183	57
Kalk, hydraulischer	III	140	39
Kammerschleuse in Verbindung mit Wehren	II	24	18
Kammerschleusen	III	58	14
Kammerschleusenbau	III	43	11
Kanäle, Kanalbau etc.	III	35—97	10—30
Kanäle, Verschluss der Einsteigschachten	III	25	7
Kastenfangdämme	III	127	35
Kastenpumpe	III	19	6
Kastenwerke	III	134	37
Kettenpumpe	III	133	37
Kielholen der Schiffe	III	192	62
Klappsiele	I	93	53
Kolke	I	38	23
Kreislauf des Wassers	I	4	1
Kreis- oder Circular-Säge	III	126	34
Kreiselpumpe	III	19	6
Kriegsarsenale	III	227	69
Kriegshäfen	III	227	69
Kriegshafen von Cherbourg	III	231	69
Kunstbau (Bewässerung)	III	31	9
Längenprofil eines Flusses	I	22	13
Lagunen von Venedig	III	177	52
Leinpfade	I	117	61
Leitungsröhren (siehe Wasserleitungsröhren).			
Leuchtfeuer	III	256	79
Leuchtthürme	III	255	79
Linth-Regulirung	I	120—127	64
Log	I	27	19
Loth	I	20	9
Luftspunden zu Wasserleitungsröhren	II	114	67
Maréegraph	I	19	8
Marqueur	I	18	8
Meereströmungen	III	167	47
Meerestiefenmessungen	III	170	48
Messen der erdigen Theile des Wassers	I	23	16
Messen der Geschwindigkeit eines Stromes	I	25	19

	Abth.	Seite	§
Messen der Wassermenge eines Quells oder Baches	II	76	48
Mineralquellen	I	5	4
Mittelwasser	I	17	7
Molen	III	233	70
Mörtel, hydraulischer	III	141	39
—, Santorin-	III	145	39
Morton-Slip	III	198	64
Murazzi von Venedig	III	251	76
Nadelwehre (s. bewegliche Wehre).			
Niederschläge	I	5	2
Niederste Wasserstand (Niederwasser)	I	17	7
Normalbreite eines Flusses	I	23	17
Nothhäfen	III	171	49
Nullpunkt des Wasserstandes (kleinste Wasser)	I	19	8
Ombrometer	I	5	2
Packwerksbau	I	65–78	37–43
Parallelwerke	I	59	33
Pegel	I	18	8
Pegel im Kriegshafen zu Cherbourg	III	169	48
Peilstange	I	20	9
Pfähle	III	108	29
Pfahlschuhe	III	109	29
Pfahlwände	III	111	30
Pfahlwerke zur Milderung des Wellenschlags in Häfen	III	182	56
Pfähle, Einrammen der	III	116	31
— Vorrichtungen zum Ausziehen derselben	III	124	35
Pflanzungen an den Ufern der Flüsse	I	82	47
Pilot'sche Röhren	I	30	19
Polarströmung	III	168	47
Portland-Cement	III	141	39
Pritschenwehre	II	14	6
Profilverzeichnungen der Ströme	I	21	10
Pumpe, Kasten-	III	19	6
—, Ketten-	III	137	37
—, Kreisel-	III	19	6
Puzzolane	III	142	39
Quantität der Niederschläge	I	5	2
Quarantäne-Hafen	III	172	49
Quellgründe	I	11	4
Quellenbäche	I	14	6
Quellenbenützung zu Wasserleitungen	III	127	76
Quellenbildung	I	10	4
Quellenfassung	II	43	32
Quellen-Temperatur	I	9	4
Querprofil eines Stromes	I	20	10
Räder	III	18	6
Rammen	III	114	31
Rammen zum Schrägeinrammen der Pfähle	III	116	31
Rammen mit Aufsätzern	III	116	31
—, Leistungen derselben	III	119	31
Regenbäche	I	14	6
Regenwasser	I	5	2
Regulirung der Ströme u. s. w. (siehe Stromregulirung).			
Regulirung kleiner Flüsse oder Bäche zur Fortschwemmung des Cloakenunrathes	I	118	62
Regulirung der Linth	I	120–127	64
Rhede	III	171	49
Richtwerke	I	59	33
Röhrenleitungen	II	120–123	72–74
Röhrenleitungen (s. Wasserleitungsröhren)	II	98	56
Röhrenstränge, flexible	II	115	69
Roman-Cement	III	141	39
Roste	III	104–105	27–29
Rückenbau	III	33	9
Säge, Kreis-	III	126	34
Sandbettungen	III	153	42
Santorin	III	143	39
Schaufelräder	III	18	6
Schaufelwerke	III	134	37
Schichten, absorbirende	I	11	4
Schleusen	III	42–72	11–18
Schleusen und Ueberfallswehre	II	23	16
Schleusenwehre	II	6	1
Schleusenwehre	II	17	9
Schleusenweite-Berechnung	II	25	19
Schleusenkammern, Füllen und Leeren der	III	68	17
Schleusenthore	III	58	14
Schlickfänge	I	80	46
Schlickzäune	I	81	46
Schneckenräder	III	134	37
Schnellwage, hydraulische	I	29	19
Schöpfbuhnen	I	58	32
Schöpfräder	III	134	37
Schraubendocks	III	222	68
Schraubenpfähle	III	110	29
Schutzbuhnen	I	56	32
Schützen	II	19	12
Schützen aus Einlagsbalken	II	21	15
Schützen der Schleusenthore	III	68	17
Schütze zum Drehen	II	23	17
Schützensiele	I	93	53
Schwemmung	III	26	8
Schwimmkugeln	I	26	19
Schwungschaufeln	III	133	37
Seebau	III	162	45
Seedeiche	I	84	48
Seehäfen	III	170	49
Senkbrunnen	II	44	32
Senkfaschinen	I	63	36
Senkkasten	III	152	41
Senkkasten zu Strom-Regulirungsbauten	I	63	35
Senkkörbe	I	64	36
Separationswerke	I	58	32
Sicherung der Häfen gegen Wellenschlag	III	182	56

	Abth.	Seite	§
Sickergräben zur Entwässerung	III	16	5
Siele	I	93	53
Siel-Stemmthore	I	93	53
Sinkstücke (Senkstücke)	I	79	45
Slip	III	198	64
Slip-Trockendock zu Triest	III	206	66
Sommerdeiche	I	84	48
Sondiren des Flussbettes	I	23	15
Sondirung des Baugrundes	III	100	26
Sperrbuhnen	I	59	32
Sprengarbeiten unter Wasser	III	138	38
Springbrunnen	I	12	4
Springbrunnen	II	133	80
Springfluthen	III	165	46
Spülbassins	III	174	51
Spülschleusen	III	189	61
Spülungen, künstliche	III	173	51
Spülungen, natürliche, natürliche Strömungen	III	176	52
Spundpfähle	III	111	30
Spundwände	III	111—113	30
Stapel	III	193	63
Stapelbau	III	194	63
Stauanlagen	II	5	1
Staudämme	II	6	1
Stauschwellen	II	6	1
Stauhöhe-Bestimmung	II	7	2
Stauhöhe	II	5	1
Stauweite	II	5	1
Stauweite-Bestimmung	II	9	3
Stauschleusenthore	III	187	60
Stauschleusen der Hafen	III	184—186	58 u. 59
Stauhöhe und Höhe eines Wehrs	II	7	2
Stauweite	II	9	3
Stein-Construction der Einbaue	I	61—63	35
Steintransport zu Steinschüttungen	III	252	77
Steinsprengen unter Wasser	III	137	38
Stemmthore	III	56	14
Strahlen, springende	II	122	73
Strand	III	164	45
Strandmauern	I	42	26
Strassenbrunnen	II	133	80
Strassenkanäle	III	20—25	7
Streichwerke	I	59	33
Ströme	I	14	6
Stromenge	I	23	17
Stromkarten	I	23	18
Stromgeschwindigkeit	I	25	19
Stromquadrant	I	29	19
Stromregulirungen	I	110—118	59
Stromspaltungen	I	109	58
Stromgebiet	I	14	6
Stromregulirungs-Beispiele	I	118—127	63 u. 64
Stromstrich	I	21	11
Stromweite	I	23	17
Strömungen im Meere	III	167	47
Strömung, Wirkung derselben	I	37	23
Sümpfe	III	5	1
Thalweg eines Flusses	I	21	11
Thore der Kammerschleusen	III	56	14
Thore der Stauschleusen	III	187	60
Tragfähigkeit der Pfähle	III	122	32
Trass	III	142	39
Treibbuhnen	I	57	32
Treibeis	I	39	23
Trennungsbuhnen	I	58	32
Trinkwasser, dessen Reinigung	II	82	51
Trinkwasserproben	II	137	84
Trockendocks (feste Docks)	III	199	65
Trockendocks zu Hâvre und Pola	III	205	65
Trockenlegung der Baugrube	III	132	37
Udometer	I	5	2
Ueberfallswehre	II	6	1
Ueberrieselung	III	31	9
Ueberstauung	III	30	9
Uferbauten	I	38—51	23—28
Uferdeckwerke im Packwerksbaue	I	79	44
Uferlänge der Häfen	III	183	57
Umläufe der Kammerschleusen	III	69	17
Untiefen	I	38	23
Verdunstung	I	9	3
Victoria-Docks zu London	III	223	68
Vorhäfen	III	172	49
Wage, hydraulische	I	29	19
Wasser, aufgestautes, zur Reinigung der Kanäle	II	36	30
Wasserbedarf	II	125	75
Wasserbedarf der Kanäle	III	86	21
Wasser, Beschaffenheit desselben	I	11	4
—, Bewegung in Flüssen und Kanälen	I	33	21
—, Reinigung desselben	II	82	51
—, Geschwindigkeit in Flüssen	I	35	21
Wasser zur Versorgung der Wohnungen	II	134	81
Wasser, Untersuchung des Grundes unter demselben	III	139	39
Wasser-Controls-Instrumente	II	135	82
Wasser eines Baches, Vertheilung desselben	II	79	50
Wasserfahne	I	29	19
Wasserfälle	I	22	12
Wasserläufe, unterirdische	I	12	4
Wasserleitende Schichten	I	11	4
Wasserleitungen	II	71—74	46
Wasserleitungen, Wasseransammlung zu denselben	II	78	48
Wasserleitungen grösserer Städte	II	127	76
Wasserleitungs-Anlage	II	131	78
Wasserleitungs-Reservoire	II	128	77
Wasserleitungsröhren	II	98—107	56—64
Wasserleitungsröhren, Untersuchung gusseiserner	II	116	70
—, Verbindurgsarten eiserner	II	108	65
—, Wandstärke derselben	II	123	74
Wasserleitungs-Speisungsarten	II	75	47
Wassermenge-Ermittlung von Quellen oder kleineren Bächen	II	76	48
Wassermenge eines Flusses	I	32	20
Wassermenge eines Flussgebietes	I	13	5
Wasserschöpfmaschinen	III	133	37
Wasserschraube	III	19	6
Wasserspiegelbreite	I	23	17
Wasserstände	I	17	7
Wasserstandsbeobachtungen in Flüssen	I	18	8
Wasserstandsbeobachtungen im Meere	III	168	47
Wasserstöcke	II	132	79
Wasserstürze	I	22	12
Wassertiefe	I	19	9
Wasserversorgung von Paris	II	73	46
Wasservertheilung in grossen Städten	II	136	83
Wasser-Vertheilungs-Apparate	II	79	50
Wasserwerke zu Berlin	II	74	46
Wasserzolle	II	77	48
Wehre, Wehrbau etc.	II	6—17	1—8
Wehre, bewegliche	II	25—34	19—29
Wellen	III	162	45
Wellenbrecher von Cherbourg	III	233	71
Werften	III	193	63
Wildbäche	I	14	6
Winterdeiche	I	84	48
Wippentrog	III	134	37
Woltman'sche Flügel	I	28	19
Wurf- oder Schaufelräder	III	18	6
Wippen od. Wünste	I	67	38
Ziehwege	I	117	61
Zufluchtshäfen	III	171	49
Zugramme	III	114	31

Druck von C. Hoffmann in Stuttgart.

C. Walter
Buchh. Galanterie etc
Schreibmaterialien
Karls-Platz 6.



